



Jorge Luis Paes de Oliveira Costa

OS CAMINHOS DA INVASÃO DO GÉNERO *ACACIA* MILL. NA BACIA DO RIO AROUCE

Dissertação de Mestrado em Geografia Física, Ambiente e Ordenamento do Território, orientada pelo Doutor António Campar de Almeida e co-orientada pelo Doutor Albano Augusto Figueiredo Rodrigues, apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra

2014



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

OS CAMINHOS DA INVASÃO DO GÉNERO ACACIA MILL. NA BACIA DO RIO AROUCE

Ficha Técnica:

Tipo de trabalho	Dissertação de Mestrado
Título	OS CAMINHOS DA INVASÃO DO GÉNERO ACACIA MILL. NA BACIA DO RIO AROUCE
Autor/a	Jorge Luis Paes de Oliveira Costa
Orientador/a	António Campar de Almeida
Coorientador/a	Albano Augusto Figueiredo Rodrigues
Júri	Presidente: Doutor Luciano Fernandes Lourenço Vogais: 1. Doutora Elizabete Duarte Canas Marchante 2. Doutor Albano Augusto Figueiredo Rodrigues
Identificação do Curso	2º Ciclo em Geografia
Área científica	Geografia
Especialidade/Ramo	Geografia Física
Data da defesa	23-7-2014
Classificação	16 valores



1

Ata da Reunião do Júri para Apreciação de Dissertação, para obtenção do Grau de Mestre, requerida pelo estudante Jorge Luis Paes de Oliveira Costa do curso Mestrado em Geografia Física - Ambiente e Ordenamento do Território.

No dia 23 de Julho de 2014, pelas dezasseis horas e trinta minutos, na sala de Atos da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, reuniu o júri nomeado nos termos dos n.ºs 1 a 3 do Art.º 22 do Decreto-Lei nº 74/2006, tendo como Presidente o Professor Associado c/Agreg. Luciano Fernandes Lourenço, do Departamento de Geografia da Universidade de Coimbra e como vogais a Professora Auxiliar Convidada Elisabete Maria Duarte Canas Marchante, do Departamento de Ciências da Vida, da Faculdade de Ciências Tecnologias da Universidade de Coimbra, e o Professor Auxiliar Albano Augusto Figueiredo Rodrigues, do Departamento de Geografia, da Universidade de Coimbra, para apreciar a Dissertação intitulada: "Os Caminhos da Invasão do Género Acacia Mill. na Bacia do Rio Arouce", apresentada pelo estudante Jorge Luis Paes de Oliveira Costa, com o número de estudante 2012100200 e Passaporte n.º CZ577318.

As provas tiveram início com uma apresentação oral do trabalho, a que se seguiram as intervenções dos membros do júri, que apresentaram os seus comentários e colocaram diversas questões às quais o candidato respondeu.

Terminada a discussão, o Júri procedeu à votação nos termos da Lei (n.º 4 do art.º 22 do Decreto-Lei citado), e deliberou aprovar o candidato com a classificação de 16 valores, por unanimidade, tendo fundamentado a classificação atendendo à qualidade da apresentação oral e da argumentação às questões colocadas pelo júri, que suplantaram algumas das debilidades da dissertação escrita.

Da reunião foi exarada a presente ata, assinada por todos os membros do Júri.

Prof. Luciano Fernandes Lourenço

Prof. Elisabete Maria D.C. Marchante

Prof. Albano Figueiredo

À todos os sonhadores que, assim como eu, sempre tiveram grande curiosidade sobre tudo que pudesse estar em torno de sua vocação, da qual não tenho dúvidas que possuo, uma vocação 'desesperada' pela pesquisa, e canalizam nela até o fim.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos especiais a presença em todos os momentos de Deus e de minha família (meus pais Raimundo Oliveira e Socorro Costa, meus irmãos Nilza Mara Costa e Raimundo Oliveira Filho), por todos os sacrifícios na realização de meus objectivos;

A Tia Wal e o alemão Hebert Hoeinck;

Aos amigos portugueses Tatiana Duarte e Paulo Andrade, pela acolhida em Coimbra;

A Universidade de Coimbra, pela realização do curso;

Ao Orientador-Doutor António Campar de Almeida, pela experiência na determinação do trabalho, pela conduta ética e profissional como teve pautado a orientação, pelo espaço no gabinete do CEGOT (Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território) e primeiras conversas sobre EEI (Espécies Exóticas Invasoras);

Ao Doutor Albano Figueiredo Rodrigues (Departamento de Geografia/UC) e a Doutora Elizabete Marchante (Departamento de Ciências da Vida/UC), pelas relevantes orientações;

A Professora-Doutora Adélia Nunes (Departamento de Geografia/UC), pela disponibilidade no tratamento dos dados relativos à evolução e às mudanças nos usos do solo;

A Doutora Anabela Ramos, pela recetividade e bons momentos no gabinete do CEGOT;

Aos amigos brasileiros em Coimbra (Érica, Rafa, Raquel, Sân, Eliége, Tati, Rosana, Samara, Pri, Renata), e aqueles que passaram pelo CEGOT: Márcia, Jaiça, Regis e Letícia;

Aos professores do Mestrado em Geografia Física, pelos ensinamentos e auxílios;

Aos mestres Francisco Veloso Filho e Agostinho Cavalcanti (*in memoriam*) (Universidade Federal do Piauí), por regar-me com lições de amor pela ciência, de encorajamento nos momentos de dúvida, de ética;

A Querida-Professora-Doutora Vânia Regina Pivello (Departamento de Ecologia/Universidade de São Paulo), por todo o auxílio desde os primeiros contactos por email;

RESUMO

A invasão biológica é apresentada como a 2ª maior causa de perda da biodiversidade (IUCN, 1999), resultado da degradação dos ecossistemas pela proliferação de espécies exóticas. O género *Acacia* Mill. é considerado modelo global, destacando-se entre os géneros de plantas exóticas com maiores taxas de transferência para fora da sua distribuição original (Richardson *et al.*, 2011). Espécies Exóticas Invasoras (EEI) de *Acacia* são translocadas há mais de 200 anos da Austrália (Fernandes, 2007), muitas vezes para regiões de clima temperado-subtropical, incluindo Portugal como região recetora. Este trabalho tem como objetivo o estudo da estrutura da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, Região Centro de Portugal, para compreensão dos atuais padrões de distribuição das espécies *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon*, e a evolução do contexto da invasão durante os últimos 50 anos (1965-2011-2014). A área estudada encontra-se, em sua maioria, inserida no domínio de formações geológicas do câmbrio-précâmbrio (complexo xisto-grauváquico), do sistema montanhoso da Serra da Lousã/Região Centro. Elaborou-se mapa das unidades ambientais da bacia e da distribuição atual das taxa selecionados, na escala de 1:25.000, sendo identificadas três unidades, denominadas de Cabeceiras, Intermédia, e Terminal. Nas Cabeceiras, o topo atinge 1200m de altitude e o declive 48 graus, a *Acacia dealbata* apresenta-se com indivíduos isolados, com baixo valor do grau de ocupação (valor dominante de ocupação <5%, por cada parcela de 200x200m), enquanto que a *A. melanoxylon* é menos frequente, com elevado percentual de presença não identificada. A densidade de indivíduos mais importante da área de estudo está na unidade intermédia, com elevados valores para o grau de ocupação (valor dominante de ocupação >75%, por cada parcela de 200x200m), em morfologia de declives acentuados e altitudes entre 400m e 700m. Na unidade terminal a distribuição é mais pontual, com valores médios para o grau de ocupação (valor dominante de ocupação entre 5-25%, por cada parcela de 200x200m), sob o domínio dos baixos declives e altitudes da bacia. O padrão não aleatório da distribuição foi confirmado pelo valor de 0,28 (Índice de Moran's I), com recolha do grau de ocupação (escala ordinal: 1-5) em grelha 200x200m, e do grau de sociabilidade (escala ordinal: 1-3). Baseando-se nos valores obtidos para o grau de ocupação, foi possível inferir, pelo menos, quatro correlações significativas entre a estrutura da paisagem e a presença das espécies, associadas as condições do uso do solo: as correlações mais significativas (corelações perfeitas) foram encontradas entre a presença de *A. melanoxylon* e áreas com pomares, e entre a presença das duas espécies (*A. dealbata* e *A. melanoxylon*), e as correlações negativas (corelações inversas) entre a presença de *A. dealbata* e áreas urbanas, e entre a presença de *A. dealbata* e *A. melanoxylon* e áreas de incultos de comunidades arbustivas abertas. Baseando-se nos valores obtidos para o grau de sociabilidade, sugerem-se três contextos da invasão: um mais antigo (unidade intermédia), com os maiores valores de densidade e cobertura total das espécies (nº de espécies >400 por área de 200x200m), indicando grandes manchas, o mais recente (unidade cabeceiras), com os menores valores de densidade e cobertura das espécies (nº de espécies <35 por área de 200x200m), indicando indivíduos isolados, e o contexto de invasão em curso (unidade terminal), com valores médios de densidade e cobertura das espécies (nº de espécies <250 por área de 200x200m), indicando pequenas manchas. Os valores de densidade/cobertura das espécies são mais elevados nas áreas próximas dos corredores da paisagem (vias de comunicação e linhas de água) que no seu entorno. O registro da presença de Acácias a partir do mapeamento de ocupação do solo de 1965 mostrou um significativo aumento nos últimos 50 anos (mapeamento de 2011), passando de 55ha para 936ha, o que sugere fatores determinantes, como a estrutura da paisagem (invasibilidade), com uma área de introdução (intermédia), atual fonte de propágulos, direcionando a invasão no sentido centro-norte (terminal), inverso as nascentes do Rio Arouce (cabeceiras).

Palavras-chave: estrutura da paisagem, invasão biológica, padrões de distribuição, contextos de invasão.

ABSTRACT

Biological invasion is presented as the 2nd most important cause of biodiversity loss (IUCN, 1999), resulting from degradation of ecosystems by the proliferation of exotic species. The genus *Acacia* Mill. is considered global model, having big importance between exotic plant gender with higher rates of transfer to out of their original distribution (Richardson *et al.*, 2011). Invasive Alien Species (IAS) of *Acacia* are translocated for more than 200 years of Australia (Fernandes, 2007), often to regions of temperate-subtropical climate, including Portugal as host region. This work aims to study the landscape structure of 'Bacia do Rio Arouce', watershed located in central region of Portugal, to explain the current distribution patterns of the species *Acacia dealbata* and *Acacia melanoxylon*, and the invasion context during the last 50 years (1965-2011-2014). The study area is mostly inserted in area of geological formations of cambrian-precambrian ('complexo xisto-grauváquico'), belong to the mountain system of 'Serra da Lousã', system from central region of Portugal. Was produced map of the environmental units of the watershed, and map of the current distribution of selected species, on scale from 1:25.000. Was identified three units, called Headwaters, Intermediate, and Terminal. At the headwaters the top reach 1200m and slope 48 degrees, *Acacia dealbata* presents with isolated individuals with low value of occupancy degree (dominant value of occupying <5% for each parcel with 200x200m), while *A. melanoxylon* is less frequent, with high percentage of unidentified presence. The species density most important in the study area belong to intermediate unit, with the high values of occupancy degree (dominant value of occupying >75% of each parcel with 200x200m) in morphology of slope and altitudes between 400m and 700m. In the terminal unit the species distribution is more precise, with middle values of occupancy degree (dominant occupancy value between 5-25% for each parcel of 200x200m) inside the domain of low values to slope and elevation of the watershed. The distribution non-random patterns was confirmed by the value of 0.28 (Moran's I index), with collection of the occupancy degree (ordinal scale: 1-5) in grid with 200x200m, and the sociability degree (ordinal scale: 1- 3). Based on values obtained of occupation degree, it was possible to infer at least four significant correlations between landscape structure and the species presence associated with the land use conditions: the most significant correlations (perfect correlations) were found between the presence of *A. melanoxylon* and orchards areas, and between the presence of the two focal species (*A. melanoxylon* and *A. dealbata*) and negative correlations (inverse correlations) were found between the presence of *A. dealbata* and urban areas, and between the presence of *A. dealbata* and *A. melanoxylon* and areas with open shrub communities (heathland). Based on the values obtained of sociability degree, we suggest three invasion contexts: an older (intermediate unit), with the highest values of density and total species cover (number of species >400 per area 200x200m) indicating large patches, the latest (headwaters unit), with the lowest values of density and species cover (number of species <35 per area 200x200m), indicating isolated individuals, and the current invasion context (terminal unit) with middle values of density and species cover (number of species <250 per area 200x200m), indicating little patches. The species density values and species coverage values are higher in the closer areas of the landscape corridors (roads and water lines) then theirs surroundings areas. The record of the presence of Acácias from mapping of land cover from 1965 showed a significant increase in the last 50 years (map from 2011), from 55ha to 936ha, which suggests determining factors, such as landscape structure (invasiveness) with an input area (intermediate unit), current propagules font, directing the invasion in the center-north (terminal unit), opposite the headwaters of the Rio Arouce (headwaters unit).

Keywords: landscape structure, biological invasion, distribution patterns, invasion contexts.

LISTA DE FIGURAS/MAPAS

Figura 1: Representação da tolerância das espécies a filtros naturais do ecossistema (biogeográfico, fisiológico e biótico) e ação humana na formação da assembléia local. Fonte: Adaptado de Espinola <i>et al.</i> (2007).....	15
Figura 2: Mapa da distribuição da espécie <i>Acacia dealbata</i> na Austrália. Fonte: Baseado em dados de www.worldwidewattle.org (2001).....	16
Figura 3: Mapa da distribuição da espécie <i>Acacia melanoxylon</i> na Austrália. Fonte: Baseado em dados de www.worldwidewattle.org (2001).....	16
Figura 4: Mapa da distribuição e grau de risco da <i>Acacia dealbata</i> na Europa. Fonte: Baseado em dados de www.cabi.org (1910) e www.europe-aliens.org (2003).....	17
Figura 5: Mapa da distribuição e grau de risco da <i>A. melanoxylon</i> na Europa. Fonte: Baseado em dados de www.cabi.org (1910) e www.europe-aliens.org (2003).....	17
Figura 6: Delimitação e localização da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce: Bacia do Rio Ceira/Bacias dos Rios Mondego e Tejo/Região Centro de Portugal.....	21
Figura 7: Localização e limites do concelho da Lousã e dos demais concelhos na área de influência da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.....	22
Figura 8: Mapa das regiões naturais na área de influência da Bacia do Rio Arouce.....	23
Figura 9: Mapa litológico da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.....	24
Figura 10: Mapa hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce. Fonte: Baseado em dados topográficos das curvas de nível de 10m de equidistância da Carta Militar do Serviço Cartográfico do Exército (1950).....	25
Figura 11: Mapa da declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce. Fonte: Baseado em dados topográficos das curvas de nível de 10m de equidistância da Carta Militar do Serviço Cartográfico do Exército (1950).....	26
Figura 12: Mapa da exposição da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce. Fonte: Baseado em dados topográficos das curvas de nível de 10m de equidistância da Carta Militar do Serviço Cartográfico do Exército (1950).....	27
Figura 13: Compartimentação da área de estudo em três unidades ambientais.....	34
Figura 14: Aspectos da paisagem da área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.....	34
Figura 15: Aspectos fisionômicos e da morfologia externa da espécie <i>Acacia dealbata</i>	37
Figura 16: Aspectos fisionômicos e da morfologia externa da espécie <i>Acacia melanoxylon</i>	39
Figura 17: Base de dados georreferenciada em ambiente SIG.....	43
Figura 18: Modelo representativo das causas da introdução de espécies de plantas fora do alcance evolucionário. Fonte: Henderson <i>et al.</i> (2006).....	51

Figura 19: Modelo da Regra dos 10% em invasão (<i>The Tens Rule</i>). Fonte: Baseado em diversos autores.....	54
Figura 20: Modelo representativo da relação entre a paisagem e os estágios dos processos das invasões.....	55
Figura 21: Modelo representativo da relação entre as atividades humanas e os estágios das invasões.....	56
Figura 22: Mapa da distribuição das Acácias em Portugal. Fonte: Baseado no SROA de 1978/1:1.000.000)....	60
Figura 23: Mapa do uso do solo ao nível generalista para a Bacia do Rio Arouce no ano de 1965.....	65
Figura 24: Mapa do uso do solo ao nível generalista para a Bacia do Rio Arouce no ano de 2011.....	65
Figura 25: Mapa dos povoamentos do tipo disperso das Acácias para a Região Centro/Bacia do Arouce.....	69
Figura 26: Mapa das ocorrências de incêndios entre 1990-1999 na área de estudo.....	71
Figura 27: Mapa das ocorrências de incêndios entre 2000-2008 na área de estudo.....	71
Figura 28: Mapa das ocorrências de incêndios no ano de 2009 para a área de estudo.....	72
Figura 29: Mapa das ocorrências de incêndios no ano de 2010 para a área de estudo.....	72
Figura 30: Mapa das ocorrências de incêndios no ano de 2011 para a área de estudo.....	73
Figura 31: Mapa do uso do solo ao nível detalhado para a Bacia Hidrográfica do Rio Arouce em 1965.....	74
Figura 32: Mapa do uso do solo ao nível detalhado para a Bacia Hidrográfica do Rio Arouce em 2011.....	75
Figura 33: Fisionomia da paisagem da Bacia do Rio Arouce: microformas e macroformas da invasão.....	76
Figura 34: Divisão da Bacia do Rio Arouce em três unidades ambientais: cabeceiras, intermédia e terminal....	77
Figura 35: Mapa dos graus de sociabilidade das espécies <i>A. dealbata</i> e <i>A. melanoxylon</i>	78
Figura 36: Mapa dos graus de ocupação da espécie <i>Acacia dealbata</i>	79
Figura 37: Mapa dos graus de ocupação da espécie <i>Acacia melanoxylon</i>	79
Figura 38: Imagens dos aspectos fisionômicos da invasão na Unidade Cabeceiras.....	80
Figura 39: Imagens dos aspectos fisionômicos da invasão na Unidade Intermédia.....	81
Figura 40: Imagens dos aspectos fisionômicos da invasão na Unidade Terminal.....	82
Figura 41: Mapa dos pontos coletados da presença de <i>A. dealbata</i> e <i>A. melanoxylon</i>	83
Figura 42: Mapa dos <i>buffers</i> para as linhas de água e vias de comunicação (corredores).....	87
Figura 43: Contexto das invasões por Acácias na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela I: Quadro síntese das condições geológico-pedológico-geomorfológicas da área de estudo.....	22
Tabela II: Dados da estação udométrica da Lousã para cálculo do balanço hídrico-climatológico da área da Bacia do Rio Arouce.....	28
Tabela III: Classificação climática segundo Martonne (Iam).....	28
Tabela IV: Dados hídrico-climatológicos para as porções com condições higrófilas da área de estudo.....	29
Tabela V: Dados hídrico-climatológicos para as porções com condições climatófilas da área de estudo.....	30
Tabela VI: Simbologia das classes de uso do solo propostas para análise.....	41
Tabela VII: Classes de uso do solo ao nível detalhado.....	42
Tabela VIII: Classes de uso do solo ao nível detalhado (N2) e níveis generalistas (N0 e N1).....	42
Tabela IX: Escala quantitativa para avaliação do grau de ocupação das espécies.....	44
Tabela X: Escala qualitativa para avaliação do grau de sociabilidade das espécies.....	44
Tabela XI: Índice estatístico utilizado para avaliação dos padrões de distribuição das espécies.....	45
Tabela XII: Índice estatístico utilizado para avaliação da influência das opções de uso do solo nos padrões de distribuição das espécies.....	45
Tabela XIII: Índices estatísticos para avaliação da densidade e cobertura das espécies sob o espaço de influência dos corredores da paisagem da Bacia do Rio Arouce.....	45
Tabela XIV: Categorização dos tipos de corredores da paisagem.....	46
Tabela XV: Escala quantitativa para avaliação dos contextos da invasão na Bacia do Rio Arouce.....	46
Tabela XVI: Aspectos histórico-geográficos da dinâmica do género <i>Acacia</i> Mill. na extensão natural (Austrália) e exótica (Mundo). Fonte: Richardson <i>et al.</i> (2011).....	58
Tabela XVII: Valores em hectares e percentagens das mudanças no uso do solo para os níveis 0 e 1 na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.....	64
Tabela XVIII: Valores em hectares das mudanças nos usos do solo (Níveis 0 e 1) e os destinos segundo a série histórica 1965-2011.....	66
Tabela XIX: Valores em hectares e percentagens das mudanças das áreas com presença de acaciais na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.....	68
Tabela XX: Valores da correlação e significância estatística entre os dados da presença/abundância das espécies <i>Acacia dealbata</i> e <i>Acacia melanoxylon</i> e as opções de uso do solo.....	85

Tabela XXI: Valores da densidade e cobertura dos pontos coletados nas três unidades ambientais da Bacia do Rio Arouce: unidade terminal, unidade intermédia e unidade cabeceiras.....	90
Tabela XXII: Valores específicos de área total, densidade e cobertura total no âmbito dos pontos coletados dentro da rede de buffers dos corredores da paisagem.....	91
Tabela XXIII: Tabela com os valores da correlação <i>Spearman's rho</i> (Coeficiente de Correlação/CC) e Significância <i>Sig. (2-tailed)</i> (S) da relação entre os valores das classes de uso do solo e da presença/abundância de <i>A. dealbata</i> e <i>A. melanoxydon</i>	102
Tabela XXIV: Tabela com os valores da correlação <i>Spearman's rho</i> (Coeficiente de Correlação/CC) e Significância <i>Sig. (2-tailed)</i> (S) da relação entre os valores das classes de uso do solo e da presença/abundância de <i>A. dealbata</i> e <i>A. melanoxydon</i> (Cont.).....	103
Tabela XXV: Tabela com os valores da correlação <i>Spearman's rho</i> (Coeficiente de Correlação/CC) e Significância <i>Sig. (2-tailed)</i> (S) da relação entre os valores das classes das métricas de paisagem e da presença/abundância de <i>A. dealbata</i> e <i>A. melanoxydon</i>	104

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Identificação da influência do valor da ETP no balanço hídrico para as áreas com condições higrófilas na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.....	30
Gráfico 2: Balanço hídrico para o período seco na Bacia do Rio Arouce segundo as condições hídrico-climáticas das áreas climatófilas da Bacia do Rio Arouce.....	31
Gráfico 3: Fases do estabelecimento de espécies no ambiente introduzido (fase lenta a exponencial) para sucesso da invasão. Fonte: Espínola <i>et al.</i> (2007).....	53
Gráfico 4: Estatística dos grupos biológicos de espécies exóticas em Portugal. Fonte: Baseado em dados de www.europe-aliens.org (2003).....	61
Gráfico 5: Estatística das causas do transporte e introdução de espécies exóticas em Portugal. Fonte: Baseado em dados de www.europe-aliens.org (2003).....	62
Gráfico 6: Estatística dos vetores e meios de transporte de espécies exóticas para Portugal. Fonte: Baseado em dados de www.europe-aliens.org (2003).....	62
Gráfico 7: Dinâmica das mudanças no uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce segundo a série histórica 1965-2011.....	64

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS/MAPAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE GRÁFICOS	xi
Capítulo 1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivo geral.....	19
1.2 Objetivos específicos.....	19
1.3 Problema.....	20
1.4 Hipóteses.....	20
Capítulo 2. ÁREA DE ANÁLISE.....	21
2.1 Localização geográfica.....	21
2.2 Aspectos físicos.....	22
2.2.1 Contexto geológico-pedológico-geomorfológico.....	22
2.2.2 Caracterização climática.....	27
2.2.3 Vegetação e usos do solo.....	31
2.3 Unidades ambientais.....	33
Capítulo 3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
3.1 Espécies focais.....	36
3.1.1 <i>Acacia dealbata</i>	36
3.1.2 <i>Acacia melanoxylon</i>	38
3.2 Trabalhos de gabinete.....	39
3.2.1 Compilação da cartografia.....	39
3.2.1.1 Elaboração dos mapas-base.....	40
3.2.2 Análise das mudanças nos usos do solo.....	40
3.2.2.1 Categorização das opções de uso do solo.....	41
3.3 Trabalhos de campo.....	43
3.3.1 Recolha da presença/abundância das espécies.....	43
3.4 Análise estatística.....	44
3.4.1 Obtenção de parâmetros estatísticos.....	44
Capítulo 4. BASE TEÓRICO-CONCEITUAL.....	47
4.1 Invasão biológica: um enquadramento teórico.....	47
4.1.1 Formação e evolução do campo de estudos da Ecologia das Invasões.....	47
4.1.2 Espécies Exóticas Invasoras (EEI): introdução-estabelecimento-expansão.....	50
4.1.3 Processos de formação, modelos e impactos em invasão biológica.....	53
4.2 Género <i>Acacia</i> : modelo global da translocação de espécies vegetais.....	57
4.2.1 A importância das Acácias para a Ciência da Invasão.....	57
4.3 Portugal: modelo regional no âmbito da ecologia das invasões de <i>Acácia</i>	59
4.3.1 Visão geral do mapeamento, gestão, e estudos do tema em Portugal.....	59

Capítulo 5. EVOLUÇÃO, MUDANÇAS, DESTINOS E CONTEXTOS DO USO DO SOLO NA SÉRIE 1965-2011-2014 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AROUCE.....	63
5.1 Dados das mudanças e destinos do uso do solo de 1965 para 2011 na escala generalista.....	63
5.2 Dados das mudanças e destinos do uso do solo de 1965 para 2011 nas áreas com acacial.....	68
5.3 Integração dos dados: contextos do uso do solo na série 1965-2011-2014.....	69
Capítulo 6. MAPEAMENTO DO GRAU DE OCUPAÇÃO E DO GRAU DE SOCIABILIDADE DAS ESPÉCIES <i>A. DEALBATA</i> E <i>A. MELANOXYLON</i> NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AROUCE.....	75
6.1 Unidade cabeceiras.....	80
6.2 Unidade intermédia.....	81
6.3 Unidade terminal.....	82
Capítulo 7. ESTRUTURA DA PAISAGEM, PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DAS ACÁCIAS E FATORES DETERMINANTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AROUCE E ENTORNO.....	83
7.1 Resultados quantitativos – padrões de distribuição.....	83
7.2 Resultados quantitativos – opções de uso do solo.....	85
7.3 Resultados quantitativos – corredores da paisagem.....	87
Capítulo 8. DISCUSSÕES - CONTEXTOS DAS INVASÕES NA BACIA DO RIO AROUCE.....	92
Capítulo 9. CONCLUSÕES.....	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS.....	102

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

The invasion paradox: how can a species become widespread and dominant in a community in which it doesn't occur naturally and in which it hasn't evolved?
(Enge, 2012)

Tem-se observado em estudos de espécies invasoras a necessidade de uma cooperação interdisciplinar, visando alcançar desde caracterizadores do potencial invasor da espécie introduzida (invasividade), como também compreender o meio em que se dá a invasão (invasibilidade), ou seja, o ambiente em que estas espécies desenvolvem-se (tanto o natural quanto o perturbado). Para avançar nas discussões sobre a problemática resultante da introdução de Espécies Exóticas Invasoras (EEI) de Acácia na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, faz-se necessário um posicionamento histórico, a fim de poder contextualizar os objetivos, o problema e as hipóteses.

Entender as características do ambiente (natural e antrópico) e seus efeitos sobre a invasão biológica é essencial para explicar porque algumas espécies exóticas tornam-se invasoras. A invasão biológica apresenta-se como um dos principais desafios à gestão do território, principalmente pelas elevadas perdas económicas ou custos associados ao controlo que estes processos podem implicar (Pimentel *et al.*, 2005). A interação entre as características dos ecossistemas e o processo de invasão é apresentada como fator determinante para o sucesso de plantas exóticas invasoras nos habitats hospedeiros (Richardson *et al.*, 2011). Há evidências de que determinadas espécies vegetais possuem maior feedback na relação ‘invasão x estrutura da paisagem’, quando comparadas a vulnerabilidade de outras espécies invasoras (Carvalho *et al.*, 2010).

Plantas invasoras podem apresentar relativos ou significativos efeitos negativos, na dependência de fatores tal como os caracteres da estrutura da paisagem (Henderson *et al.*, 2006). Entretanto, dados da interação entre o processo de invasão e as características do ecossistema receptor é um pobre preditor de aspectos da invasividade, nomeadamente o potencial invasor das espécies exóticas (Henderson *et al.*, 2006). As formas de uso e ocupação do solo estão entre os caracteres determinantes para o sucesso da invasão de espécies introduzidas, criando oportunidades onde plantas invasoras podem trazer problemas indesejáveis (Richardson *et al.*, 2011). Os efeitos das mudanças dos usos do solo na invasão biológica estarão provavelmente dependentes da variação temporal e espacial das demais condições abióticas (Watts, 1971; Tivy, 1971; McDonald, 2003).

Como exemplo na ocupação do solo, a perturbação dos ambientes a partir da abertura de corredores antrópicos, um dos mais importantes fatores na condução da invasão, pode ser determinante na relação invasão-ecossistema, aumentando a probabilidade das invasões, permitindo às espécies a produção de mecanismos de dispersão, trazendo profundos impactos ao ambiente.

Numa cooperação interdisciplinar no âmbito do tema da invasão biológica, a Geografia pode contribuir para o entendimento, em diversas escalas, dos padrões de invasão dos organismos exóticos, relacionados a distribuição e interação entre as espécies, as relações contemporâneas com os componentes do ambiente físico, e a diversidade biológica nos ecossistemas.

A base conceitual da definição de espécie exótica está no princípio da tolerância das espécies a filtros naturais dos ecossistemas, onde são distinguidas duas formas de distribuição dos seres vivos: a distribuição em tipos particulares de ecossistemas por espécies tolerantes aos filtros, denominadas nativas (McNeely, 2001, *apud* Espínola *et al.*, 2007); e a distribuição procedente de outras áreas geográficas por espécies introduzidas pelo homem, denominadas exóticas (Vilà *et al.*, 2008).

Espínola *et al.* (2007) explicam que este processo depende de fatores como mecanismos de dispersão, distância do local de origem, barreiras geográficas e o acaso, em que, no caso das nativas, é resultado da hierarquia iniciada pelo fator geográfico (barreiras geográficas, ex. glaciação) como filtro biogeográfico, seguida do fator ecológico (condições abióticas) como filtro fisiológico, e do fator caracteres da espécie (aspectos bióticos) como filtro biótico. Para o caso das espécies exóticas, o fator introdução antrópica (figura 1). O primeiro responsável pela introdução do elemento exótico na flora de um território foi a 1º migração humana há 100 mil anos (Espínola *et al.*, 2007).

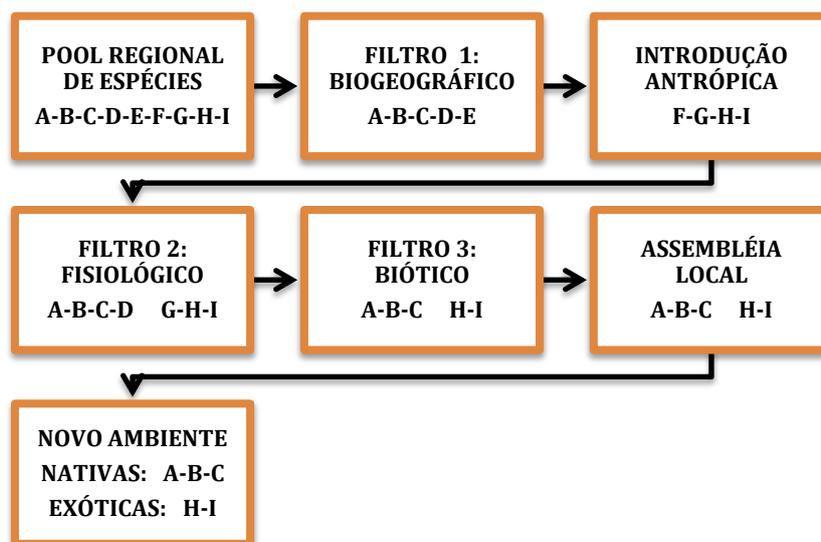


Figura 1 - Representação da tolerância das espécies a filtros naturais dos ecossistemas (biogeográfico, fisiológico e biótico), e ação humana na formação da assembleia local.

Fonte - Adaptado de Espínola *et al.*, 2007. Organizado pelo autor.

É no âmbito das consequências da introdução de espécies exóticas que se insere a presente investigação, estando sobretudo focada nos taxos australianos *Acacia dealbata* Link 1822 e *Acacia melanoxylon* R.Br. Naturais da Oceania, populações nativas destas leguminosas distribuem-se originalmente em porções disjuntas da Austrália (Western Australia, Queensland, Tasmania, Victoria, New South Wales, South Australia) (www.worldwidewattle.com) (figuras 2 e 3).

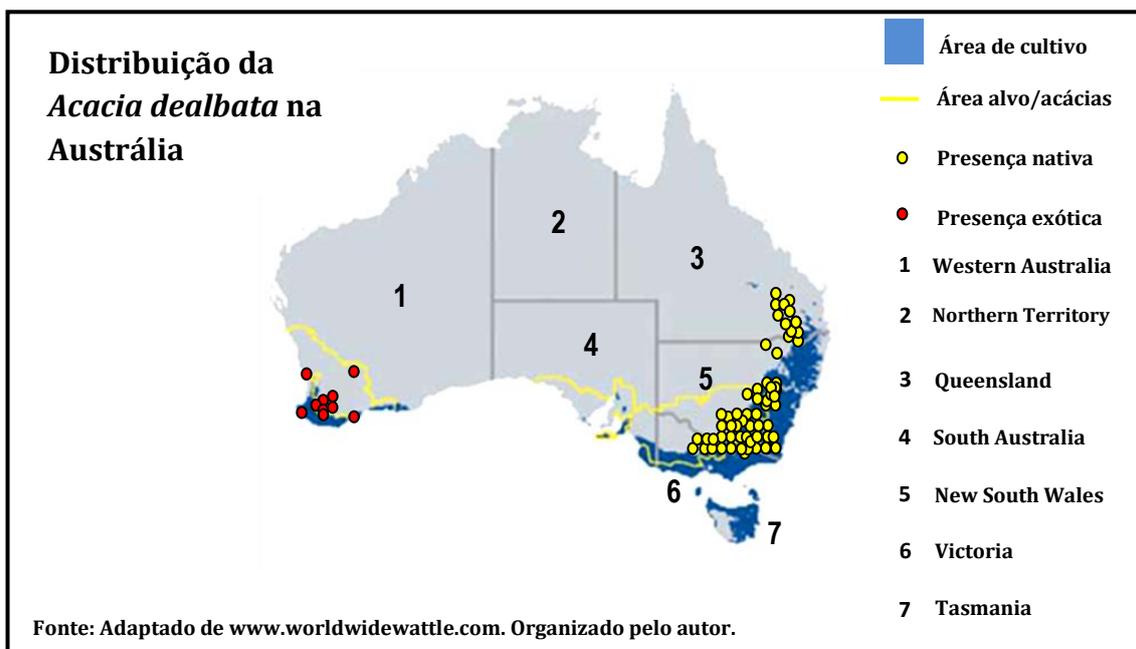


Figura 2 - Distribuição da espécie *A. dealbata* na Austrália.

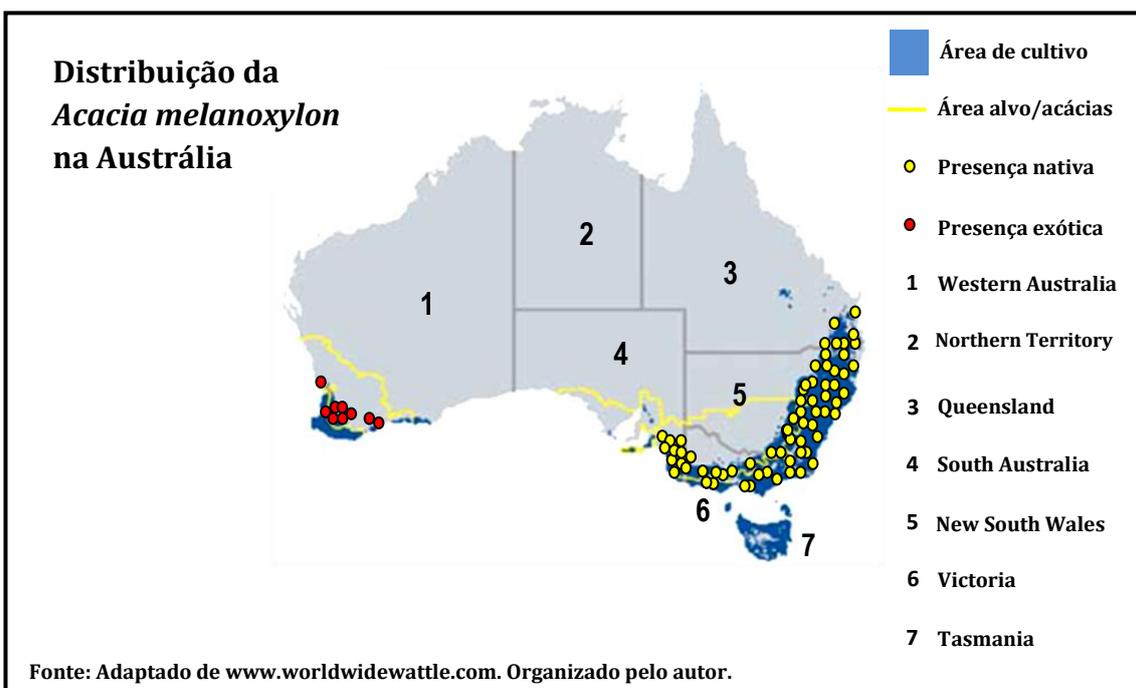


Figura 3 - Distribuição da espécie *A. melanoxylon* na Austrália.

Na Europa (Reino Unido, Portugal, Espanha, Itália, França), nos Estados Unidos (Califórnia), em África (Egito, Namíbia, África do Sul, Argélia, Congo, Moçambique, Zâmbia, Zimbábue, Madagascar), na América do Sul (Argentina, Chile), na Ásia (Japão, Nepal, Israel, Indonésia, Índia, Sri Lanka) e na Oceânia (Nova Zelândia), as espécies foram introduzidas (www.cabi.org). O status descrito para as populações na Europa (figuras 4 e 5), classifica as exóticas em Portugal com nível ‘estabelecidas’ (established), de elevado potencial invasor (www.europe-aliens.org).

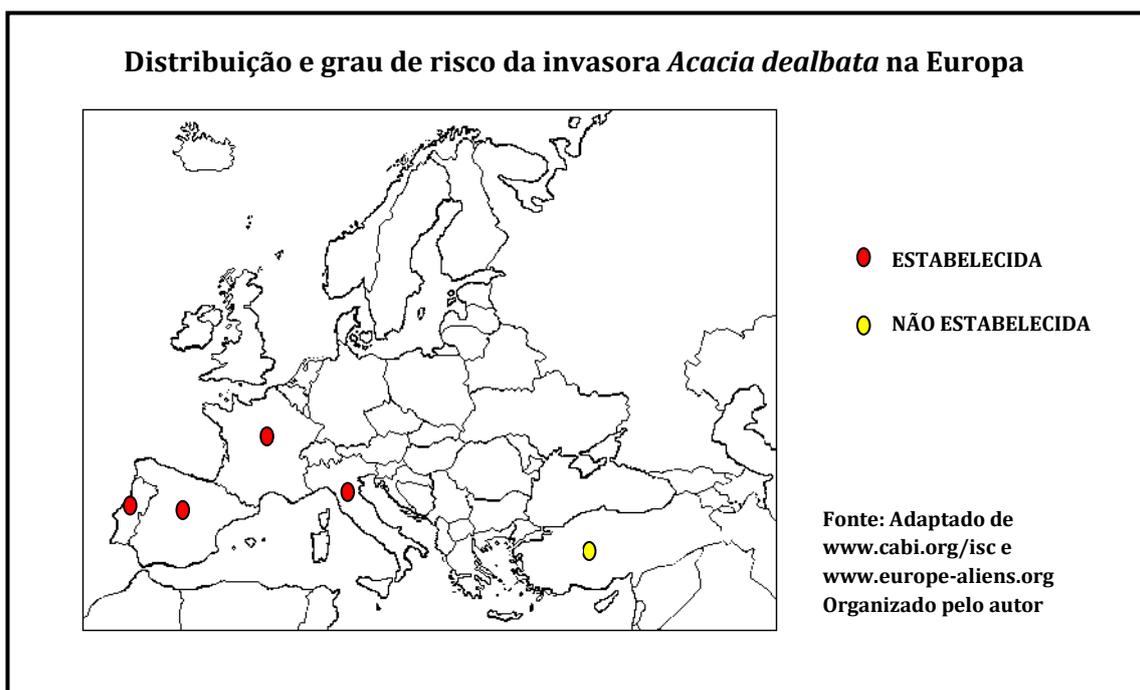


Figura 4 - Distribuição da espécie *A. dealbata* na Europa.

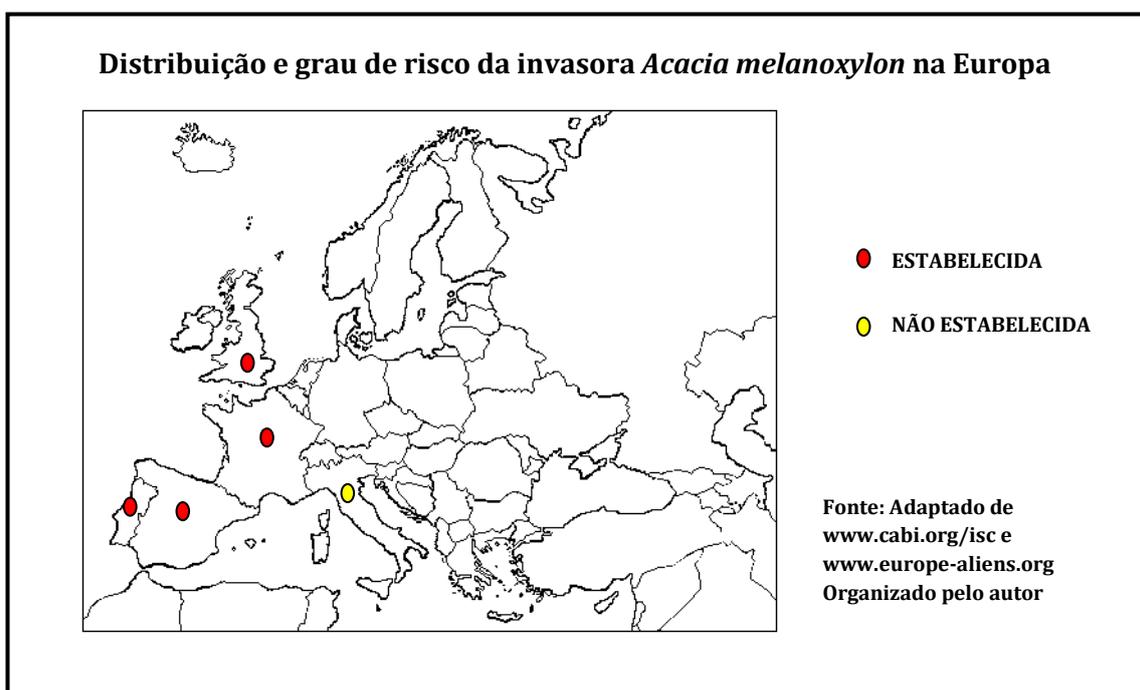


Figura 5 - Distribuição da espécie *A. melanoxylon* na Europa.

A problemática do trabalho em epígrafe insere-se no âmbito da perturbação dos ambientes naturais por espécies invasoras, que facilitada nas oportunidades dos ecossistemas, constitui um fenómeno que preocupa no que se refere as repercussões ecológicas, socioeconómicas e políticas regionais. No caso do género em estudo, *Acacia* Mill., de distribuição antropogénica sobretudo em áreas tropicais e temperadas, ilustra satisfatoriamente esta problemática.

Em Portugal a *Acacia dealbata* e a *Acacia melanoxylon* são espécies invasoras listadas no anexo I do Decreto-Lei nº 565/99, de 21 de dezembro. As espécies são encontradas em todas as províncias de Portugal continental, e também nos arquipelágos da Madeira e dos Açores, preferindo os ambientes frescos dos vales, zonas montanhosas e margens de cursos d'água e de vias de comunicação, invadindo depois de incêndios (www.cabi.org).

O registro da introdução das Acácias em Portugal data cerca 200 anos AP (Fernandes, 2012). O ambiente neste período era distinto do atual e certamente as espécies tiveram que se adaptar as necessidades advindas das mudanças ecológicas. Entretanto, as mudanças ocorridas na paisagem nos últimos 200 anos, tem beneficiado o estabelecimento de espécies introduzidas, sobretudo em função da intensa atividade antrópica contemporânea, reduzindo o componente nativo ao abrir caminhos para as novas 'hóspedes'. Entre as mais antigas práticas em Portugal, inseridas neste contexto, estão os incêndios, a intervenção para correção torrencial e o reflorestamento.

No caso da correção torrencial e do reflorestamento, quando aplicados visam corrigir a ausência da cobertura vegetal e a atividade erosiva decorrente do regime fluvial com carácter torrencial associado ao padrão climático vigente. No caso dos incêndios, quando não naturais, estão relacionados a ações clandestinas ou atividades agrícolas. Nos ambientes à montante das ribeiras são corrigidas a falta de vegetação que podem gerar barrancos no rio resultado do declive das vertentes. Já nos seus ambientes intermédios e mais próximos à juzante, nas áreas arenosas, são corrigidas a deposição de materiais, que, por sua vez, podem promover o assoreamento do leito, com redução da altura das águas, criando condições para possíveis cheias.

No caso das atividades de correção, estas começaram a ser desenvolvidas há cerca de 130 anos, desde a criação dos Serviços Florestais em 1886. A partir de 1919, com a criação da Direção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, foram enfatizadas as discussões sobre o tema, o que promoveu a elaboração do plano de povoamento florestal de 1938. As atividades prolongaram-se até finais da década de 70, sendo que atualmente verificam-se seus efeitos e consequências na paisagem, com grande destaque para a invasão de Acácias, já que em razão do seu eficiente efeito fixador do solo, constou como espécie prioritária nos planos de arborização. Outra atividade que contribui com a invasão são as faixas de gestão de combustível implantadas nas bermas das estradas.

Esta pesquisa parte da premissa de que a área de estudo, assim como é conspícuo em significativa porção do território português, está invadida por Acácias, possuindo os recursos necessários para permitir interligação entre os dados provenientes da paisagem física e da distribuição das espécies, com os dados do contexto da invasão e seus níveis de prejuízo. É investigada a relação entre a invasão e a estrutura da paisagem, no tempo (1965-2011-2014) e no espaço (Ribeira do Arouce), com base na relação entre os padrões de distribuição das espécies australianas *Acacia dealbata* Link 1822 e *Acacia melanoxylon* R.Br. e as condições ambientais na Bacia do Rio Arouce, avaliando o efeito das diferentes formas de ocupação naturais e antrópicas. Com base neste enquadramento definiram-se os seguintes objetivos, o problema e as hipóteses:

1.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral desta tese de mestrado é desenvolver uma análise ecológico-geográfica contemplando a estrutura da paisagem, os padrões de distribuição das espécies *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon*, e os contextos da invasão na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, traçando suas prováveis implicações nos estudos de invasão das espécies. Considerando para isso, a temporalidade da reconstrução da distribuição das Acácias e dos ambientes de ocupação, e sua correlação com os contextos de invasão nas áreas em que as espécies estão hoje estabelecidas. Neste sentido é importante a determinação dos caracteres da dinâmica e interação das espécies com o ambiente, facilitadas ou não face a estrutura da paisagem, e como estas podem ser reconstruídas mediante o estudo da evolução dos componentes estruturadores da paisagem, desde caracteres do uso e ocupação do solo, até dados biogeográficos que possam auxiliar na análise ecológico-geográfica.

1.2 *Objetivos específicos*

i) Avaliar a dinâmica das Espécies Exóticas Invasoras - EEI - *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon* e do ambiente hospedeiro, procurando reconstruir suas configurações;

ii) Diagnosticar os contextos de invasão, a partir de um modelo cronológico compreendendo a dinâmica de ocupação do solo nos últimos 50 anos, apresentando a relação do atual estágio da invasão com os caracteres antrópicos do uso do solo, com os processos físico-geográficos caracterizadores da paisagem atual, e demais eventos cronocorrelatos;

iii) Apresentar as diferenças nos níveis de invasão entre as australianas *A. dealbata* e *A. melanoxylon*, além dos seus padrões de ocupação do espaço na área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, e de suas influências na susceptibilidade regional, sobretudo a partir dos dados advindos da presença das espécies e do ambiente invadido.

1.3 Problema

O presente trabalho procura responder às seguintes questões:

- i) Como está atualmente e esteve caracterizado o ambiente e a invasão por Acácias durante os últimos 50 anos na área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce?
- ii) Quais os fatores determinantes para a compreensão dos padrões de distribuição atual das espécies *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon* e dos contextos da invasão na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce?
- iii) Como a estrutura da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce tem influenciado o processo de invasão local?

1.4 Hipóteses

- i) Os padrões de invasão estão estruturalmente determinados às mudanças ou opções de uso e ocupação do solo;
- ii) Os corredores naturais (linhas de água) e antrópicos (vias de comunicação) desempenham um papel importante na condução do processo de invasão;
- iii) As ocorrências entre a presença das espécies *A. dealbata* e *A. melanoxylon* estão negativamente correlacionadas.

CAPÍTULO 2

ÁREA DE ANÁLISE

2.1 Localização geográfica

A área de estudo, a Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, faz parte integrante da Bacia do Rio Ceira, que por sua vez integra a Bacia do Rio Mondego. Ocupa área de 7.302,914 hectares, compreendendo significativa área do Concelho da Lousã (figuras 6 e 7). A posição geográfica da Bacia do Rio Arouce apresenta transição de cotas altimétricas entre 400-1000m, afloramentos geológicos do complexo xisto-grauváquico, domínio de areias, argilas, cascalhos, xistos e granitos, solos do tipo cambissolos e fluvisolos, com tradição de uso agrícola.

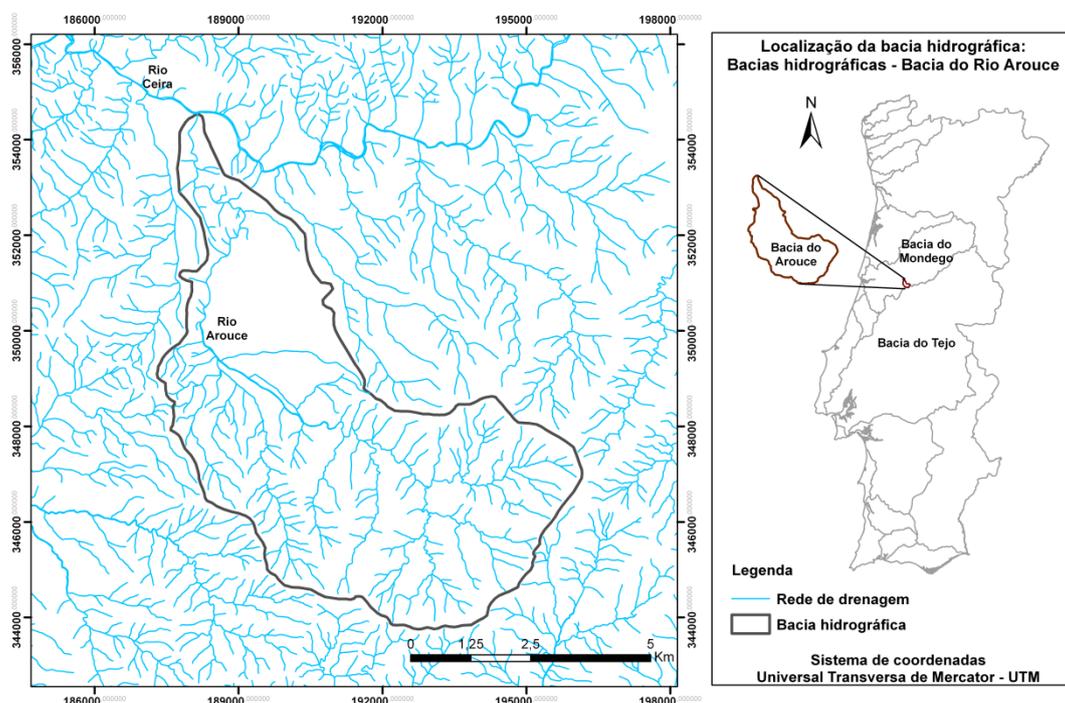


Figura 6 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.

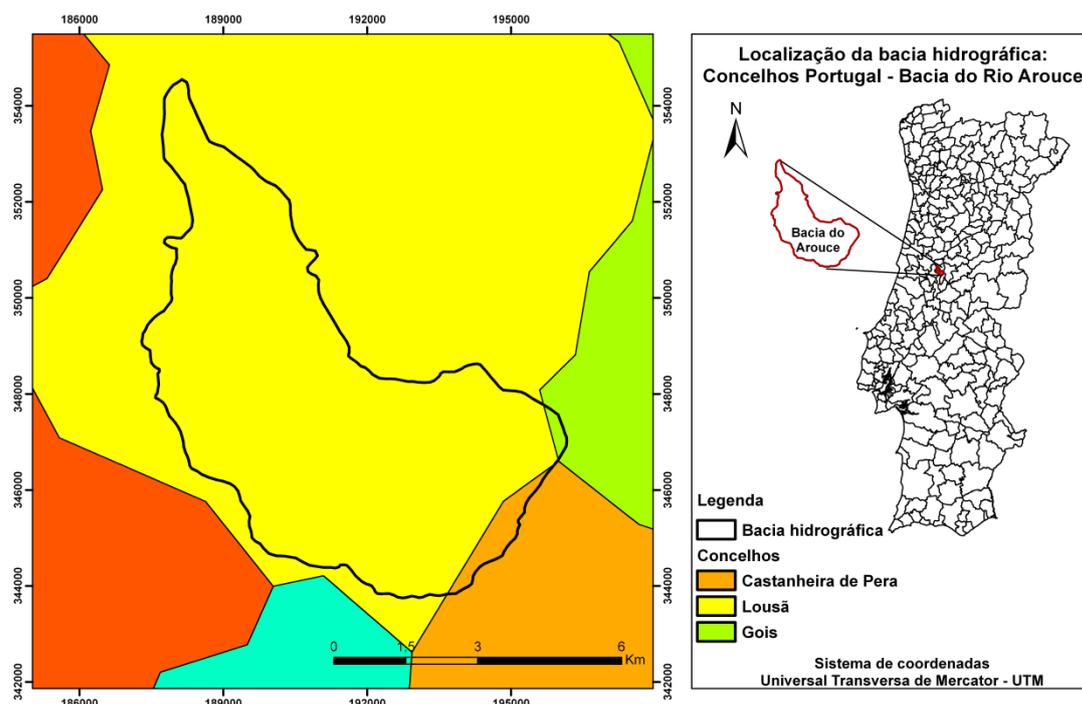


Figura 7 - Limite dos concelhos integrantes da área de estudo.

2.2 Aspectos físicos

2.2.1 Contexto geológico-pedológico-geomorfológico

Como apresentado na tabela I, as porções mais elevadas topograficamente da área de estudo (entre 693-1205m) estão constituídas por rochas de xisto, grauvaques e granitos do complexo xisto-grauváquico, com idades do câmbrico-précâmbrico, onde dominam cambissolos. Nesta área há um domínio de exposição a Sul e Oeste, com declives relativamente pronunciados (8-48°). Nas altitudes intermédias (entre 437-693m), verificam-se xistos e formações que também integram o setor terminal da bacia (areias e cascalhos), com domínio de cambissolos, vertentes voltadas a Sul, e declives acentuados. As áreas de menor altitude (cotas entre 54-437m) são caracterizadas pelos fracos declives (território dos aluviões do vale do Rio Arouce), onde predominam fluvisolos.

Tabela I - Quadro síntese das condições geológico-pedológico-geomorfológicas dominantes

Setor da bacia	Altitude (m)	Declive (°)	Exposição	Solos	Geologia
Setor terminal	54-437m	0-24°	Oeste e Norte	Fluvisolos	Areias, argilas, arenitos, cascalhos
Setor intermédio	437-693m	24-48°	Sul e Este	Cambissolos e Fluvisolos	Xistos, granitos, cascalhos, areias
Setor cabeceiras	693-1205m	8-48°	Sul e Oeste	Cambissolos	Domínio de xistos e granitos

As bacias hidrográficas dos rios Ceira e Mondego, que contemplam a Bacia do Rio Arouce, estão localizadas na justaposição entre o domínio de formações geológicas da Zona Central Ibérica e da Orla Meso-Cenozóica Ocidental. Nestes domínios afloram unidades cujas idades vão do cenozóico/mesozóico, ao paleozoico/précâmbrico (complexo xisto-graváquico).

Na área de influência da Bacia do Rio Arouce são identificadas três unidades de afloramentos geológicos principais, datadas dos períodos paleogénico-miocénico (PgM), ordovícico (O), e câmbrico (Cb). Verifica-se dominância de rochas do câmbrico, período marcado por uma série vulcano-sedimentar, com microquartzitos, calcários e dolimitos, arcoses, e conglomerados de base. Esta série representa mais de 50% da cobertura geológica da área, com mistura a série de afloramentos rochosos do précâmbrico, período de formação do complexo xisto-graváquico, agregando xistos, grauvaques, gnaisses, e rochas da série espilitica do Alentejo.

As outras duas séries identificadas partilham os restantes 50% da área, com destaque para a influência de afloramentos datados do paleogénico-miocénico (PgM), representando os afloramentos da Orla Meso-Cenozóica Ocidental, com areias, argilas, arenitos, calcários, argilitos, conglomerados. Há ainda representação do ordovícico (O), período marcado por afloramentos de xistos argilosos, sedimentos ferríferos, quartzitos, grauvaques, e rochas básicas (figura 8).

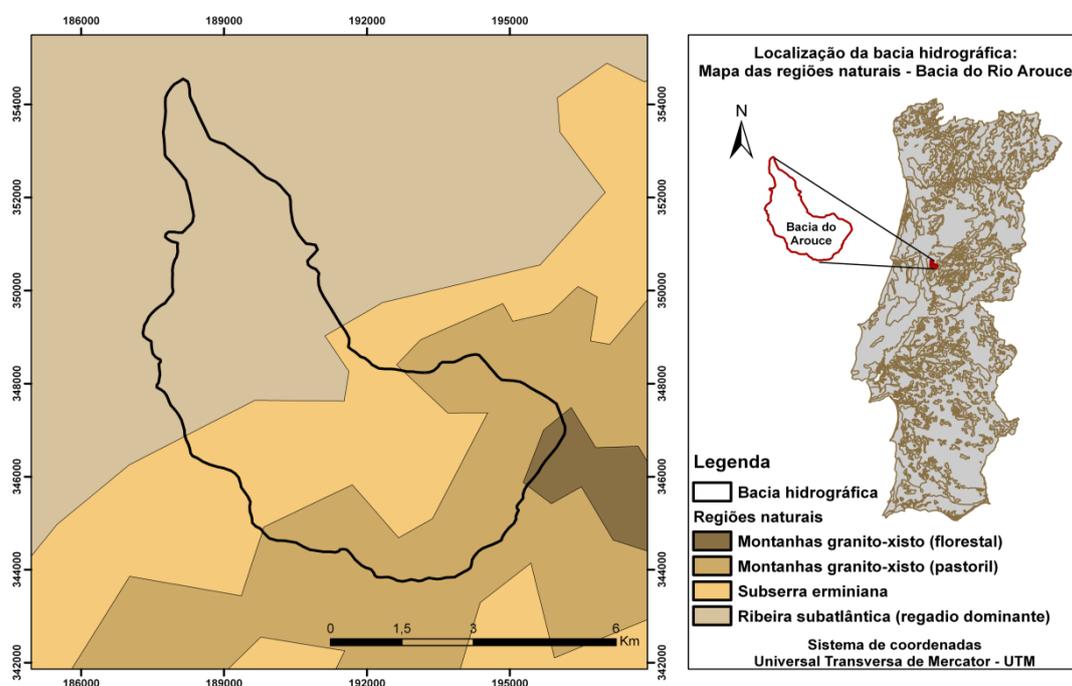


Figura 8 - Mapa das regiões naturais da área de estudo.

O mapeamento litológico da área (figura 9), em convivência com os dados geológicos, confirma a dominância de afloramentos rochosos do período câmbrico/précâmbrico, representados pela unidade litológica das formações sedimentares e metamórficas, composta principalmente de xistos e grauvaques do complexo xisto-grauváquico.

A justaposição entre os outros dois componentes geológicos, pertencentes ao complexo litológico das formações sedimentares, representa o limite dentro da área de influência da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce entre a dominância de aluviões, areias e cascalhos do período holocênico (fortemente influenciados pela flutuação dos rios Ceira e Arouce), com os arenitos, calcários, argilas e cascalheiras do paleogênico-miocênico (Orla Meso-Cenozóica Ocidental).

Quanto a pedologia, são identificados três tipos de solos na área de influência do Rio Arouce de duas unidades pedológicas principais: domínio dos fluvisolos e dos cambissolos. Verifica-se dominância de cambissolos húmicos na porção norte (juzante) e centro da bacia hidrográfica, inseridos no espaço de influência dos afloramentos rochosos da formação sedimentar-metamórfica do câmbrico-précâmbrico, com xistos e grauvaques.

Na área de influência dos afloramentos rochosos do paleogênico-miocênico, de formação sedimentar, onde distribuem-se areias, cascalhos e arenitos, verificam-se fluvisolos éutricos, de localização específica sobre os terrenos aluvionares da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce. Há ainda uma pequena representação de cambissolos distrícos à oeste, correspondentes a solos de formações sedimentares resultantes dos desprendimentos dos planaltos adjacentes.

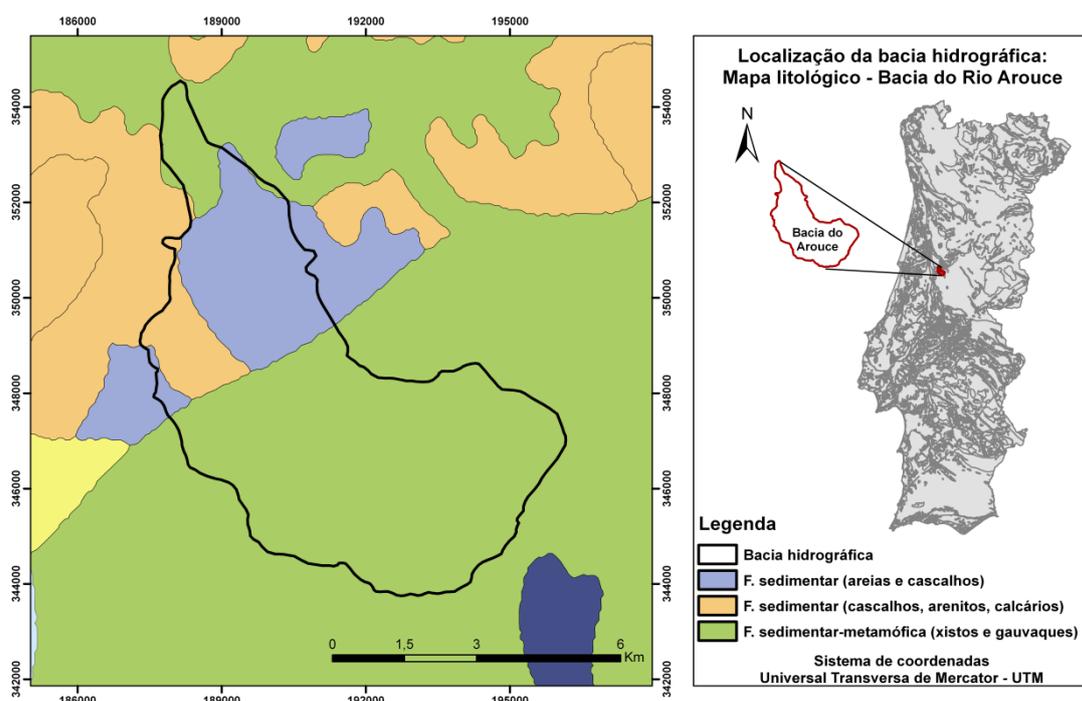


Figura 9 - Mapa litológico da área de estudo.

Quanto aos aspectos do relevo, observa-se que a área da Bacia do Rio Arouce apresenta características que mostram susceptibilidade a episódios de erosão, já que do ponto de vista topográfico e geomorfológico, a bacia contempla ambientes dominados por superfícies declivosas pouco conservadas, cotas altimétricas dominantes entre 437-693m, além de vertentes expressivas com graus de declive entre 24-48°. Nos setores intermédio e cabeceiras da bacia, nos topos das vertentes, observam-se superfícies com acentuados graus de declividade, pouco conservadas por apresentarem significativa atividade humana. Entretanto, no setor terminal da bacia, onde o grau de perturbação antrópica é mais intenso que nos setores intermédio e cabeceiras, encontram-se superfícies aplainadas em erosão em razão da intensidade da atividade erosiva, quer natural quer humana, especialmente no limite da Ribeira do Arouce com a Ribeira do Rio Ceira.

Pelas características apresentadas no mapa da hipsometria (figura 10), onde as classes estabelecidas vão de 0 a 1205m (são nove classes com intervalos de aproximadamente 130m) propostas conforme a topografia da área, o relevo é declivoso apresentando cotas elevadas, o que resultou num mapa cuja cota máxima é de 1205m, sendo esta a classe menos representada (nota-se que assim como a área da bacia, todo seu entorno também não apresenta manchas desta classe). As cotas dominantes estão entre 400m e 700m, à montante da bacia, nos setores terminal e intermédio.

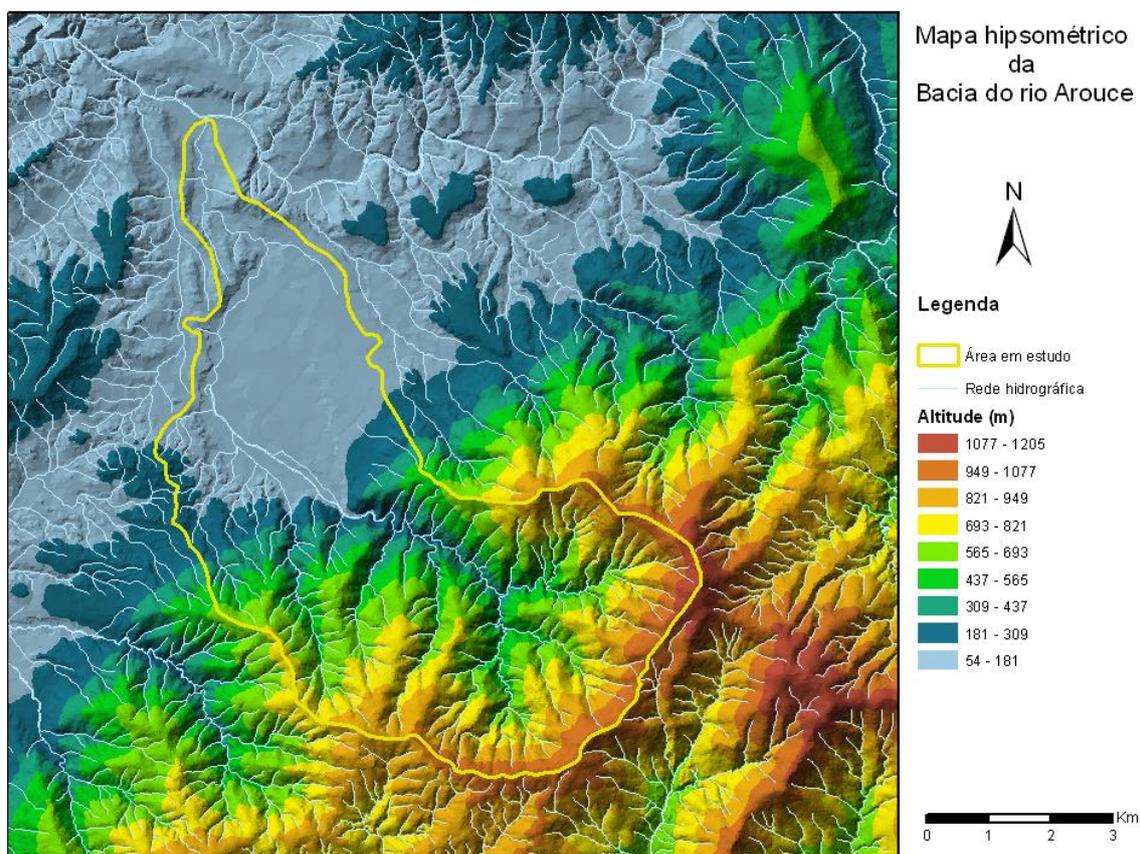


Figura 10 - Mapa hipsométrico da área de influência da Bacia do Rio Arouce.

O mapeamento da declividade (figura 11), conivente com os resultados dos demais aspectos da geomorfologia, ratifica a susceptibilidade dos ambientes da Ribeira do Arouce à eventos de erosão. Verifica-se dominância de áreas declivosas, com classes de declives dominantes para o setor cabeceiras entre 8-48° e para o setor terminal entre 0-24°. As cotas máximas de declive, entre 24-48°, possuem expressiva representação no setor intermédio, com ocorrência específica neste setor, onde os vales são alargados. A forma dos vales é conspícua em U nos setores de alargamento da porção intermédia da bacia, e em V nos setores mais próximos às nascentes. Alguns terraços fluviais são identificados, especialmente na confluência entre a foz do Rio Arouce e o Rio Ceira.

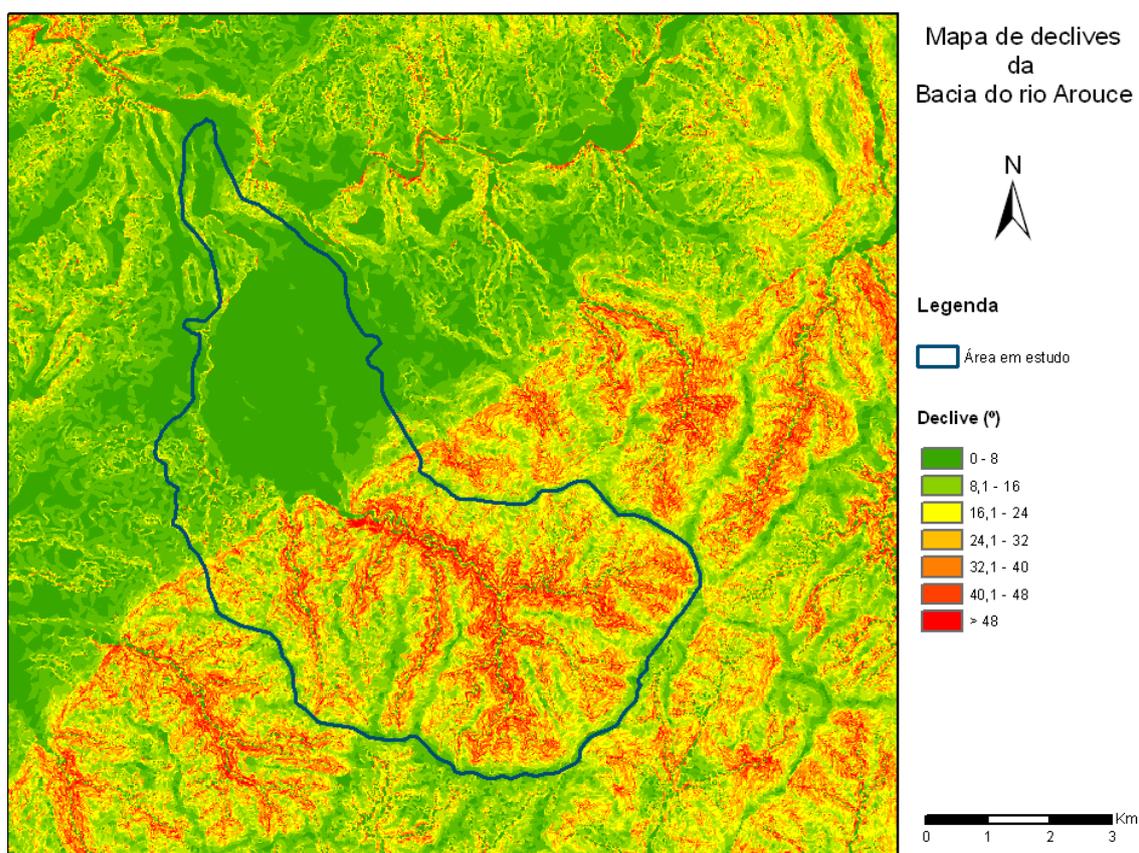


Figura 11 - Mapa de declives da área de influência da Bacia do Rio Arouce.

Quanto à exposição das vertentes (figura 12), o mapa apresenta dominância de vertentes voltadas a oeste e norte no setor terminal da bacia, enquanto nos setores intermédio e cabeceiras há dominância de vertentes voltadas a norte, sul e oeste, com alguns territórios com orientação à este. Esta dinâmica traduz importante fato, além dos territórios preferenciais para atividades humanas, mostra os espaços preferenciais para ocupação das *Acácias* invasoras, já que, como se sabe, as vertentes com orientação voltadas a norte são preferenciais devido a questões como a luminosidade solar, sendo as áreas mais densamente antropizadas na Ribeira do Arouce, e invadidas por *Acácias*.

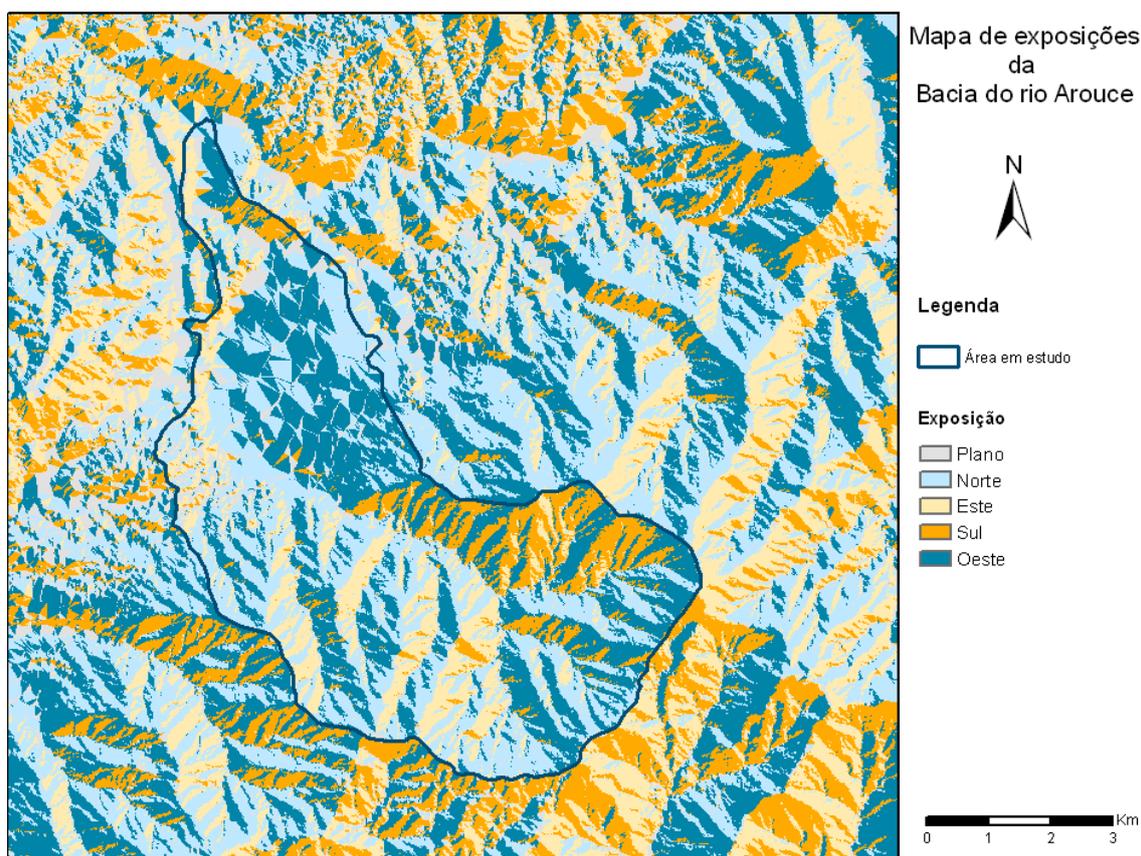


Figura 12 - Orientação das vertentes na área de influência da Bacia do Rio Arouce.

2.2.2 Caracterização climática

Para a caracterização climática da área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce foram avaliados dados de precipitação e temperatura das séries mensais para a estação da Lousã, disponibilizados pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Os dados da precipitação avaliados estão de acordo com o recorte temporal 1951-1980.

No sentido de obter uma caracterização mais adequada da diversidade das condições climáticas da área de estudo, procedeu-se ao diagnóstico hídrico-climatológico tendo por referência dois valores de reserva máxima distintos, procurando representar a dinâmica da disponibilidade de recursos hídricos na reserva útil do solo, para as áreas com condições climatófilas (100mm), nomeadamente setor intermédio e setor cabeceiras da Bacia do Rio Arouce, e para as áreas com condições higrófilas e mesohigrófilas (200mm), nomeadamente os vales fluviais e o setor terminal da bacia, áreas associadas a presença de fluvisolos. O contexto hídrico foi avaliado segundo Thornthwaite & Mather (1955, 1948). Os valores avaliados para a precipitação e temperatura segundo as séries mensais na estação da Lousã, podem ser visualizados na tabela II.

Tabela II - Dados coletados na estação udométrica da Lousã para diagnóstico do contexto hídrico-climatológico da área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
T°C	7,9	8,5	9,7	11,4	13,8	17	19,8	20	18,6	15,2	10,5	7,8	
i	2,00	2,23	2,73	3,48	4,65	6,38	8,03	8,16	7,31	5,38	3,07	1,96	55,39
etp	25,93	28,65	34,28	42,70	55,37	73,53	90,47	91,72	83,10	63,15	38,18	25,49	
N	9,80	10,70	12,00	13,30	14,40	15,00	14,70	13,70	12,50	11,00	10,00	9,40	
d	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	
K	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,95	0,83	0,81	

No que se refere a classificação climática da área, considerando os dados da tabela II, pode-se salientar que, verificada a média de precipitações para o período de 1951 a 1980 na estação da Lousã, toda a área de influência da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce enquadra-se na tipologia climática semi-húmida (20-30 lam) conforme classificação climática de Martonne (ver tabela III). O balanço hídrico sequencial na série histórica considerada indica significativa variação interanual da precipitação, embora haja predomínio do clima semi-húmido na área de estudo.

Tabela III - Classificação de climas segundo Martonne (lam).

Índice de Aridez de Martonne (lam)	
$lam = P / (T + 10)$	
P = Precipitação média anual	T = Temperatura média anual
Tipos de Clima	lam
Desértico	5
Árido	5-10
Semi-árido	10-20
Semi-húmido	20-30
Húmido	30-40
Hiper-húmido	40

No âmbito dos valores de precipitação e temperatura, verifica-se que há uma significativa variação nos volumes pluviométricos e das condições de temperatura para a área da estação da Lousã e entorno, o que tem reflexo na variação apresentada pelos demais termos analisados na caracterização climática da área de influência da Bacia do Rio Arouce. Nesse sentido, é evidente uma significativa variação, embora esta variação aponte para condições climáticas típicas de ambientes húmidos e semi-húmidos, cuja a característica principal é a regularidade interanual nas precipitações e temperatura, com regime pluviométrico elevado, temperatura média em torno dos 15°, e situação de superavit hídrico mantida para a maior parte dos meses do ano.

Outros dois termos da presente caracterização importantes para compreensão da dinâmica hidrológica da área de estudo são os valores de ETP e ETR. A Evapotranspiração potencial (ETP) corresponde a quantidade de água necessária para manter a vegetação em função de uma dada temperatura. A Evapotranspiração Real (ETR), ao contrário da ETP, corresponde a uma situação de disponibilidade potencial de água, representando a quantidade de água que sai do sistema através da evapotranspiração e que é usada na produção pelas plantas.

Nos cálculos do balanço hídrico, a ETP representa o consumo de água, enquanto que a pluviosidade representa o abastecimento, e a ETR é aquela que ocorre nas condições reais às quais o vegetal está submetido onde não existe disponibilidade hídrica satisfatória e vegetação uniforme sobre a superfície. Desse modo, há uma relação direta entre a precipitação e a ETR, estando os menores valores de ETR relacionados aos baixos valores de precipitação e os maiores valores de ETR relacionados a uma precipitação mais elevada (Sabóia *et al.*, 2013)

Os valores de ETP, ETR, e os demais termos considerados para caracterização climática das áreas com condições higrófilas e mesohigrófilas (200mm) na Bacia do Rio Arouce (valores de precipitação e temperatura principalmente), estão discriminados na tabela IV. Referem-se as áreas dos vales fluviais e do setor terminal da bacia (áreas associadas a presença de fluvisolos).

Tabela IV - Termos da caracterização climática para as áreas com condições higrófilas e mesohigrófilas (200mm) na Bacia do Rio Arouce.

ETP	21,88	23,84	35,42	47,33	68,66	91,91	114,52	108,20	86,56	59,82	31,82	20,63	
P(mm)	171	181	115	100	116	58	22	21	58	115	128	137	1221,20
P-ETP	149,42	157,46	79,08	53,07	46,84	-34,31	-92,82	-87,00	-28,66	55,18	96,38	115,97	
£da						-34,31*	-127,13*	-214,14*	-242,80*				
RU	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	168,47	105,92	68,56	59,40	114,59	200,00	200,00	
VRU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,53	62,56	37,36	9,15	-55,18	-85,41	0,00	
ETR	21,88	23,84	35,42	47,33	68,66	89,13	84,26	58,56	67,05	59,82	31,82	20,63	608,40
DEFICE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,78*	30,27*	49,64*	19,51*	0,00	0,00	0,00	102,20
SUPERAVIT	149,42*	157,46*	79,08*	53,07*	46,84*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,97*	115,97*	612,80

*Reserva útil de 200mm, áreas da bacia hidrográfica cujas condições ecológicas estão determinadas por condições edáficas particulares, nomeadamente os fundos de vale, com solos mais espessos, e maior capacidade para reter água.

Os valores espaciais de ETP e ETR, além da precipitação e da temperatura, para os setores cujas condições do contexto hídrico estão discriminadas na tabela IV, corrobora o contexto zonal destas áreas, caracterizadas sobretudo por índices de pluviosidade elevados e temperaturas regulares, que pode ser confirmado nos valores de ETP e ETR obtidos, evidenciando os setores da bacia cujas condições de superavit hídrico são significativas. O contexto apresentado acima, para o setor terminal e vales do Rio Arouce, está ilustrado no gráfico 1, mostrando a importância destes espaços na categorização climática da área de estudo em clima do tipo semi-húmido.

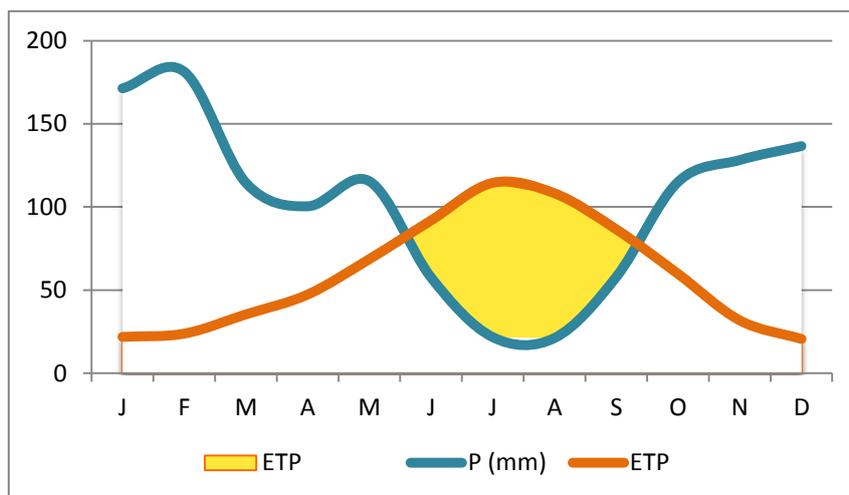


Gráfico 1 - Identificação da influência dos valores de precipitação, temperatura, da ETP e da ETR para a caracterização climática das regiões hidrófilas e mesohidrófilas (200mm) da área de estudo.

Com base nos resultados obtidos para as áreas da bacia com condições climatófilas (100mm) (ver tabela V), nomeadamente setor intermédio e setor cabeceiras do Rio Arouce, comparativamente ao que se observou para as áreas com condições higrófilas e mesohigrófilas (200mm), verifica-se que não há uma diferença significativa em termos de extensão temporal do período com déficit hídrico, ou seja, o período em que se regista déficit de recursos hídricos, considerando 100mm ou 200mm em termos de reserva máxima. Em ambas as situações, o período com déficit hídrico está definido entre junho e setembro, o período seco, ainda que os valores de déficit sejam mais elevados no caso das áreas com condições climatófilas. Esta situação está muito determinada pelo facto de a área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce apresentar valores de precipitação elevados, sendo que em apenas dois meses do ano (julho e agosto) o valor da precipitação é inferior a 30mm. O gráfico 2 ilustra a dinâmica hídrica para estas áreas da bacia.

Tabela V - Termos da caracterização climática para as áreas com condições climatófilas (100mm) na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.

ETP	21,88	23,84	35,42	47,33	68,66	91,91	114,52	108,20	86,56	59,82	31,82	20,63		
P(mm)	171	181	115	100	116	58	22	21	58	115	128	137	1221,20	
P-ETP	149,42	157,46	79,08	53,07	46,84	-34,31*	-92,82*	-87,00*	-28,66*	55,18	96,38	115,97		
Eda						-34,31*	-127,13*	-214,14*	-242,80*					DC*
RU	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	70,96	28,05	11,75	8,82	64,01	100,00	100,00		
VRU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,04	42,91	16,30	2,93	-55,18	-35,99	0,00		
ETR	21,88	23,84	35,42	47,33	68,66	86,64	64,61	37,50	60,83	59,82	31,82	20,63		
DEF.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,27*	49,91*	70,71*	25,73*	0,00	0,00	0,00		DH*
SUP.	149,42*	157,46*	79,08*	53,07*	46,84*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,39*	115,97*		

* Déficit climático (DC) e Déficit hídrico (DH)

* Reserva útil de 100mm, áreas da bacia cujas condições ecológicas estão determinadas pelo padrão climático, nomeadamente pelas áreas de vertentes.

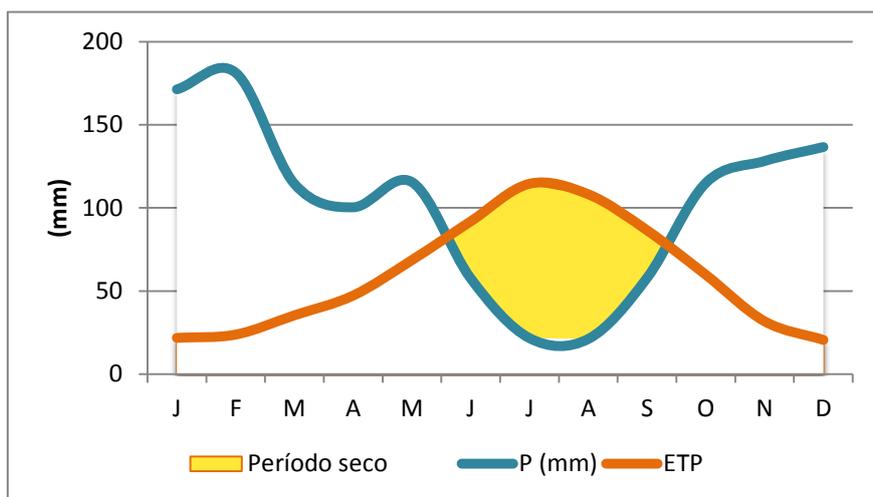


Gráfico 2 - Identificação da influência dos valores de precipitação, temperatura, e da ETP para a caracterização climática das regiões climatófilas (100mm) da área de estudo.

2.2.3 Vegetação e usos do solo

A paisagem na Bacia do Rio Arouce apresenta-se sob diferentes formas de uso e ocupação. Verifica-se dominância de ambientes agrícolas e zonas mistas distribuindo-se especialmente pelo centro da bacia e setores à jusante próximos à foz. Nos setores à montante próximos às nascentes e cabeceiras há dominância de ambientes florestais. O tecido urbano domina de forma contínua aproximadamente no centro da bacia, na área da Lousã. Nos setores adjacentes e marginais, o tecido caracteriza-se como descontínuo ou pouco contínuo.

A evolução deste uso é um dos aspectos de maior importância para o entendimento do processo da invasão na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, e da qual será dada ênfase na sequência do presente trabalho. Em linhas gerais, é possível inferir que houve significativa mudança na paisagem da Bacia do Rio Arouce no recorte temporal considerado (1965-2011), sobretudo com uma diminuição das áreas naturais bem conservadas, constituídas por formações florestais, e das áreas agrícolas, em detrimento do aumento das áreas artificiais, com significativo incremento do tecido urbano, e das áreas com florestas de espécies não nativas.

A vegetação atual da área em estudo manifesta, ao nível da composição florística, fisionomia e estrutura das comunidades dominantes, uma forte perturbação, resultante dos reflexos das atividades antrópicas ou da influência de perturbações de caráter periódico, como os incêndios florestais ou o corte de mato.

Uma parte significativa da bacia apresenta utilização agrícola ou foi afectada por processos de abandono no passado recente. As áreas que apresentam estas condições encontram-se principalmente no setor final, nas áreas de fraco declive. No setor intermédio dominam formações arbóreas de carácter monoespecífico, nomeadamente eucaliptais e acaciais, manifestando um evidente empobrecimento florístico se comparadas com as comunidades arbóreas potenciais.

As áreas de uso agrícola extensivo estão associadas à presença de soutos. As áreas de cabeceiras, apesar da evidente perturbação da vegetação, são as que apresentam áreas mais extensas ocupadas por vegetação nativa. Dominam formações arbustivas subseriais, nomeadamente formações arbustivas baixas da *Calluno ullicetea*, representando um dos avanços mais meridionais desta classe de vegetação no âmbito da Região Mediterrânea.

As condições da vegetação potencial são difíceis de definir nesta área, não só pela ausência de formações arbóreas, partindo do pressuposto que as condições abióticas são adequadas à definição de formações arbóreas na(s) cabeça(s) de série (comunidades climax), mas também pela elevada complexidade do ponto de vista abiótico, ao que se associa a concorrência de outros fatores de natureza biogeográfica, uma complexidade já identificada por Costa *et al.* (1998) para todo o setor Divisório Português. Assumindo que os bosques nativos seriam dominados por quercíneas, é difícil identificar um tipo de bosque específico, nomeadamente se tivermos por referência os bosques descritos para o território continental português.

Na área em estudo estão identificados quatro dos carvalhos que dominam as comunidades clímax de diferentes series de vegetação associadas a diferentes condições ecológicas do território continental. A presença de *Quercus robur* confirma a forte influência oceânica que esta área ainda recebe, a qual está patente na extensão do período com défice de precipitação mais pronunciado. Esta influência está patente na presença de amplitudes térmicas fracas, um aspeto que explica a presença de *Laurus nobilis* nos vales termófilos. Estes atributos, associados à frequência de *Quercus robur* parecem ser argumentos importantes para definir as condições dos bosques nativos.

Ainda que a presença de *Quercus faginea* subsp. *broteroi* possa direccionar a interpretação dos bosques potenciais no sentido dos bosques do *Arisaro-Quercetum broteroi*, a presença de formações arbustivas baixas associadas à *Calluno ullicetea* suporta melhor a ideia de que estes bosques podem estar mais próximos do conceito associado aos carvalhais meso e termotemperados de forte influência atlântica dominados por *Quercus robur*, na sua versão enriquecida por *Quercus suber*, o que os permitiria integrar no conceito associado ao *Rusco aculeati - Quercetum roboris quercetosum suberis*. Além da presença de *Quercus suber*, que manifesta a existência de uma padrão climático mediterrâneo desvirtuado pela forte influência atlântica, também a presença de comunidades arbustivas baixas na série destes carvalhais, como o urzal-tojal *Ulici minoris-Ericetum umbellatae*

(Costa *et al.*), pode apontar neste sentido. Nas condições higrófilas, dada a elevada perturbação das galerias ripícolas, é expectável a presença de salgueirais dominados por *Salix atrocinerea* nas cabeceiras, e amiais nas áreas de rede hidrográfica melhor definida. São conspícuos: Azereiro (*Prunus lusitanica*); Azevinho (*Ilex aquifolium*); Feto-real (*Osmunda regalis*); Folhado (*Viburnum tinus*); Loendro (*Rhododendron ponticum*); Loureiro (*Laurus nobilis*); Medronheiro (*Arbutus unedo*).

2.3 Unidades ambientais

Caracterizados os aspectos físicos da área de influência da Bacia do Rio Arouce, verifica-se que a maior parte da área encontra-se dominada por solos do tipo cambissolos, solos adequados para o componente florestal. Tanto florestas de espécies não invasoras (pinheiros, castanheiros, carvalhos) quanto floresta de exóticas (acácias, eucaliptos), são conspícuas em todo o domínio dos cambissolos. Já no sentido centro-sul da bacia, onde dominam fluvissoles, verifica-se sua capacidade para uso agrícola, onde são conspícuas culturas agrícolas nas adjacências dos vales das ribeiras.

O contexto geológico-pedológico-geomorfológico, a caracterização climática, e as condições de uso do solo e vegetação permitem compartimentar a área de influência da bacia em três unidades ambientais principais (figuras 13 e 14), segundo a escala aqui utilizada em nível local.

A *unidade cabeceiras*, correspondente a região de montanhas de granito-xisto (florestal), é a mais elevada topograficamente (cotas entre 700-1000m), caracterizada pela dominância de rochas de xisto, grauvaques, conglomerados e granitos, com idades do câmbrio-précâmbrico, inserida no complexo xisto-grauváquico, de formação sedimentar-metamórfica, revestida sobretudo por cambissolos, com dominância de florestas, em condições climatófilas (100mm).

A *unidade intermédia*, região de montanhas de granito-xisto (florestal e pastoril), é a unidade seguinte em termos topográficos (400-700m), caracterizada pela presença de areias, conglomerados, xistos argilosos (fundos de vale) e xistos e grauvaques (topos e vertentes). Esta unidade estende-se do limite da influência das formações geológicas do câmbrio-précâmbrico, às formações sedimentares do ordovícico e paleogênico-miocênico, sendo revestida por fluvissoles e cambissolos, com capacidade de uso agrícola, florestal e mista (agrícola condicionada), sob condições climatófilas (100mm) nos topos dos vales, e higrófilas e mesohigrófilas nos fundos dos vales (200mm).

A *unidade terminal*, categorizada como ribeira subatlântica com regadio dominante, está localizada a sul da bacia sendo a menos elevada a níveis topográficos (400m/variante zona litoral), caracterizada pela dominância de areias, argilas, arenitos, calcários e conglomerados, sob influência das formações da Orla Mesocenozóica Ocidental, de idade do paleogênico-miocênico, com formação sedimentar, revestida principalmente por fluvissoles, de alta capacidade para uso agrícola.

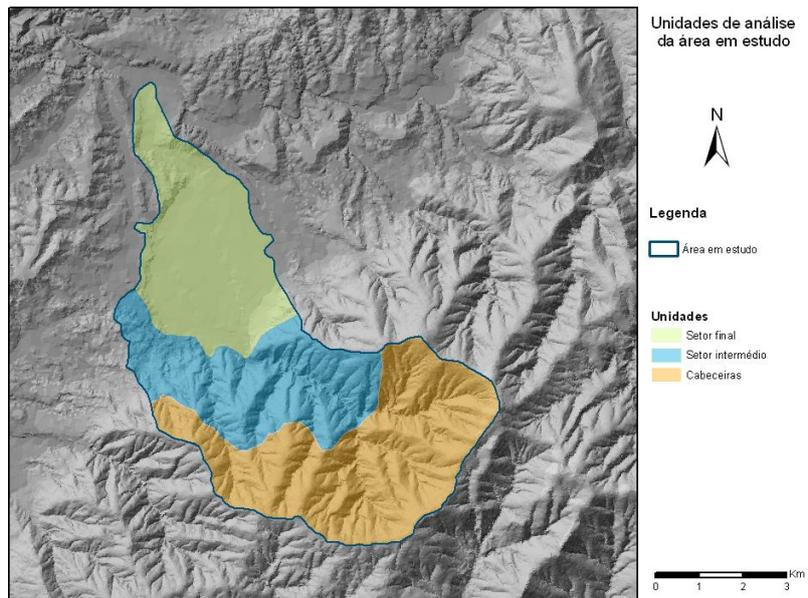


Figura 13 – Compartimentação da área de estudo em três unidades ambientais distintas.



Figura 14 – Aspectos da paisagem: unidade terminal (1 e 2); intermédia (3 e 4); e cabeceiras (5 e 6).

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

Durante esta pesquisa identificou-se a presença atual de espécies de Acácias, consolidadas. Analisaram-se aspectos da estrutura da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, os padrões de distribuição atual das espécies exóticas/invasoras *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon*, os contextos de invasão na área em epígrafe, e também o estabelecimento da evolução da área de estudo nos últimos 50 anos, fornecendo, assim, dados para compor a história da invasão biológica contemporânea da área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce e entorno.

A pesquisa foi iniciada em gabinete, através de fotointerpretação de imagens de satélite de alta resolução, na escala de 1:25.000, bem como a preparação das cartografias de uso do solo para diferentes momentos cronológicos, com produção de cartografia de uso do solo para 2011, homogeneização dos produtos cartográficos relativos a 1965 e 2011, e produção de cartografia base contendo as unidades ambientais e os graus de ocupação e sociabilidade das espécies focais, necessária à análise da correlação espacial entre o uso do solo e a presença/abundância das espécies.

Numa segunda etapa foi realizada a caracterização do ambiente da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, uma vez que a área de estudo contempla importantes gradientes ambientais, o que permitiu discriminar a importância de fatores de ordem antrópica (usos do solo) e de ordem natural (hidrologia, tipo de relevo, exposição) na condução dos processos de invasão.

Além de uma caracterização ambiental, foi analisada a evolução espaço-temporal da área nos últimos 50 anos, identificando as formas de uso do solo que mais têm contribuído para a invasibilidade. A partir da análise das mudanças na ocupação do solo, procurou-se criar uma cronologia do uso do solo nas áreas atualmente invadidas, de forma a confirmar se as mudanças e os tipos de uso que se sucederam têm alguma relação com os processos de invasão.

Foram realizadas etapas de campo, para a identificação e descrição dos contextos de invasão biológica, além de posicionamento geográfico com utilização do GPS (sigla em inglês, *Global Positioning System*) e do recolhimento de informações da presença, ausência e abundância dos taxa selecionados na área de estudo, utilizando uma grelha de referência 200x200m. Também foram coletados outros dois dados testemunhos da invasão – com auxílio ao GPS – acerca do grau de ocupação das Acácias e do grau de sociabilidade, utilizando parâmetros qualitativos e quantitativos em escala ordinal, com vistas a realizar um estudo dos padrões de distribuição, para conhecimento dos padrões de invasão, e, conseqüentemente, sugerir possíveis contextos de invasão.

A avaliação da relação entre os padrões espaciais de invasão e as condições ambientais, nomeadamente a identificação do papel dos fatores de diferente ordem (antrópica/natural), baseou-se na análise estatística da organização espacial dos usos do solo e da presença/abundância das espécies selecionadas. Foram sugeridos possíveis fatores de ordem natural-antrópica que tenham favorecido a escolha destas áreas para estabelecimento de populações australianas do género *Acácia*, com diagnóstico específico do papel dos corredores naturais e/ou antrópicos da paisagem na definição das áreas invadidas, através dos cálculos da densidade e da cobertura das espécies focais.

3.1 *Espécies focais*

As espécies invasoras *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon*, que co-ocorrem no sistema de montanhas interiores de Portugal continental, foram selecionadas para este estudo. Correspondem a duas espécies de árvores leguminosas nativas do sudeste da Austrália, com crescimento até 15m. Estas espécies são consideradas duas das potenciais invasoras dos ecossistemas de Portugal (www.europe-aliens.org). Foram introduzidas no país há quase 200 anos para controle da erosão do solo (Fernandes, 2012). Entretanto, após poucas décadas no ambiente receptor, estas espécies se dispersaram extensivamente em algumas áreas continentais de Portugal, particularmente depois de perturbações por fogo, com sérios prejuízos principalmente para a comunidade nativa. Ambas as espécies podem estabelecer junto à comunidade nativa uma simbiose com *vesicular arbuscular mycorrhizae*, com fixação de nitrogênio da atmosfera (Richardson *et al.*, 2011). Sua larga produção de sementes com alta viabilidade e longevidade, juntamente com a germinação por fogo, e o significativo crescimento rápido, são fatores que têm sido atribuídos ao sucesso das espécies *A. dealbata* e *A. melanoxylon* em áreas não-nativas.

3.1.1 *Acacia dealbata*

Constitui numa árvore de até 15m, com folhas perenes verde-acinzentadas e recompostas com 10-26 pares de pínulas e 20-50 pares de folíolos, e flores amarelo-vivo reunidas em capítulos de 5-6 mm de diâmetro, além de vagens castanho-amareladas comprimidas e pruinosas, de floração de Janeiro a Abril (Figura 15). Pertencente à família *Fabaceae*, é denominada cientificamente de *Acacia dealbata* Link 1822, possuindo as sinónimas *Acacia decurrens* var. *dealbata* (Link) Muell; *A. decurrens* Willd. var. *mollis* Lindley; *A. derwentii* Siebert & Voss; *A. puberula* Dehnh; *Racosperma dealbatum* (Link) Pedley, *Racosperma dealbatum* Pedley (www.cabi.org).

Conhecida como mimosa, a espécie possui semelhança com outras do gênero, como *A. mearnsii* e *Acacia decurrens*. A introdução da *A. dealbata* em Portugal esteve ligada a fins ornamentais, fixação dos solos, e como espécie florestal. Entre os ambientes preferenciais de invasão destaque para os terrenos frescos dos vales, zonas montanhosas e margens de cursos d'água e de vias de comunicação, invadindo principalmente depois de incêndios (www.cabi.org).

Em Portugal Continental é uma das invasoras potenciais dos ecossistemas terrestres. Através de povoamentos densos, impede o desenvolvimento da vegetação nativa, diminuindo o fluxo de linhas de água, agravando a erosão. Entre suas características, destaque para a folhada rica em azoto, que promove alteração do solo trazendo efeitos negativos ao desenvolvimento das nativas. Além da diminuição da produtividade, há custos elevados na aplicação de metodologias de controlo.

No âmbito das características da reprodução, a espécie reproduz-se vegetativamente formando vigorosos rebentos de raiz após o corte. Também pode ocorrer por via seminal produzindo muitas sementes, que se acumulam em bancos de sementes numerosos, permanecendo viáveis no solo durante muitos anos. As sementes são dispersas por animais, sobretudo por pássaros e formigas, e, por vezes, por ventos fortes, o que leva à formação de focos de invasão dispersos e/ou afastados das áreas invadidas. A maioria acumula-se debaixo da árvore onde formam bancos de sementes numerosos, germinando intensivamente após a passagem do fogo (www.cabi.org).



Figura 15 – *Acacia dealbata*: (A) Hábitos; (B) Folha e flor, com sementes reunidas em capítulos; (C) Folhas perenes recompostas em pares de pínulas e folíolos.

Fotografia – Jorge Luis Oliveira Costa; Abril de 2014.

3.1.2 *Acacia melanoxylon*

Constitui numa árvore de até 15 metros com ritidoma castanho-escuro e folhas jovens (recompostas e reduzidas a filódios) e adultas (reduzidas a filódios laminares), além de flores amarelo-pálidas reunidas em capítulos de 10-12mm de diâmetro, com vagens castanho-avermelhadas comprimidas e contorcidas, e sementes rodeadas por funículo alaranjado, de floração de Fevereiro a Junho (Figura 16). Pertencente à família *Fabaceae* (*Leguminosae*), é denominada cientificamente de *Acacia melanoxylon* R. Br., possuindo as sinónimas *Acacia arcuata* Sprengel, *Acacia melanoxylon* R. Br. var. *arcuata* (Sprengel) Ser., *Acacia melanoxylon* R. Br. var. *obtusifolia* Ser., *Acacia melanoxylum* R. Br., *Mimosa melanoxylon* (R. Br.) Poiret, *Racosperma melanoxylon* (B.Br.) Mart., *Racosperma melanoxylon* (R. Br.) Pedley (www.cabi.org).

Conhecida como austrália, acácia-negra, ou acácia-austrália, possui semelhança a outras espécies do género, como a *Acacia cyclops* (espécie de 4m, com capítulos de flores amarelo-vivos e sementes envolvidas por funículo) e com a *Acacia longifolia* Andrews (Willd.) (há alguma semelhança mas a *A. longifolia* possui filódios lineares e flores reunidas em espigas amarelo-vivo). A introdução da *A. melanoxylon* em Portugal esteve ligada a fins ornamentais, fixação dos solos, e como espécie florestal. Entre os ambientes preferenciais para invasão, destaque para margens de vias de comunicação e linhas de água, orlas ou subcoberto de espaços florestais ou semiabertos, preferindo terrenos graníticos, além de tolerar a seca, ventos marítimos, locais poluídos e temperaturas altas (www.cabi.org).

Em Portugal Continental, assim como a *A. dealbata*, a *A. melanoxylon* é das espécies invasoras mais agressivas dos ecossistemas terrestres. Através de povoamentos densos, impede o desenvolvimento da vegetação nativa, diminuindo o fluxo de linhas de água, agravando a erosão. Entre as características do seu processo de invasão, destaque para sua folhada rica em azoto, que promove alteração do solo trazendo efeitos negativos ao desenvolvimento das espécies nativas. Entre os impactos da invasão da *A. melanoxylon*, destaque para a diminuição na produtividade biológica, além dos custos elevados na aplicação de metodologias para seu controlo.

No âmbito das formas de reprodução da *A. melanoxylon*, destaque para sua reprodução por via seminal, produzindo muitas sementes que se acumulam em bancos de sementes numerosos permanecendo viáveis no solo durante mais de 50 anos. As sementes são dispersas por aves, vento, água e mamíferos (as espécies de acácia possuem mecanismos para atração de animais), o que leva à formação de focos de invasão afastados das áreas de introdução e áreas core de intensa perturbação, germinando após abertura de corredores na paisagem e/ou ocorrência de fogo. A espécie também se reproduz por via vegetativa, formando rebentos vigorosos de raiz.

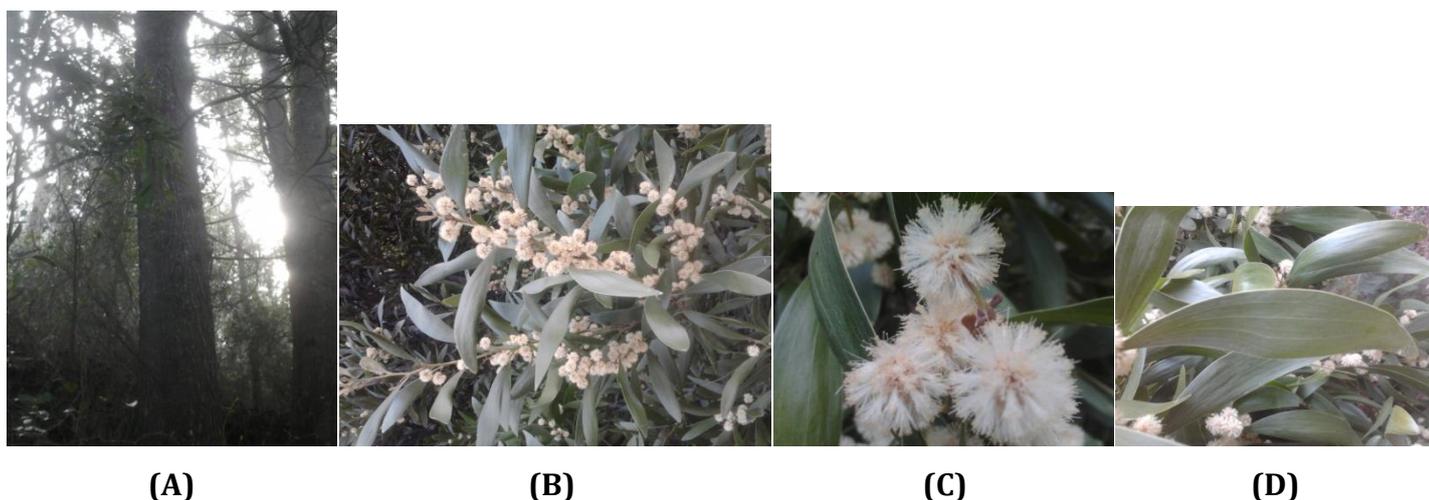


Figura 16 – *Acacia melanoxylon*: (A) Hábito (arbórea); (B) Folhas com flores amarelo-pálidas; (C) Flores reunidas em capítulos e sementes rodeadas por funículo alaranjado; (D) Folhas recompostas e reduzidas a filódios laminares.

Fotografia – Jorge Luis Oliveira Costa; Abril de 2014.

3.2 *Trabalhos de gabinete*

3.2.1 *Compilação da cartografia*

Os trabalhos de gabinete consistiram no levantamento e compilação da documentação bibliográfica e cartográfica disponíveis, que forneceram subsídios para a realização desta pesquisa. Foram usados os seguintes documentos cartográficos:

- Atlas da distribuição das Acácias e Eucaliptos, em escala de 1:100.000, do SROA, de 1978;
- folhas topográficas, em escala de 1:100.000, do Serviço Cartográfico do Exército, de 1950;
- Carta Agrícola e Florestal de Portugal, em escala de 1:25.000, do Atlas do Ambiente, de 1965;
- ortofotomapas e fotografias aéreas com resolução de 30m, de 1960;
- Imagem de satélite de alta resolução, com resolução de 30m, do ArcGIS 10.1, de 2011;
- Mapa Geológico e Litológico de Portugal, em escala de 1:500.000, de 1960;
- rede hidrográfica a partir das Cartas Militares de Portugal, escala 1:100.000, de 1947 e 1950;
- curvas de nível de 10/50m de equidistância, a partir das Cartas Militares de Portugal;
- grelha de 200x200m, numerada e sobreposta ao mapa-base da Bacia do Rio Arouce;
- mapas das ocorrências de incêndios, em escala de 1:100.000, disponíveis na base do ICNF.

3.2.1.1 *Elaboração dos mapas-base*

Foi elaborado o mapa de uso e ocupação do solo de 2011 para a Bacia do Rio Arouce, foram homogeneizados os produtos cartográficos no âmbito do uso do solo referentes a 1965 e 2011, foram mapeados os compartimentos da paisagem natural da bacia, assim como os graus de ocupação e sociabilidade das espécies invasoras *A. dealbata* e *A. melanoxylon*. A construção dos mapas-base foi feita através da integração dos dados obtidos por meio da fotointerpretação de imagens de satélite de alta resolução (extensão *Basemap* do software ArcGIS 10.1), e do uso das folhas topográficas e cartografias de uso do solo disponíveis (Carta Agrícola e Florestal de Portugal/1965, 1/25000).

A elaboração dos mapas-base constou de duas fases. Na primeira, através da fotointerpretação, foi montada uma base para reconhecimento preliminar da área de estudo, sendo delineados canais de drenagem, vias de comunicação (estradas, linhas de alta tensão e corta fogo), as formas de ocupação do solo e suas respectivas opções de uso: antrópicas (como os espaços urbanos, as áreas industriais e as áreas de culturas agrícolas), e naturais (como as zonas de florestas nativas, exóticas e áreas reflorestadas). Essa fase foi realizada antes da primeira etapa de campo, tendo sido importante para a identificação dos contextos das invasões de Acácia na área. Verificou-se que os vales e encostas formados pelas incisões de drenagem que erodiram as rochas do complexo xisto-grauváquico, apresentam densidade e cobertura significativa de Acácias invasoras, fato verificado sobretudo no setor intermédio da bacia. Por outro lado os topos dos vales e as planícies de formações rochosas da Orla Meso-Cenozóica, que não estão associadas diretamente ao acúmulo de sedimentos das encostas, apresentam reduzida e/ou pouca densidade e cobertura de Acácias invasoras. Durante a segunda fase da elaboração dos mapas-base, houve o reconhecimento e divisão da bacia em três unidades ambientais, e dos respectivos graus de ocupação e sociabilidade das espécies focais.

3.2.2 *Análise das mudanças nos usos do solo*

Para diagnóstico da história das invasões de Acácia, desde 1965 aos dias atuais, na Bacia do Rio Arouce, o estudo seguiu na escala de detalhe. Após determinadas as classes de uso do solo, calculadas suas áreas e interceptadas (extensão *Intersect* do software ArcGIS 10.1), procedeu-se com o diagnóstico da evolução espacio-temporal das grandes unidades de uso do solo com base nos mapeamentos para a série histórica considerada (Carta Agrícola e Florestal/1965 e *Basemap* do ArcGIS 10.1/2011). Com vistas a correlação espacial desses dados com as informações recolhidas em campo sobre a presença/abundância das espécies, o recorte temporo-espacial permitiu uma análise entre 1965-2011, atribuindo 39 classes de uso do solo para avaliação (ver tabela VI).

Tabela VI – Simbologia das classes usadas para análise das mudanças no uso do solo

	Nível 0	Nível 1	Nível 2
Nível generalista (Ng)	AS, AA, AF, AI	As, Ca, Cr, OIPm, Pn, Ec, Fof, Ac, In	
Nível detalhado (Nd)			Ud, Uc, Vc, Aiex, Ca, Cr, OIPm, Pm, Pna, Pnf, Eca, Ecf, Fofa, Foff, Ch, Carbab, Carbf, Ag, CrtFg, Lam, Aca, Acf, Aceca, Acecf, Acofa, Acoff

No que se refere a divisão Ng e Nd, esta esteve relacionada aos interesses do presente estudo, com vistas a avaliação das formas de uso e ocupação do solo na área da Bacia do Rio Arouce sob duas escalas de diferentes abordagens: *i*) uma primeira na escala generalista (Ng), para análise da evolução das grandes classes de uso do solo; *ii*) e uma outra na escala de detalhe (Nd), para avaliação da correlação do uso do solo com os dados de campo sobre a presença/abundância das espécies.

A análise generalista desenvolveu-se a partir da avaliação das mudanças nos tipos de uso do solo (níveis 0 e 1), segundo a série histórica 1965-2011. Foi avaliada a evolução dos grandes grupos de uso do solo, com análise específica das mudanças ocorridas nas áreas com acaciais. Para a análise de 1965 foi utilizada a Carta Agrícola e Florestal (1/25000), e para a análise de 2011 foi produzido mapa através de imagem de satélite da extensão *Basemap* do software ArcGIS 10.1.

3.2.2.1 *Categorização das opções de uso do solo*

A área de análise apresenta-se sob um mosaico de 26 tipos diferenciados de ocupação do solo (ver tabela VII), estando estes agrupados em 9 categorias (ver tabela VIII), que por sua vez podem ser compartimentadas em 4 grandes unidades. A sistematização proposta baseou-se na série 1965-2011, a partir das categorizações da Carta Agrícola e Florestal/1:25000. No que tange as opções de uso referentes a espaços com acacial, a área agrega 6 categorias diferenciadas, estando relacionadas a presença/abundância das espécies e a co-ocorrência com outras comunidades, representando as faixas territoriais da Bacia do Rio Arouce de comprometimento (alto-médio-baixo) à invasão.

A determinação desta sistemática permitiu conhecer, *a priori*, as limitações e adequações impostas pela natureza e pelas atividades humanas (uso e ocupação do solo) para o desenvolvimento de processos de invasões biológicas, e conseqüentemente, os graus de impactos na paisagem, que, seguindo tendência a nível nacional (Nunes *et al.*, 2007, 2010, 2011), a área vem sendo massivamente afetada pelo aumento nas invasões de *Acácia*, em oposição a redução da área ocupada por culturas tradicionais, como a cultura de sequeiro.

Tabela VII – Tipos de uso do solo ao nível detalhado (Nível 2 - Nd)

Usos do Solo (Nível 2 – Nd)	Simbologia	Usos do Solo (Nível 2 – Nd)	Simbologia
Urbano descontínuo	Ud	Floresta de outras folhosas fechada	Foff
Urbano contínuo	Uc	Comunidade herbácea	Ch
Vias de comunicação	Vc	Comunidade arbustiva aberta	Carbab
Áreas industriais	Aiex	Comunidade arbustiva fechada	Carbf
Culturas arvenses de sequeiro	Ca	Abandono agrícola	Ag
Culturas arvenses de regadio	Cr	Corte raso ou fogo	CrtFg
Olival + Pomar	OIPm	Linhas de água e margens	Lam
Pomar	Pm	Acacial aberto	Aca
Floresta de resinosas aberta	Pna	Acacial fechado	Acf
Floresta de resinosas fechada	Pnf	Acacial com eucalipto aberto	Aceca
Floresta de eucaliptos aberta	Eca	Acacial com eucalipto fechado	Acecf
Floresta de eucaliptos fechada	Ecf	Acacial com outras folhosas aberto	Acofa
Floresta de outras folhosas aberta	Fofa	Acacial com outras folhosas fechado	Acoff

Tabela VIII – Classificação dos tipos de uso do solo segundo o nível de análise generalista (Nível 1 - Ng) e detalhada (Nível 2 - Nd)

Tipos de usos do solo ao nível generalista (N1 - Ng)		Tipos de usos do solo do N1 correspondentes nível detalhado (N2 - Nd)
Denominação	Símbolo	
Área social	As	Ud; Uc; Vc; Aiex
Culturas arvenses de sequeiro	Ca	Ca
Culturas arvenses de regadio	Cr	Cr
Olival + Pomar	OIPm	OIPm; Pm
Floresta de resinosas	Pn	Pna; Pnf
Floresta de eucaliptos	Ec	Eca; Ecf
Floresta de outras folhosas	Fof	Fofa; Foff
Incultos	In	Ch; Carbab; Carbf; Ag; CrtFg; Lam
Acacial	Ac	Aca; Acf; Aceca; Acecf; Acofa; Acoff

3.3 Trabalhos de campo

3.3.1 Recolha da presença/abundância das espécies

Foram realizadas 4 etapas de campo, durante 15 dias. Dados sobre a estrutura da paisagem e a presença/abundância das espécies foram coletados nos meses de Fevereiro, Março, Abril e Maio na época de floração das espécies *A. dealbata* e *A. melanoxylon*, compreendendo o período entre o inverno/primavera de 2014, com recurso a equipamento GPS. A área de estudo foi amplamente percorrida, para inspeção dos compartimentos naturais da paisagem, e principalmente dos graus de ocupação e sociabilidade das espécies focais. Percorreram-se os topos das montanhas nas áreas das cabeceiras do Rio Arouce, os vales secos intermitentes do setor intermédio da bacia e suas encostas, além dos barrancos e planícies das margens do Rio Arouce.

Em vários tipos de uso do solo, nomeadamente vias de comunicação como estradas, linhas de alta tensão e linhas de corta fogo, áreas incendiadas, zonas de florestas nativas e não nativas, áreas reflorestadas, linhas de água, zonas de culturas agrícolas e agroflorestais, áreas sociais (espaços urbanos contínuos e descontínuos), foram levantadas seções invadidas e coletadas amostras para que se fizesse identificação das espécies, assim como análises da estrutura da paisagem e do contexto das invasões. Todas as seções foram georreferenciadas, através do *Global Positioning System (GPS)*. A figura 17 constitui no mapa dos pontos amostrados, trazendo localizações geográficas em UTM, compartimentação das opções de uso do solo, limites e localização geográfica da área de estudo, imagem orbital de alta resolução, além de interferências sobre a densidade e cobertura das espécies, os contextos das invasões, bem como as prováveis origens da introdução das espécies amostradas.

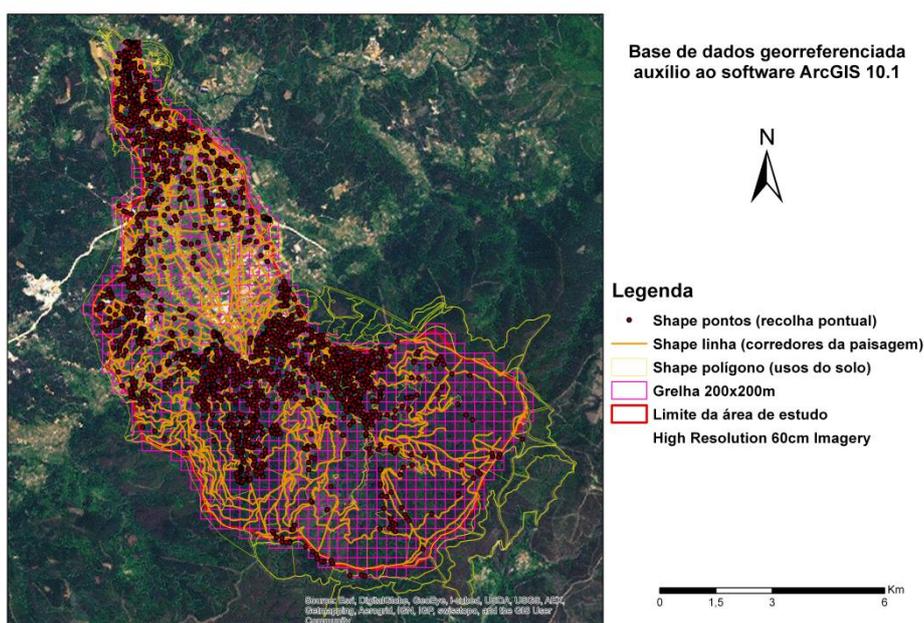


Figura 17 – Base de dados georreferenciada em ambiente SIG

3.4 *Análise estatística*

3.4.1 *Obtenção de parâmetros estatísticos*

Os valores obtidos em quantidade de indivíduos para cada seção visitada foram submetidos a tratamentos estatísticos, calculado os graus de ocupação e sociabilidade das espécies focais para análise da distribuição atual e contextos das invasões por *Acácia* na Bacia do Rio Arouce. Para a classificação dos graus de densidade e cobertura das áreas com espécies invasoras, inicialmente foi elaborada uma grelha em SIG com quadrículas de 200x200m (quadrículas numeradas e sobrepostas a toda a área de amostragem), além de um sistema de pontos em ambiente SIG, e posteriormente em campo foram recolhidas informações sobre a presença/ausência/abundância das espécies por quadrícula da grelha, admitindo parâmetros estatísticos qualitativos e quantitativos em escala ordinal, relacionados a ocupação do território, e graus de sociabilidade das populações exóticas/invasoras.

Para classificação do grau de seleção na grelha de 200x200m, para efeito da avaliação do *grau de ocupação* das espécies, foi utilizado parâmetro quantitativo (<5%; 5-25%; 25-50%; 50-75%; >75%) em escala ordinal (1-5), como pode ser visualizado na tabela IX.

Tabela IX – Escala quantitativa para descrição do grau de ocupação das espécies invasoras

Parâmetros estatísticos – grau de ocupação das espécies	
Escala ordinal	Parâmetro quantitativo
1	<5%
2	5-25%
3	25-50%
4	50-75%
5	>75%

Para classificação do grau de seleção no sistema de pontos, para efeito da avaliação do *grau de sociabilidade* das espécies, foi utilizado parâmetro qualitativo (*indivíduos isolados, pequenas manchas, grandes manchas*), em escala ordinal (1-3), que pode ser visualizado na tabela X.

Tabela X – Escala qualitativa para descrição do grau de sociabilidade das espécies invasoras

Parâmetros estatísticos – grau de sociabilidade das espécies	
Escala ordinal	Parâmetro qualitativo
1	Indivíduos isolados
2	Pequenas manchas
3	Grandes manchas

Nessa sequência, no sentido de avaliar se os graus de ocupação e sociabilidade obtidos apontavam para a existência de uma estrutura aleatória na distribuição das espécies, ou indicavam a ocorrência de um padrão associado ao condicionamento por parte de algum fator, para efeito da avaliação do *padrão de distribuição* das espécies, foi aplicado o *Índice de Moran's I* (ver tabela XI).

Tabela XI – Índice estatístico para estimativa do padrão de distribuição das espécies invasoras

Parâmetros estatísticos – padrões de distribuição das espécies	
Índice de Moran's I	$I = \frac{n}{W} \left(\frac{\sum_i \sum_j W_{ij} Z_i Z_j}{\sum_i Z_i^2} \right)$

Uma vez que o índice obtido indicou a existência de uma distribuição não aleatória, procurou-se identificar quais possíveis fatores poderiam estar envolvidos neste resultado. No sentido de verificar se as *opções de uso e ocupação do solo*, relativas a estrutura e complexidade da paisagem, apresentavam alguma influência neste contexto, foi aplicado o *Coefficiente de Correlação de Spearmann*, entre os dados de gabinete advindos da análise das mudanças do uso do solo, e os dados de campo advindos da recolha de informações sobre a presença/abundância das Acácias (ver tabela XII).

Tabela XII – Índice estatístico para correlação dos dados do uso do solo com o contexto da invasão

Parâmetros estatísticos – opções de uso e ocupação do solo	
Coefficiente de Spearmann	$\rho = 1 - 6 \sum d_i^2 / (n^2 - n)$

Contudo, uma vez que os resultados da análise da influência das opções de uso do solo nos padrões de distribuição das espécies não apresentaram resultados significativos, foi realizada avaliação específica da influência dos *corredores da paisagem*. Neste sentido, foram avaliadas as taxas da presença/abundância das espécies para as vias de comunicação (corredores antrópicos) e para as linhas de água (corredores naturais). Foram produzidos *buffers* (extensão *buffer* do ArcGIS 10.1) e calculados as áreas e a quantidade de pontos dentro e fora do raio de influência dos *buffers*, com cálculo de dois parâmetros estatísticos importantes: i) *Índice de Densidade (Id)*: nº pontos coletados/área; ii) *Índice de Cobertura (Ic)*: total de cobertura dos pontos/área (ver tabela XIII).

Tabela XIII – Índices quantitativos para correlação dos dados dos corredores com o contexto da invasão

Parâmetros estatísticos – corredores da paisagem	
Índice de densidade (Id)	Nº de pontos coletados dentro/fora do buffer ÷ área dentro/fora do buffer
Índice de cobertura (Ic)	Total de cobertura dos pontos dentro/fora do buffer ÷ área dentro/fora do buffer

Ainda no âmbito da correlação com os corredores da paisagem, salienta o fato que foram identificados e levantados todos os corredores naturais (linhas de água) e todos os corredores de origem humana (linhas de alta tensão, estradas, linhas de corta fogo). Nesta análise foram consideradas somente as áreas da Bacia do Rio Arouce localizadas nas proximidades destes corredores (extensão dos *buffers*), admitindo, nomeadamente, a extensão de 15 metros para cada lado dos corredores de origem humana, e 25 metros para cada lado dos corredores de origem natural. Os corredores da paisagem da Bacia do Arouce foram categorizados segundo os dados da tabela XIV.

Tabela XIV – Classes propostas para categorização dos corredores da paisagem

Corredores naturais (Cn)		Corredores antrópicos (Ca)	
4lam	linhas de água e margens	1u	vias principais em meio urbano
1	linha de água de segunda ordem (afluentes do curso principal)	1r	vias principais em meio rural
		2u	vias secundárias em meio urbano
2	linhas de água de primeira ordem (curso principal)	2r	vias secundárias em meio rural
		3cf	caminhos de fogo

O cruzamento dos dados obtidos em gabinete no âmbito da estrutura da paisagem e mudanças nas opções de uso do solo, com as informações recolhidas em campo no âmbito das taxas da presença/abundância das espécies focais, com os dados da análise estatística no âmbito dos graus de ocupação e sociabilidade das espécies, dos padrões de distribuição, e da influência dos corredores da paisagem no processo da invasão, subsidiou a avaliação dos *contextos das invasões*. Para isso, dada a variedade nos valores obtidos para o conjunto dos aspectos analisados, foi proposta uma agregação de modo a facilitar a avaliação conjunta e, conseqüentemente, a correlação dos dados obtidos. Foram selecionados os valores de percentagem de cada classe de uso do solo (nível 2) pela área da célula ocupada na grelha, sendo convertidos em escala ordinal (ver tabela XV). O tratamento estatístico dos valores obtidos foi feito com auxílio ao programa *Statistical Package for the Social Sciences*.

Tabela XV – Escala quantitativa para descrição dos contextos das invasões na área de estudo

Parâmetros estatísticos – contextos das invasões na área de estudo	
Escala ordinal	Parâmetro quantitativo
1	0-5
2	5-25
3	25-50
4	50-75
5	75-100

CAPÍTULO 4

BASE TEÓRICO-CONCEITUAL

O entendimento da contemporaneidade na relação seres vivos/habitat é um dos objetivos da moderna ecologia das invasões. O desenvolvimento de perturbações e seus efeitos no ambiente, alterando a dinâmica e vulnerabilidade, é um dos enfoques desta tese. Neste sentido, é importante, a partir da presente base teórico-conceitual, uma visão geral de aspectos fundamentais no âmbito da formação/evolução da ecologia da invasão, das terminologias e conceituações, dos modelos em invasão biológica, além de Portugal no âmbito do tema (estudos, mapeamento, gestão).

4.1 Invasão biológica: um enquadramento teórico

4.1.1 Formação e evolução do campo de estudos da Ecologia das Invasões

A abordagem do presente tópico baseia-se no trabalho de Davis (2006), que produz um recorte temporal de quatro momentos importantes na formação/evolução do campo da ecologia das invasões: 1960 – 1970 - 1980 – 1990/2005.

Um dos primeiros relatos de investigações surgiu em 1882, numa publicação sobre a invasão na Jamaica por *Mangifera indica* (Espínola *et. al.*, 2007). Em 1958 os estudos adquirem projeção com Charles Elton, responsável pela promoção da ecologia da invasão como disciplina. Na obra *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*, Elton relaciona o intercâmbio climático ocorrido no Pleistoceno com a invasão, lançando duas correntes no âmbito do conceito, uma relacionada às características das invasoras e outra ao habitat. De Elton aos dias atuais, tem-se observado significativo avanço na ciência, amparado, sobretudo, pela evolução tecnológica corrente.

Na década de 1960 ocorreu a primeira grande discussão sobre o tema, em evento realizado na Califórnia pela International Union of Biological Sciences (1964). O simpósio reuniu vários especialistas, incluindo pioneiros nos estudos de controlo de pestes, que se juntaram para debater sobre as mudanças evolucionárias quando da introdução de organismos em novos territórios. Os resultados foram publicados no clássico *The Genetics of Colonizing Species*, de Baker & Stebbins de 1965, com autores renomados de vários países (Mayr, Stebbins, Dobzhansky, Wilson, Carson, Lewontin, Waddington). Discutindo temas ligados a colonização de áreas por espécies introduzidas (dispersão, assistência humana, tipos de colonização, processos ecológicos) e questões genéticas envolvendo desde plantas à mamíferos, os especialistas adotaram linguagem que em nada se assemelha a usada na atualidade (Davis, 2006).

Termos como ‘colonizers’, ‘founding populations’, ‘introduced’, ‘non-native’, ‘new arrivals’, ‘migration’, ‘spread’, ‘geographically widespread’, eram preferíveis aos atuais ‘alien’, ‘exotic’, ‘invader’, ‘invasion’, em oposição ao estilo efusivo adotado por Charles Elton em 1958, caracterizado pelo uso de metáforas e analogias, além de explícitas referências militares.

Além de se oporem ao estilo conceptual, os participantes do simpósio de 1964 contrastaram também com a linha de investigação adotada por Elton, na medida em que não consideravam as implicações da conservação sob qualquer natureza dos estudos de invasão. Suas perspectivas eram evolucionárias e ecológicas, dentro do tema da colonização exótica. Assim, dos 27 capítulos e 562 páginas do livro publicado no simpósio, a obra de Elton é citada três vezes, por Birch, Mayr e Wilson, tamanha a oposição dos envolvidos com a perspectiva de Elton (Davis, 2006).

Até a data das publicações do simpósio e da obra de Elton, a invasão não atraía a atenção dos pesquisadores. A publicação de *MacArthur & Wilson* em 1963 sobre a *Biogeografia de Ilhas* foi um importante incentivador, na medida em que alertou para a chegada de espécies em comunidades residentes. Mesmo assim, até 1960 o tema das invasões ainda era de pouco interesse, especialmente na América do Norte. Austrália, África do Sul, Nova Zelândia e Europa destacavam-se.

A década de 1970 é marcada pelo forte investimento americano no campo da ecologia da invasão, onde, entre outras ações, foi criado o *SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment)* comitê estabelecido pela International Council of Scientific Unions.

Também nessa década a *conservação biológica* emerge como disciplina científica, onde ecologistas de todo o mundo aderem aos estudos de espécies introduzidas numa perspectiva conservacionista. É também em 1970 que o importante jornal *Biological Conservation* publica seus primeiros artigos, alertando para a preocupação com espécies introduzidas.

Contudo, publicações em invasão biológica só são facilmente encontradas a partir de 1970, até esse período ainda são muito raras, com início de uma maior frequência da aparição de Elton na literatura especializada. Embora na década de 1970 tenha havido ênfase nos estudos e publicações, o período agravou aspectos como a coordenação e comunicação entre investigadores e a infraestrutura do suporte teórico do campo da *Ecologia das Invasões*, tendo em 1970 ainda não emergido como área própria de pesquisa especializada (Davis, 2006).

Na década de 1980 a dinâmica muda, com o número de publicações em ecologia da invasão aumentando consideravelmente. O foco também muda, e na Europa, por exemplo, os estudos inclinam-se para ecologia da flora urbana.

Os nomes *Richard Mack, Daniel Simberloff, Brown & Marshall, Moulton & Pimm* aparecem com recorrência em 1980, mostrando a imponência americana sobre o tema, ainda influenciados pelas contribuições do simpósio de 1960.

A conexão com o tema da conservação continua a crescer em 1980. Entre as mais importantes publicações dessa década, destaque para o trabalho de *Willian Jordan III* (University of Wisconsin), denominado *Restoration and Management Notes* (publicado atualmente como *Ecological Restoration*), marcando o começo das preocupações com a restauração dos habitats na América do Norte (Davis, 2006).

Até a metade de 1980, mais ecologistas da invasão aderem a perspectiva de um campo de estudos. Entretanto, esse campo ainda encontrava-se inconsolidado. A realização em 1980 da *Third International Conference on Mediterranean Ecosystems*, em Stellenbosch (África do Sul) foi fundamental para a consolidação. Nessa reunião foi enviada proposta ao SCOPE (Ottawa 1982), para criação de comitê de divisão científica com foco nos impactos de invasões biológicas, seguindo a escola de Elton (conservação), e com apoio de especialistas de todo o mundo.

Desse modo, nas décadas seguintes 1990 e 2000, a ecologia das invasões torna-se uma popular área de pesquisa, com destaque para a dominância da Europa, com países como a República Tcheca de longa tradição nos estudos de invasão. Entre alguns especialistas do continente, destaque para *Petr Pysek* e *Karel Prach* (República Tcheca), *Ingo Kowarik* e *Uwe Starfinger* (Alemanha), *Mark Williamson*, *Max Wade* e *Lois Child* (Reino Unido), *Giuseppi Brundu* (Itália) e *John Brock* e *Marcel Rejmanek* (Estados Unidos) (Davis, 2006).

Surgem incontáveis publicações no período, entre livros e artigos, alguns importantes fundamentando o campo de estudo da ecologia da invasão, com teoria e metodologia. Entre eles destaque para o livro de *Williamson* (*Biological Invasions* de 1996), com uma síntese do campo da ecologia da invasão e da teoria envolvida, além da obra dos ecologistas japoneses *Shigesada* e *Kawasaki* (*Biological Invasions: Theory and Practice* de 1997), contemplando modelos matemáticos de dispersão das espécies. Com a evolução dos estudos na década de 1990 muitos pesquisadores passaram a defender a hipótese da pequena diferença existente entre os traços de invasoras e os traços de espécies não nativas, creditadas a sua dependência aos fatores que contribuem para a susceptibilidade do ambiente à invasão.

Na década de 1990 são organizados jornais de pesquisa, como o *Diversity and Distributions* de 1998, que tem com editor-chefe o especialista em ecologia de invasões *David Richardson*. Destaque também para o *Biological Invasions*, fundado em 1999 por *James T. Carlton*, e que tem como editor-chefe *James A. Drake*.

No final de 1990, há a institucionalização da área, com estabelecimento de iniciativas internacionais, como a criação do *Global Invasive Species Programme (GISP)*, e da publicação do *Guidelines for the Preventions of Biodiversity Loss Caused By Alien Invasive Species* pela IUCN (The World Conservation Union).

4.1.2 *Espécies Exóticas Invasoras (EEI): introdução-estabelecimento-expansão*

As primeiras preocupações num estudo de espécies invasoras são, antes de tudo, com os conceitos utilizados (Rejmánek, 1999, *apud* Espínola *et al.*, 2007). Isso porque o campo de estudos da ecologia da invasão está marcado por uma ‘*confusão semântica generalizada*’ (Vilà *et al.*, 2008), a exemplo dos termos para distribuição original (=nativa; =autóctona; =indígena) e para distribuição fora da área natural (=introduzida; =exótica; =alóctona; =não nativa; =importada).

Há, pelo menos, quatro formas de introdução, onde as espécies exóticas podem causar benefícios/malefícios, em oposição à ideia de que todas são maléficas. A primeira forma está associada a introdução de plantas ornamentais. Neste caso, ao se estabelecerem e reproduzir-se sem intervenção humana, produzem populações cuja persistência depende de zonas antropizadas (=advéncias; =subespontâneas; =casuais). A segunda forma ocorre quando, ao contrário das advéncias, as espécies exóticas são capazes de formar populações autônomas no local da introdução (=naturalizadas; =estabelecidas). A terceira forma refere-se as espécies naturalizadas que rapidamente se expandem para longe do foco da introdução com populações estáveis que integram numerosos indivíduos (=invasoras). A quarta forma ocorre quando os taxa naturalizados são capazes de alterar os ecossistemas, com danos em infraestruturas, no desaparecimento de novas espécies, na troca do ciclo de nutrientes e na transmissão de doenças (=pestes; =transformadoras; =pragas) (Richardson e Pyšek *et al.*, 2011).

Estas quatro formas estão inseridas numa sequência de três etapas: 1º **introdução** (movimentação de espécies potencialmente invasoras pelo homem para outro ecossistema onde não são encontradas); 2º **estabelecimento** (processo em que uma espécie exótica se estabelece num habitat produzindo com êxito indivíduos viáveis conforme a probabilidade de sobrevivência); 3º **expansão** (disseminação e alcance por parte das espécies exóticas nos novos espaços recetores). Quando o estabelecimento de espécies exóticas passam a provocar mudanças no funcionamento do ecossistema das quais este não consegue se recuperar naturalmente, tem início o processo de *contaminação biológica*. No âmbito das variáveis que potencializam o sucesso do estabelecimento e expansão de uma exótica, tem-se o conceito de *capacidade invasora*. No âmbito dos aspectos que caracterizam a fragilidade do ambiente a recetividade de espécies exóticas, em dependência de seus caracteres físicos, está o conceito de *suscetibilidade à invasão* (Ziller, 2000).

A transferência de seres vivos entre territórios mais ou menos distantes, associada as atividades humanas, existe desde a Antiguidade, no fluxo entre o oriente (Babilônia e Egito) e o ocidente. Teve início em associação à expansão da agricultura, tendo-se intensificado com a colonização dos continentes, americano e da Oceania, e ainda devido à abertura das rotas comerciais

marítimas (García-Berthou *et al.*, 2008). O fluxo entre o Novo e o Velho Mundo proporcionou uma conexão intercontinental, com criação de Jardins de Aclimação na Europa e na América para viabilidade do cultivo. Na Europa classificam-se as introduções exóticas em antes e depois de 1500 (Arqueófitos/Neófitos) (Vilà *et al.*, 2008).

O aumento da mobilidade de pessoas à escala mundial, a intensificação do comércio, a alteração dos ecossistemas, o controle biológico e a exploração agrícola têm contribuído decisivamente para acelerar a chegada/introdução de organismos exóticos (Vilà *et al.*, 2008). Henderson *et al.* (2006) salientam que a recente redistribuição da biota é resultado de uma maior e mais rica globalização da população (figura 18).



Figura 18 – Causas indiretas e causas diretas para o aumento das oportunidades nas introduções de espécies de plantas fora do seu alcance evolucionário.

Fonte – Adaptado de Henderson *et al.* (2006). Organizado pelo autor.

A chegada de exóticas a um novo ambiente pode acontecer pela ação humana deliberada (através da agricultura e horticultura, por exemplo) ou acidentalmente (materiais de embalagem, vestuário, incluídas em sementes agrícolas). Por isso, numa investigação sobre introdução são consideradas: as causas do transporte e de introdução, que podem ser acidentais (aquém da vontade humana mas com sua participação, caso do fluxo de turistas), e intencionadas (feita de modo legal para fim determinado), de onde procedem (rotas de introdução), por onde se introduzem, e quais os meios de transporte (vetores a meios físicos) (García-Berthou *et al.*, 2008).

Plantas deliberadamente transportadas são frequentemente selecionadas pela sustentabilidade ao clima e as condições do solo da área de destino, e quando introduzidas são considerados os efeitos que a fazem sobreviver e reproduzir-se. A falta de informação sobre o número de introduções fracassadas em detrimento de informações detalhadas relativas as introduções que levaram ao sucesso da invasão, impedem o entendimento dos fatores que controlam o processo. Entretanto, no

caso em que os detalhes da introdução são conhecidos, duas certezas têm emergido. Primeiramente, o sucesso do estabelecimento está de perto correlacionado com a pressão do propágulo, numa combinação do número de vezes e locais em que a espécie é introduzida, e o número de indivíduos em cada introdução. Segundo, somente cerca de 10% das espécies importadas se naturalizam, e destas espécies somente cerca de 10% penetram no habitat tornando-se invasoras (*The Tens Rule*).

Uma vez estabilizadas, espécies não nativas podem tornar-se relativamente benignas. Espécies com maior plasticidade genética e fenotípica podem ser mais favoráveis à propagação, devido o aumento das possibilidades de eventual superação do deficit de aptidão. Invasões bem-sucedidas têm habilidade de relocalizar recursos da biomassa, acumulação que pode contribuir para reforçar as suas habilidades competitivas em relação às espécies nativas (Henderson *et al.*, 2006). Associações interespecíficas também podem facilitar a propagação da invasão. Embora a correlação entre espécies nativas e exóticas possuidoras de *vesicular arbuscular mycorrhizae* (VAM) possa explicar fatores promovedores do potencial invasor, esta não se verifica sempre. Embora a dispersão possa desempenhar um papel central na taxa de propagação, as condições do território de chegada são fundamentais para o sucesso da invasão. Enquanto que em ambientes áridos desarborizados a dispersão pelo vento é importante, a dispersão por passáros é frequentemente mais importante em ambientes florestais, assim como a dispersão por vertebrados (Henderson *et al.*, 2006).

Fatores que contenham ou limitem a propagação incluem a evolução de espécies nativas em competidoras, pestes ou predadoras de espécies não nativas. Como alternativa, uma peste eficaz ou competidor pode eventualmente ser introduzida. A transição de uma adição benigna para invasor dominante é por vezes caracterizada por uma aparente *timelag*. São identificadas duas categorias de fatores associados com o lançamento de um invasor potencial: *i*) intrínseco a espécie, como a taxa de aumento da população; *ii*) extrínseco à espécie, relativo as condições do ambiente receptor.

Três destaques numa *timelag* aparente: 1) populações de crescimento lento não são notadas nos primeiros estádios do crescimento exponencial, 2) ocorrência eventual de adaptação genotípica; 3) distúrbios cíclicos ou combinações das condições ambientais lançam as espécies introduzidas da *obscuridade relativa* (Henderson *et al.*, 2006).

Embora os mecanismos estejam obscuros, defasagens podem ser menores, em média, nos trópicos mais que nas altas latitudes. Há quatro princípios gerais: 1) a precisa determinação da duração da *timelag* é complicada pelas dificuldades no conhecimento de quando uma espécie foi originalmente introduzida, 2) dados do comportamento de uma espécie em um dado local são um pobre preditor do seu potencial invasor, 3) ambos os fatores ecológicos e genéticos podem produzir repentina explosão da população, 4) as maiores populações iniciais estão correlacionadas com uma maior probabilidade do atraso da *timelag* (Henderson *et al.*, 2006).

4.1.3 Processos de formação, modelos e impactos em invasão biológica

As invasões biológicas ocorrem quando num ambiente são introduzidas espécies exóticas, que ao transporem os filtros naturais através da intervenção humana, se estabelecem mantendo populações autónomas ao longo do tempo (IUCN, 1999). Salienta-se a regra acerca das condições para ser espécie invasora: em menos de 50 anos se estabelecer a 100 metros do foco de entrada (espécies com reprodução por semente), ou a mais de 6 metros em 3 anos (espécies com reprodução por rizomas ou estolões) (Vilà *et al.*, 2008).

Introduções em espaços naturalizados (adventícia-naturalizada-invasora-pestes) junto as etapas para sucesso do processo (introdução-estabelecimento-expansão), obedecem a uma sequência de fases ligadas a atributos relacionados a velocidade da dispersão (gráfico 3). O intervalo entre as etapas segue um padrão, em que estas podem falhar acarretando no não estabelecimento, na extinção, ou tornando espécies exóticas não invasoras.

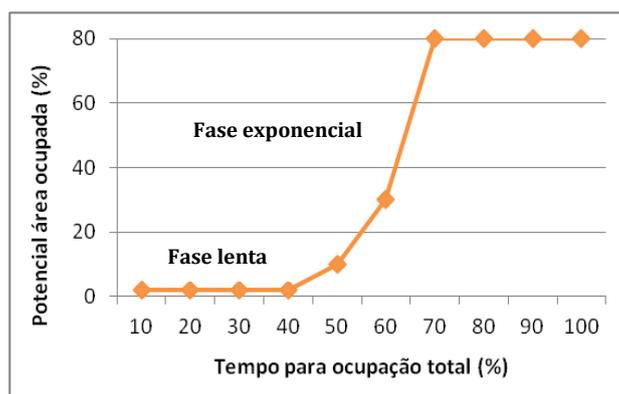


Gráfico 3 – Etapas para sucesso da invasão.

Fonte – Adaptado de Espínola *et al.* (2007). Organizado pelo autor.

A sequência no âmbito da ecologia das invasões - *introdução-estabelecimento-expansão* - é provavelmente passível de mudança, onde uma espécie exótica, não invasora por falha do processo, pode tornar-se espécie invasora após mudanças no clima ou por repetidas introduções, por exemplo. O sucesso das etapas acarreta na modificação dos ecossistemas com exclusão de espécies nativas, e como consequência o fenômeno da *homogeneização biótica* (Espínola *et al.*, 2007).

Nesse sentido, é admitida para as quatro formas de introdução biológica uma hierarquia, partindo do pressuposto de que nem toda espécie introduzida passa a naturalizada, nem toda espécie naturalizada se torna espécie invasora, e não existe uma proporção constante de espécies que passem de um estágio a outro (Vilà *et al.*, 2008).

Para a mensuração, foi estabelecida a Regra dos 10% (*The Tens Rule*), onde a percentagem de espécies introduzidas que se tornam invasoras é de apenas 0,1%, já que 10% das introduzidas passam a subespontâneas, 10% naturalizam-se, 10% destas tornam-se invasoras, e 10% das invasoras tornam-se pestes ou pragas (figura 19).

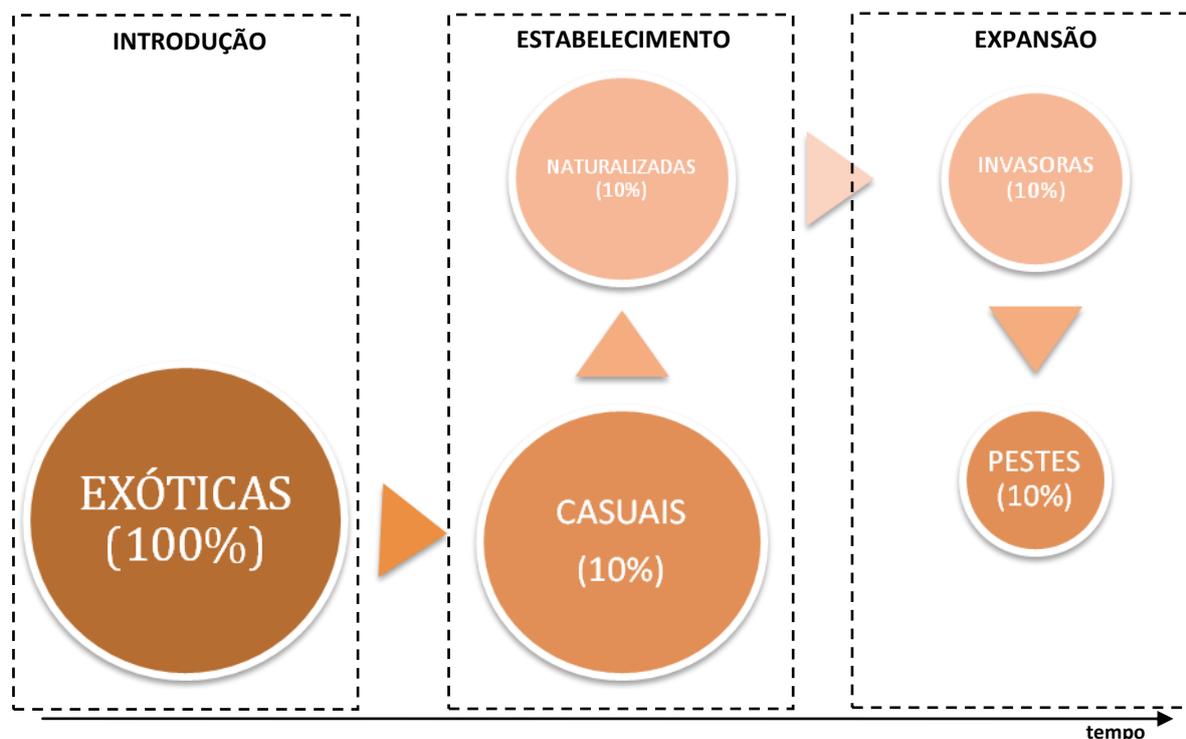


Figura 19 – Regra dos 10% em invasão biológica (*The Tens Rule*)

Fonte – Baseado em diversos autores. Organizado pelo autor.

Há dificuldades na regra, principalmente quando se sabe que a identidade da espécie, as características do ecossistema receptor e a frequência de introduções devem ser rigorosamente analisadas neste diagnóstico. De modo resumido, a Regra dos 10% em ecologia das invasões representa o processo de invasão como o fenômeno progressivo da introdução-estabelecimento-expansão de espécies exóticas. O estágio de transição da sequência procede do significado de dispersão da espécie e fatores ambientais, tais como homogeneidade, especialmente quanto à estrutura espacial do recurso disponível e perturbação (Henderson *et al.*, 2006) (figura 20).

Os dois mais básicos modelos de dispersão são: dispersão difusa (baixa expansão ao longo de uma frente de invasão) e dispersão pontual (expansão com distância da população parental). O primeiro modelo ocorre em espécies com habilidade de dispersão limitada, e em áreas relativamente homogeneizadas. O último padrão é mais comum em espécies que tem habilidade de dispersão extensa ou que são encontradas em ambientes heterogêneos (Henderson *et al.*, 2006).

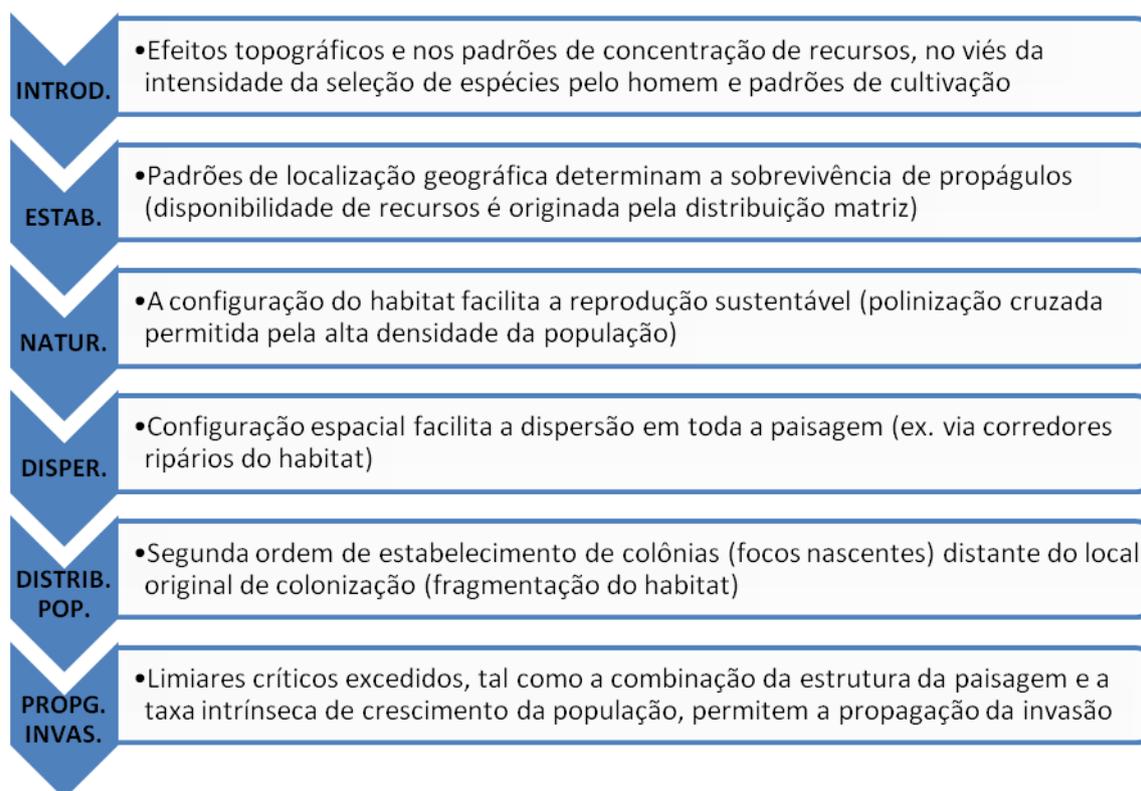


Figura 20 – Relações entre a estrutura da paisagem e o estágio da invasão por exóticas.

Fonte – Adaptado de Henderson *et al.*, 2006. Organizado pelo autor.

Impactos por plantas invasoras e fatores ambientais que permitem a invasão estão de perto ligados frequentemente a um positivo laço feedback. Distúrbios podem permitir uma invasão, que pode causar mais distúrbios, que podem facilitar uma invasão adicional. Impactos têm sido notados em todos os níveis de organização biológica e são causados por plantas não nativas de todas as formas de vida em praticamente todos os tipos de habitat (Henderson *et al.*, 2006) (figura 21). Depois da extinção, o mais significativo impacto envolve modificações no funcionamento do ecossistema. Embora a reintrodução de espécies com restauração de comunidades possa ajudar na remoção da invasão ou controle, voltar ao contexto anterior é praticamente impossível.

Quanto aos ambientes invadidos, alguns dos mais frequentes e citados preditores gerais da vulnerabilidade incluem latitude, água disponível, relevo e intervenção humana. Ilhas são mais invasivas que continentes, zonas temperadas mais que os trópicos, zonas húmidas mais que zonas áridas, o Novo Mundo mais que o Velho Mundo, e áreas perturbadas mais que áreas intactas. Há excessões à regra, como no caso da aparente desproporcionalidade da invasibilidade em ecossistemas de clima mediterrâneo não europeu, tal como África do Sul, Califórnia e Sudeste da Austrália, comparados com o mediterrâneo. Esta excessão tem sido atribuída à longa história humana e cultural da agricultura no mediterrâneo (Henderson *et al.*, 2006).

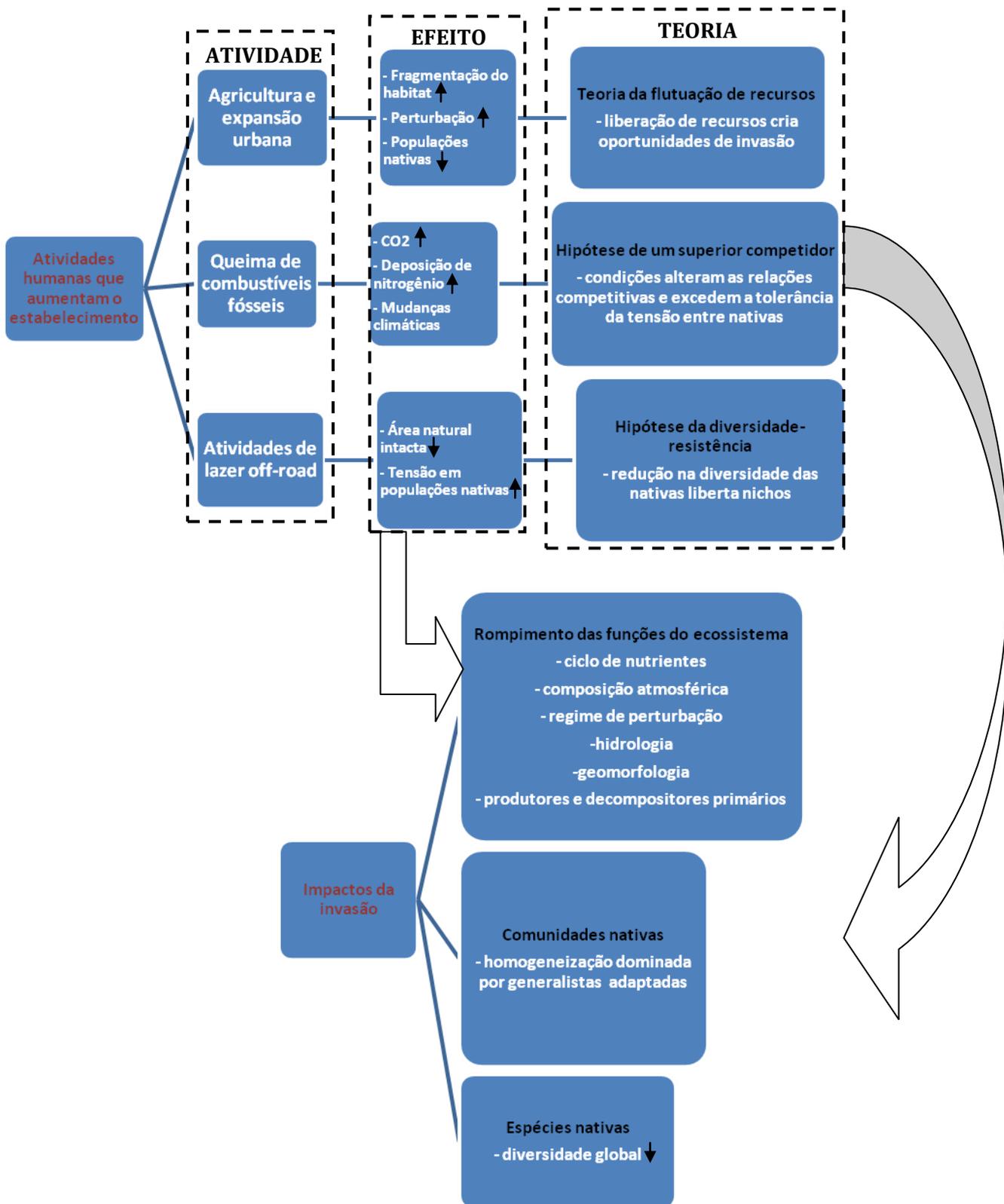


Figura 21 – Modelo conceptual das relações entre atividades humanas, estádios de invasão e o feedback que pode resultar dos seus impactos.

Fonte – Adaptado de Henderson *et al.*, 2006. Organizado pelo autor.

4.2 Género *Acacia*: modelo global da translocação de espécies vegetais

4.2.1 A importância das Acácias para a Ciência da Invasão

Os géneros *Acacia* Mill., *Eucalyptus* L'Hér. e *Pinus* L. representam os três géneros de árvores do mundo com maiores taxas de plantação para fora de sua distribuição nativa, além de se destacarem na representação em listas globais de espécies exóticas/invasoras, assim como nos investimentos na investigação dos seus processos (Richardson *et al.*, 2011). A origem da científica descrição taxonômica das Acácias, é de 1754 estabelecida conforme proposta de P. Miller.

Durante séculos a Acácia tem sido plantada fora de sua região natural, onde variadas espécies do género assumem comportamento diferente quando não nativas, mesmo sob condições similares. Hoje, diversas paisagens ao redor do mundo estão dominadas por plantações de Acácia. Algumas estão entre as maiores dispersoras de todas as plantas invasoras, outras são somente não nativas, e há aquelas que não se sabe se são invasoras. A percepção humana sobre as Acácias australianas difere entre as regiões do mundo, o que implica em diferentes formas de manejo e gestão, conforme as legislações, políticas ambientais, fatores culturais e sociopolíticos.

Richardson *et al.* (2011) explicam que a longa história de transferência de Acácias australianas pelo mundo implicou na criação de um modelo experimental global considerando as oportunidades dos fatores que a influenciam: 1) as vias com que as espécies são introduzidas tem sido correlacionadas as características dos ecossistemas, ao valor dos sistemas (energia, climatologia), e como tem sido as trocas nos últimos períodos sob diferentes circunstâncias; 2) porque as espécies têm mostrado diferentes graus de potencial invasor em novos ambientes; 3) porque certos ecossistemas são mais susceptíveis à invasão que outros; 4) a função das Acácias no ecossistema receptor e a sua capacidade para alterar os serviços deste ecossistema; 5) os fatores que influenciam na evolução da resposta do ambiente em diferentes regiões do mundo. A múltipla dimensão deste modelo tem proporcionado os aportes teóricos e metodológicos, além das prioridades, para a *Ciência da Invasão*, sobretudo por ajudar no campo da *conservação biogeográfica*, com princípios, teorias, e análise dos problemas ligados à conservação da biodiversidade (Richardson *et al.*, 2011).

O género possui como área de distribuição nativa a Austrália com 1012 espécies. Há ocorrência também na América (185 espécies), em África (144 espécies), e na Ásia (89 espécies). Na Europa não há espécies nativas (tabela XVI). As espécies ocupam a Austrália de leste a oeste, com importante característica evolucionária dada as condições climáticas e edáficas, assimilando-se à regiões como o Mediterrâneo, devido a ocorrência de climas comuns (há 50 espécies em comum). Como o mais característico atributo das Acácias, destaque para os filódios sempreverdes (esclemórficos com variados mecanismos xeromórficos), de diferentes tamanhos e nervuras.

Tabela XVI – Aspectos gerais e números do género *Acacia* Mill. pelo mundo. Fonte – Richardson *et. al.* (2011).

Género <i>Acacia</i> Mill.	Números
Espécies nativas na Austrália	1012 espécies
Recorte temporal da translocação de espécies	Ao longo dos últimos 250 anos
Espécies transportadas p/ fora da Austrália	386 espécies
Espécies classificadas como naturalizadas	71 espécies
Espécies categorizadas como invasoras	23 espécies
Espécies australianas nativas fora do país	17-20 das 1022 espécies <i>phyllodineae</i>
Espécies nativas exta-australianas	10 são exclusivas do indo-pacífico
Espécies nativas na América; África e Ásia	185 espécies; 144 espécies; 89 espécies

Em Richardson *et al.* (2011) são elencadas 12 razões pela qual o género *Acacia* pode ser considerado um modelo para a *Ciência da Invasão (Invasion Science)*:

1) Alto número (1012 espécies), sendo o terceiro taxa mais disseminado para fora da região natural, com 23 espécies confirmadas invasoras, e muitas naturalizadas;

2) Taxonomia e filogenia determinadas, permitindo associar o potencial invasor ao significado filogenético, onde inúmeras EEI vêm dos maiores clades do género;

3) Presentes na maioria das regiões biogeográficas da Austrália, dinâmica que beneficia sua adaptação em diversas partes do mundo;

4) Conhecimento do alcance na distribuição das espécies nativas, com disponibilidade online dos dados locais, facilitando análises macroecológicas e biogeográficas, e a modelação da distribuição das espécies;

5) Altos níveis de divergências e variações intraespecíficas (diversidade genética por exemplo), mostrados pelas populações das novas regiões de introdução;

6) Variação no uso do solo motivando seleções naturais para vários fatores (nível de crescimento, robustez, tolerância ambiental) para o sucesso da invasão;

7) Utilização para inúmeros propósitos nas áreas externas do alcance nativo, beneficiando o entendimento da necessidade de introdução e sua assimilação na troca de cultura e outros elementos do sistema;

8) Vasta documentação existente a respeito da introdução pelo mundo;

9) Massivamente plantadas por motivos comerciais em outras partes do mundo, sendo hoje um componente dos ecossistemas de grande parte do globo;

10) Vasta literatura existente das muitas espécies nativas australianas, como não indígenas, facilitando a comparação intraespecífica entre muitas regiões;

11) A introdução de Acácias permite muitas oportunidades ao explorar a interação entre os níveis tróficos que contribuem no sucesso da invasão, mediante suas influências à biota nativa, e os efeitos da saúde das espécies de importância comercial;

12) A longa história de manejo de alguns países, relativamente à recente iniciação de outros, cria situação ideal para construções generalizadas da melhor prática.

Os autores explicam que, assim como muitas leguminosas, toda a Acácia australiana tem associação simbiótica com rizóbia que permite fixar nitrogênio, combinando ectomycorrhizae fungal e simbiose bacteria. Além disso, possuem particular síndrome de polinização com alocação de pouca energia para o nectar floral, mas com alta reprodução de pólen, o que maximiza o banco de sementes após a polinização. Outras adaptações estão ligadas a persistência ao fogo, estimulando a germinação, e a utilização de animais na dispersão de sementes, com mecanismos atrativos.

O movimento intercontinental na era colonial ocorreu do Novo Mundo para o Velho Mundo, com Acácias australianas e Eucaliptos representando um caso especial de *imperialismo ecológico* (Richardson *et al.*, 2011). A exportação de Acácias australianas para outras partes do mundo teve início após a chegada dos europeus na Austrália em 1788. Muitas espécies de Acácias australianas tiveram crescimento na Europa no fim do primeiro quarto do século 19. Richardson *et al.* (2011) apresentam em seu trabalho uma proposta de divisão das principais fases de disseminação da Acácia australiana pelo mundo de acordo com sua separação em quatro grupos de acácias: *Acacia dos climas frios*, *Acacia melanoxylon*, *Acacia tropical*, e *Acacia das zonas áridas*

4.3 Portugal: modelo regional no âmbito da ecologia das invasões de Acácia

4.3.1 Visão geral do mapeamento, gestão e estudos do tema em Portugal

No caso de Portugal, como está bem documentado (Freitas, 2008; Marques, 2010; Carvalho *et al.*, 2010; Albuquerque, 2009; Lourenço, 2009; Sequeira e Espírito-Santo *et al.*, 2007; Almeida & Freitas, 2012, 2006), o país insere-se no contexto de regiões invadidas por espécies australianas do género Acácia. O primeiro mapeamento corresponde à *Carta de Distribuição de Acácias e Eucaliptos*, escala 1:1.000.000, do Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário (SROA - 1978) (figura 22). Nela são caracterizadas as espécies do género *Acacia* Mill. mais difundidas pelo país, considerando como mais representativas as espécies *Acacia melanoxylon*, *Acacia dealbata* e *Acacia longifolia*. Quanto à ocorrência em Portugal, foram identificadas espécies de Acácias nos distritos de Faro, Beja, Setúbal, Lisboa, Coimbra, Santarém, Leiria, Guarda, Aveiro, Viseu, Porto, Vila Real, Braga, Viana do Castelo. Entretanto, não tem havido sinalização para os distritos de Évora, Portalegre, Castelo Branco e Bragança.

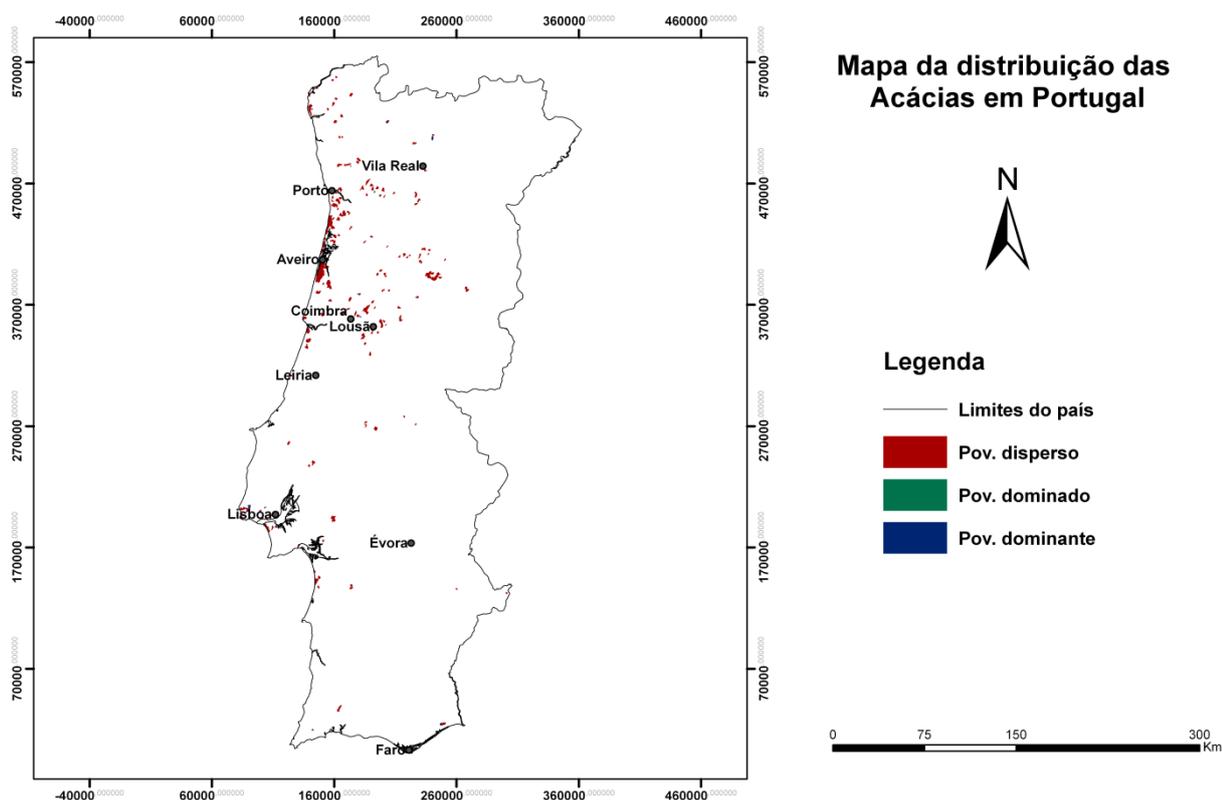


Figura 22 – Distribuição do género *Acacia* Mill. em Portugal. Fonte – SROA, 1978.

As primeiras referências a mencionar a existência de espécies do género *Acacia* no país foram os trabalhos de Coutinho de 1939, Bailey de 1951 e Franco de 1971, alertando para a ocorrência de doze espécies, seis com folhas adultas reduzidas a filódios laminares (*A. melanoxylon*, *A. longifolia*, *A. cyclops*, *A. pycnantha*, *A. cyanophylla* e *A. retinoides*), quatro com folhas bipinuladas de folíolos pequenos (*A. dealbata* e *A. mearnsii*, *A. farnesiana*, *A. karroo*), e duas cultivadas com fins ornamentais (*Acacia cultriformis* e *Acacia podalyriaefolia*).

O mapa da distribuição de acácias não faz discriminação entre as espécies, apenas são indicados os tipos de povoamentos. Entende-se por povoamento arbóreo um conjunto de árvores distribuídas com regularidade e inferior a 50 hectares. Povoamento estreme é constituído por uma única espécie, ou o número de árvores de uma espécie domina as restantes pelo menos 75%. Povoamento dominante é formado por mais de uma espécie em que a mais numerosa não atinge dominância; e dominado são os povoamentos constituídos pelas outras espécies. No povoamento disperso o número de árvores é superior a 5 por hectare, mas não atinge número suficiente para constituir povoamento propriamente dito. As áreas mínimas de representação adotadas foram 20-25ha para dominantes ou estremes, e 90-100ha para dominados. Embora tenham sido detectadas, só há visibilidade na escala da figura 22 para a forma dispersa.

Em Portugal são distinguidas as acácias em categorias quanto ao meio que prosperam e sua utilização: adaptadas aos solos da orla sedimentar costeira, regossolos (dunas litorais) e solos litólicos de arenitos, (*A. cyanophylla*, *A. longifolia*, *A. pycnantha*), adaptadas a solos calcários marítimos (*A. cyclops*, *A. farnesiana* e *Acacia karroo*), adaptadas a solos derivados de granitos alcalinos ou de xistos carbônicos de facies marítima (*A. dealbata*, *A. mearnsii*), adaptada aos solos sedimentares das planuras sublitorais e aos solos das vertentes atlânticas (*A. melanoxylon*).

Todas as restantes (*A. farnesiana*, *A. podalyriaefolia*, *A. retinoides*) são de expansão limitada a parques e jardins. Quanto a utilização: usadas para fixação das dunas litorais (*A. cyanophylla*, *A. longifolia*, *A. pycnantha*), fixação dos solos erosionáveis (*A. dealbata*), proteção contra os ventos, cortinas e quebra-ventos (*A. dealbata*, *A. melanoxylon*, *A. mearnsii*), sombreamentos em zonas semi-áridas (*A. farnesiana*, *A. karroo*), formação de sebes (*A. cultriformis*, *A. karroo*), obtenção de casca tanante (*A. dealbata*, *A. melanoxylon*, *A. mearnsii*, *A. pycnantha*), produção de madeira (*A. mearnsii*, *A. melanoxylon*, *A. pycnantha*), ornamental pela folhagem ou floração vistosa (*A. dealbata*, *A. karroo*, *A. longifolia*, *A. mearnsii*, *A. melanoxylon*, *A. podalyriaefolia*).

Os números do último século para Portugal apontam para um aumento significativo na introdução de exóticas, alcançando a marca atual de 550 espécies (15% do total - 8% são invasoras). O gráfico 4 apresenta os números no âmbito dos *grupos biológicos* de espécies exóticas em Portugal. Verifica-se a importância do grupo de *plantas terrestres*, comparado aos demais grupos biológicos, somando 538 representantes do total das espécies.

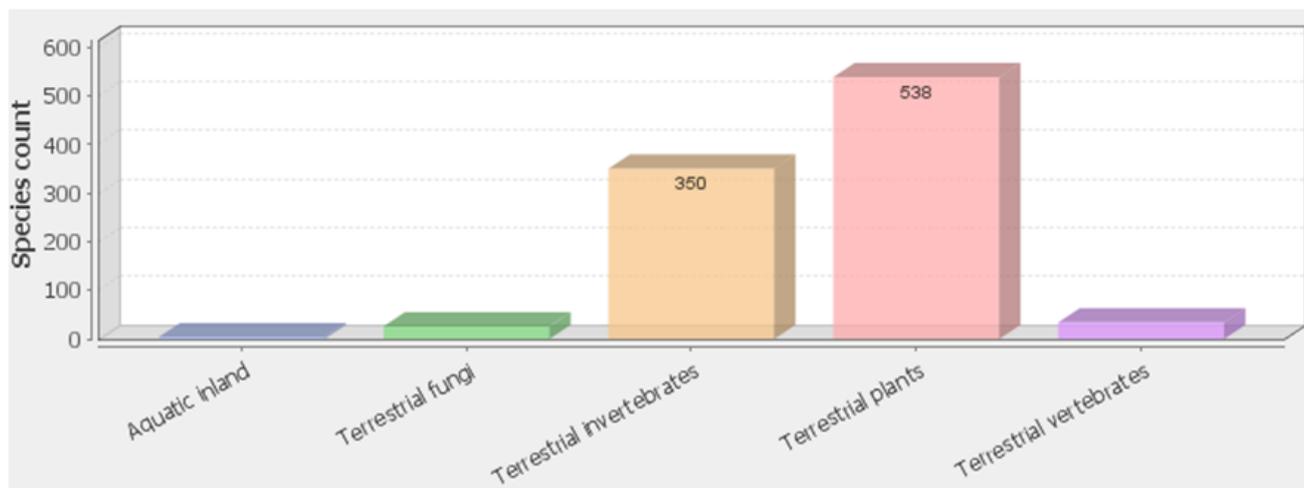


Gráfico 4 – Estatística dos grupos biológicos das espécies exóticas em Portugal.

Fonte – Baseado em dados de www.europe-aliens.org.

O gráfico 5 apresenta a dinâmica estatística no âmbito das *causas do transporte e introdução* de espécies exóticas em Portugal. Destaque para o aspecto *ornamental* como a principal causa da introdução de espécies exóticas em Portugal, somando 261 do total das invasões.

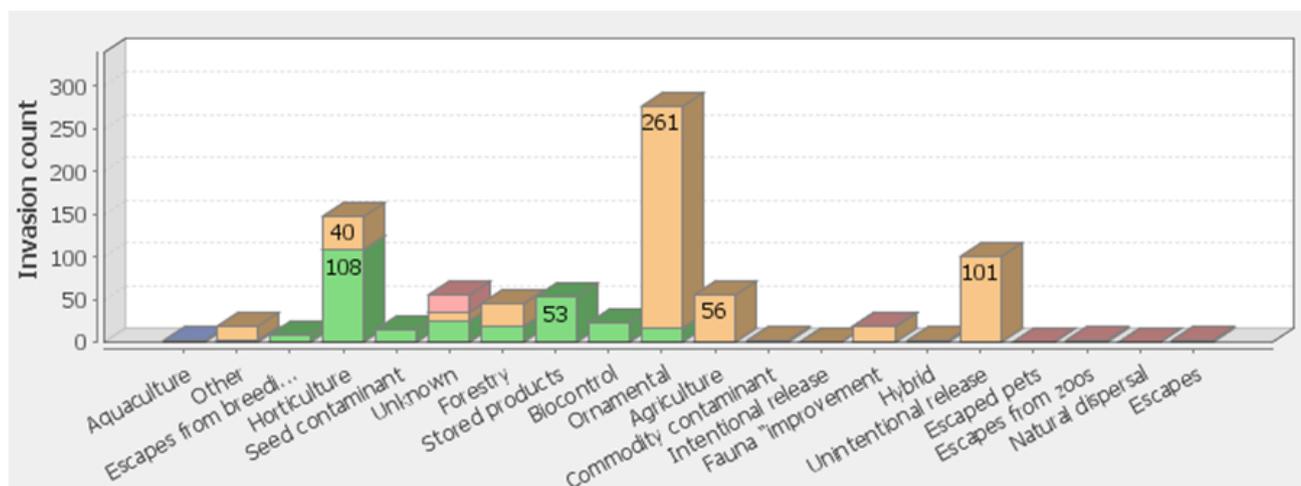


Gráfico 5 – Estatística das causas do transporte e introdução das espécies exóticas em Portugal.
 Fonte – Baseado em dados de www.europe-aliens.org.

O gráfico 6 apresenta a dinâmica estatística no âmbito dos *vetores e meios de transporte* de espécies para Portugal. Observa-se que os vetores são conhecidos, com destaque para o *transporte acidental* como meio principal da translocação de espécies exóticas para Portugal.

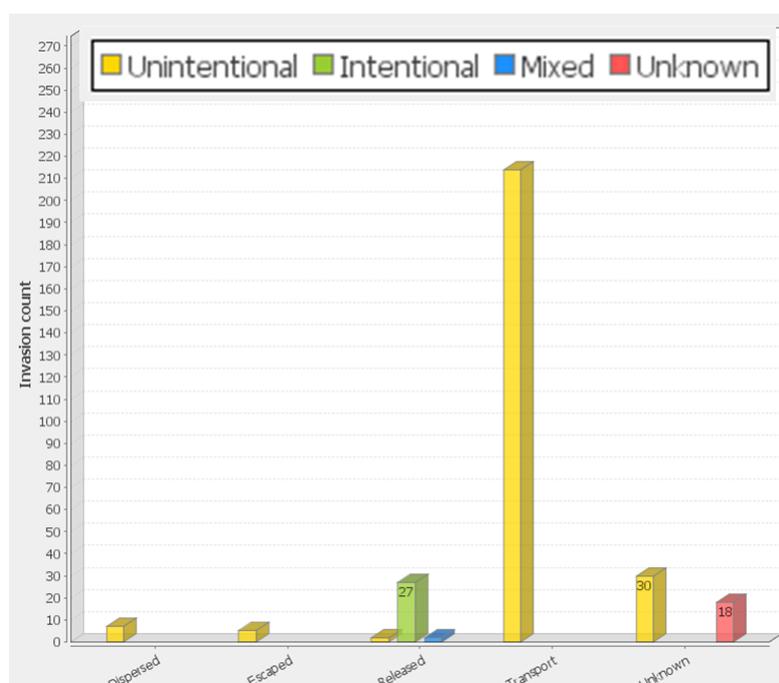


Gráfico 6 – Estatística dos vetores e meios de transporte das espécies exóticas em Portugal.
 Fonte – Baseado em dados de www.europe-aliens.org.

Reconhecendo o problema, em conformidade com as diretivas europeias sobre gestão e controle da invasão, a legislação portuguesa de 1999 (Decreto-Lei nº 565/99) regulamenta a introdução de espécies com lista das introduzidas e de comportamento invasor, além da proibição de novas introduções e cultivo/comercialização de invasoras. A gestão de espécies exóticas em Portugal vem acontecendo sob três frentes principais de atuação: prevenção, detecção precoce e resposta rápida, e controle. A prevenção contempla atividades como criação da legislação regulamentadora, exclusão de pragas, investimentos em ações de educação ambiental e sensibilização. A detecção precoce e resposta rápida agrega atividades de monitorização, focadas na detecção precoce com vistas a erradicar espécies invasoras pouco tempo após sua introdução (quando mais demora a erradicação mais aumentam os custos). O controlo ocorre quando a erradicação já não é possível, concentrado em reduzir os impactos, principalmente a partir da escolha da metodologia adequada e recuperação da área. Em Portugal vem sendo aplicado o controlo mecânico, manual e químico. Encontra-se em discussão a aplicação do controlo biológico para o caso da *Acacia longifolia*.

CAPÍTULO 5

EVOLUÇÃO, MUDANÇAS, DESTINOS E CONTEXTOS DO USO DO SOLO NA SÉRIE 1965-2011-2014 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AROUCE

5.1 Dados das mudanças e destinos do uso do solo de 1965 para 2011 na escala generalista

No âmbito do presente estudo de caso, considerando as relações entre a presença de acaciais e as mudanças no uso do solo ao nível generalista (Ng), apresentar-se-á a seguir uma avaliação dos resultados para os termos da análise generalista do uso do solo: *i*) termos de âmbito geral (mudanças nas grandes unidades), *ii*) e âmbito específico (mudanças nas classes com acaciais).

Os resultados das mudanças das grandes unidades de uso do solo podem ser visualizados num plano geral na tabela XVII. Constata-se uma significativa variação nas grandes classes de uso do solo, durante a série histórica de 1965 a 2011, com os valores mais representativos variando com decréscimo de 15% para as áreas de *culturas agrícolas de regadio* e para as áreas de *floresta de resinosa* (pinhais); assim como um decréscimo de 12% para as áreas dominadas por *culturas agrícolas de olivais/pomares*; em oposição aos acréscimos de 10% obtidos para as *áreas sociais*, para as áreas com *culturas de sequeiro*, e para as áreas associadas a *presença de acaciais*.

Tabela XVII – Valores em hectares e percentagens das mudanças no uso do solo para os níveis 0 e 1 (níveis generalistas) segundo a série histórica 1965-2011

Usos	Simbologia	Áreas ocupadas (ha) na		Áreas ocupadas (%) na série	
		série histórica		histórica	
		(1965-2011)		(1965-2011)	
Nível 0	Nível 1 - Ng	1965	2011	1965	2011
Sociais	As	198,579	972,034	2,719	13,310
Agrícolas	Ca*	205,252*	937,724*	2,811*	12,840*
	Cr	1165,881	70,622	15,965	0,967
	OIPm	917,29	42,818	12,561	0,586
Florestais	Pn	2413,141	1165,499	33,044	15,959
	Ec	33,936	78,726	0,465	1,078
	Fof	351,657	654,135	4,815	8,957
	Ac	55,236	936,231	0,756	12,820
Incultos	In	1961,942	2445,125	26,865	33,481
Total (área da bacia)		7302,914		100	

Níveis 0 e 1 = Níveis generalistas (Ng) com base na escala de abordagem das classes de uso do solo.
Ca* = Valores obtidos são resultado da co-ocorrência de Ca com outros usos agrícolas.

As demais unidades apresentaram variações temporais menos representativas: as áreas de *inculto* variaram com acréscimo de 6%, e as áreas de *folhosas* com acréscimo de 5%. Os decréscimos e acréscimos nas classes de uso do solo (ver gráfico 7) tiveram importante reflexo nos resultados da análise detalhada entre os usos do solo no nível 2 e a presença das espécies, que serão discutidos no capítulo 7. As figuras 23 e 24 ilustram os contextos do uso do solo no nível 0, para 1965 e 2011.

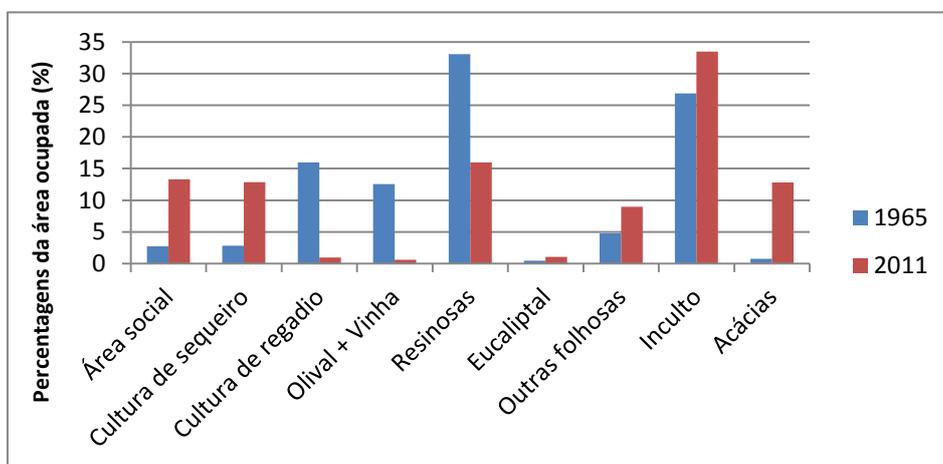


Gráfico 7 – Mudanças nas grandes unidades do uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.

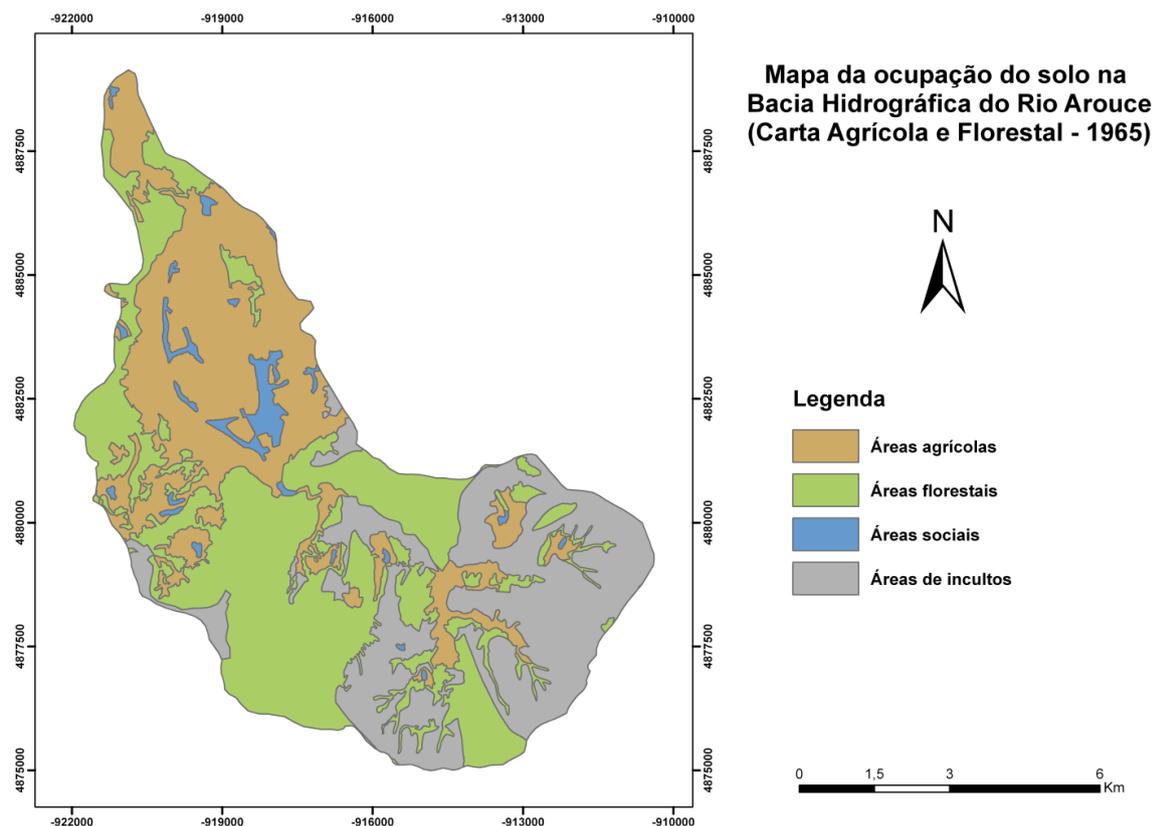


Figura 23 – Mapa do contexto do uso do solo na área da Bacia do Rio Arouce em 1965.

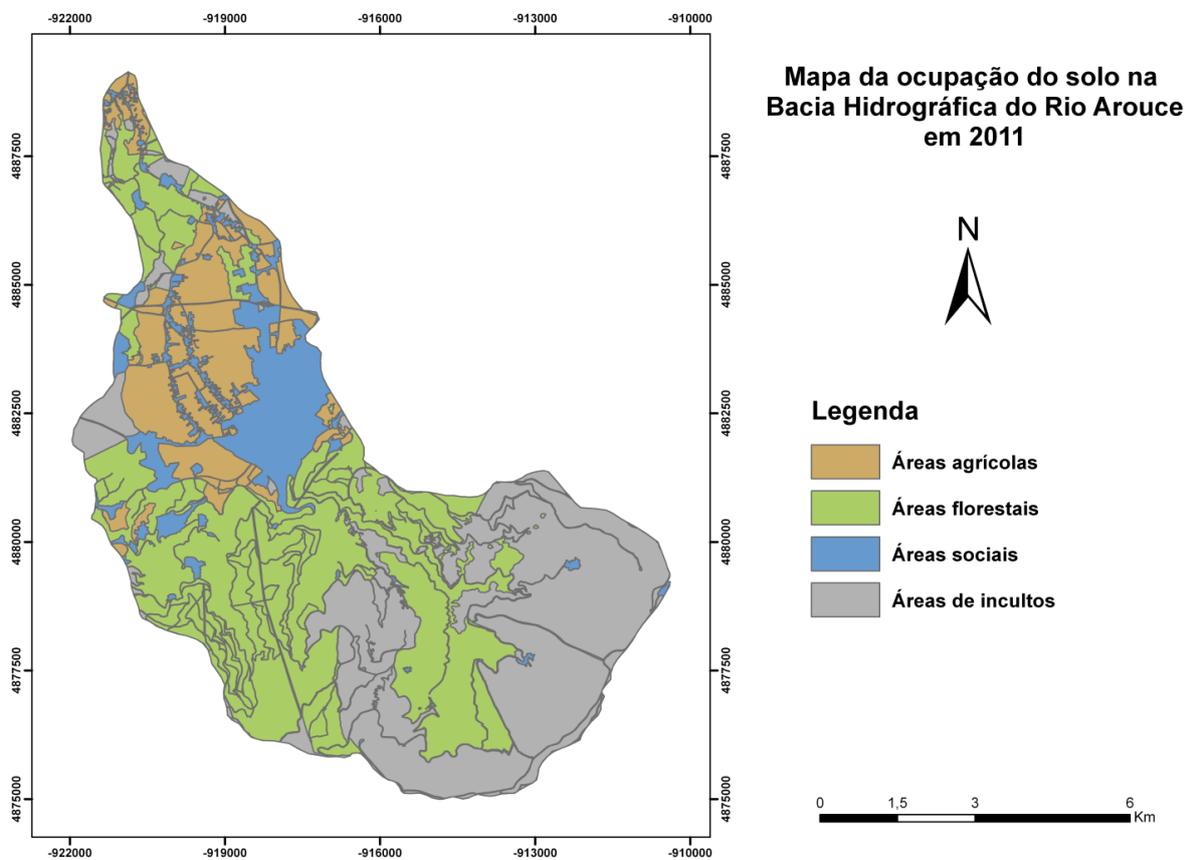


Figura 24 – Mapa do contexto do uso do solo na área da Bacia do Rio Arouce em 2011.

Dentre as mudanças, faz-se necessário destacar a significativa variabilidade nos índices de área ocupada para as *áreas sociais*. O quadro detalhado da evolução e dos destinos do uso do solo de 1965 para 2011, pode ser visualizado na tabela XVIII. No caso das áreas com *As*, houve uma evolução positiva de 198ha em 1965 (2,7% da área de estudo) para o significativo valor de 972ha em 2011 (13% da área de estudo). Os dados sobre os destinos desse uso mostram que os atuais 972ha pertenciam em 1965 sobretudo a *culturas agrícolas de regadio* (298ha) e a *culturas agrícolas de olivais/pomares* (248,6ha). Nesse sentido, verifica-se que os números tem apontado para um incremento nas áreas sociais em oposição a redução das áreas agrícolas. No entanto, quando investigadas as possíveis causas dessa dinâmica, salienta-se o fato de que pode estar associada sobretudo ao aumento da densidade da rede viária e das vias de comunicação (abertura de novas estradas e de linhas de alta tensão), o que contempla tanto as vias principais em meio urbano e rural, como também as vias secundárias. Esta associação pode ser aferida na figura 24 (nota-se na ilustração uma expansão conspícua da rede viária e de comunicação de norte a sul na área de estudo). O incremento das áreas sociais e a abertura de corredores na paisagem tem reflexo na dinâmica dos processos das invasões de *Acácia* na área de estudo, como será discutido a seguir.

Tabela XVIII – Valores em hectares das mudanças no uso do solo no nível generalista (Ng) com detalhamento das áreas destino e seus valores segundo a série histórica 1965-2011

Usos em 1965		Mudanças dos usos do solo na série histórica (1965-2011)								
Tipo	ha	As	Ca	Cr	OIPm	Pn	Ec	Fof	In	Ac
As	198,579	165,444	15,506	2,203	1,338	5,480	-	1,301	5,988	1,320
Ca	205,252	23,625	23,724	2,924	-	22,750	-	16,744	92,700	22,784
Cr	1165,881	298,485	574,022	59,716	8,254	48,718	2,530	44,884	78,368	50,904
OIPm	917,290	248,662	288,966	3,913	32,529	70,326	3,003	81,129	60,388	128,373
Pn	2413,141	159,178	29,561	1,866	0,697	656,421	64,111	416,841	547,053	537,413
Ec	33,936	1,761	-	-	-	8,145	6,594	1,550	-	15,886
Fof	351,657	8,798	-	-	-	134,241	-	25,346	165,704	17,568
In	1961,942	64,536	5,945	-	-	215,577	-	33,927	1492,820	149,137
Ac	55,236	1,545	-	-	-	3,841	2,488	32,413	2,104	12,846
Total	7302,914	972,034	937,724	70,622	42,818	1165,499	78,726	654,135	2445,125	936,231

Todavia, qualquer análise no âmbito das mudanças nos usos do solo entre 1965 e 2011 na Bacia do Rio Arouce estará passível de incongruências. O fato de estar sendo utilizado para a presente análise dois documentos cartográficos de resoluções diferentes (para 1965 a Carta Agrícola e Florestal e para 2011 produção de cartografia através de fotointerpretação de imagens orbitais) e, para além da resolução, o fato de terem sido selecionadas cartografias com informações tratadas para objetivos diferentes, corrobora o fato da possibilidade de incongruências nos resultados.

O alto incremento para as áreas com *culturas de sequeiro* pode estar inserido neste contexto, já que, segundo Nunes *et al.* (2007, 2010, 2011), a tendência em Portugal é de redução das áreas ocupadas com culturas tradicionais. Foram obtidos valores representativos no âmbito da evolução das áreas com *Ca*, como um dos usos do solo que tiveram maior incremento na área de estudo. Houve uma evolução positiva de 205ha no ano de 1965 (2,8% da área da bacia) para significativos 937,7ha em 2011 (12,8% da área da bacia). Os destinos de *Ca* (ver tabela XVIII) mostram, assim como no caso das áreas sociais, que seu domínio atual contemplava em 1965 áreas com *culturas agrícolas de regadio* (574ha) e com *culturas de olivais/pomares* (288ha). Desse modo, as duas das mais significativas mudanças no uso do solo que ocorreram na área de estudo (*As* e *Ca* detém atualmente quase 2 mil hectares da área total da bacia) indicam substituição de áreas agrícolas de regadio e culturas de olivais/pomares por áreas sociais e culturas arvenses.

Entretanto, nessa evolução podem haver incongruências, e a explicação está na escala cartográfica, no fato da co-ocorrência entre os usos do solo, que tem sido consideradas tanto no mapeamento de 1965 da CAF como no atual mapeamento de 2011. A dificuldade em desagregar determinadas opções de uso do solo levou a integração desses usos em outras classes consideradas. Isso explica as incongruências no âmbito das mudanças em *Ca*, na qual foram consideradas as co-ocorrências deste uso com outros usos agrícolas. No âmbito dos destinos das áreas sociais e das áreas com acaciais é de salientar que também podem haver incongruências, como na evolução de uma área social para cultura de sequeiro (*Ca*) ou floresta de resinosas (*Pn*), e também no caso em que áreas com acacial (*Ac*) tenham se transformado em áreas com outras folhosas (*Fof*).

Dada a presente análise das mudanças do uso do solo/nível generalista, pode-se concluir que, considerando o total das áreas ocupadas pelos usos em 1965 e em 2011, as mudanças enquadram-se nas tendências da evolução do uso do solo do território português (Nunes *et al.*; 2007, 2010, 2011). A análise sequencial do destino dos usos do solo na sequencia histórica indica significativa variação ao nível da ocupação, com redução das áreas agrícolas e das áreas com florestas de resinosas, em oposição ao incremento das áreas com acaciais, áreas sociais e incultos, embora tenha havido ligeiro acréscimo nas áreas de florestas de folhosas (carvalhais e castanheiros), e um acréscimo significativo nas culturas de sequeiro fruto de sua co-ocorrência com outros usos agrícolas.

5.2 Dados das mudanças e destinos do uso do solo de 1965 para 2011 nas áreas com acacial

Os valores da área associada ao domínio do género (*Ac*) e/ou presença consolidada de Acácias (*Aca*, *Acf*, *Aceca*, *Acecf*, *Acofa*, *Acoff*) foram utilizados na determinação das mudanças para as áreas com acaciais. Foi considerada a relação entre as áreas com presença de acaciais e as mudanças no uso do solo, através da combinação dos valores da evolução das formas de ocupação. Como pode ser visualizado na tabela XIX, o total das áreas com acaciais foi surpreendentemente significativo para **2011 (936,2ha)**, quando comparado ao total da área ocupada em **1965 (55,2ha)**, com percentual crescente variando em **12%**, segundo a série histórica 1965-2011.

Tabela XIX – Valores em hectares e percentagens das mudanças nas áreas com presença de acaciais segundo a série histórica 1965-2011

Evolução da área ocupada por acácias na série histórica 1965-2011			
Acaciais 1965 (ha)	Acaciais 1965 (%)	Acaciais 2011 (ha)	Acaciais 2011 (%)
55,236	0,756	936,231	12,820
Uso em 1965	Uso em 2011	Área ocupada (ha)	Área ocupada (%)
Área social	Acacial	1,320	0,141
Cultura de Sequeiro	Acacial	22,784	11,101
Cultura de Regadio	Acacial	50,904	5,437
Olival + Pomar	Acacial	128,373	13,712
Floresta de Resinosas	Acacial	537,413	57,402
Floresta de Eucaliptos	Acacial	15,886	1,697
Floresta de Folhosas	Acacial	17,568	1,876
Incultos	Acacial	149,137	15,930
Acacial	Acacial	12,846	1,372
Total		936,231	100

De imediato pode-se chegar a algumas certezas a partir desses valores: *i*) há uma relação inversa entre o valor obtido para a área com acacial em 1965 (55ha) comparado ao de 2011 (936ha); *ii*) 1965 apresenta um contexto de invasão (0,1% da área) oposto ao contexto de 2011 (12% da área); *iii*) com a continuidade dessa evolução, certamente nos dias de hoje (2014) a área com acacial tenha aumentado, e o contexto da invasão tenha se agravado, *iv*) as Acácias tem invadido áreas que antes pertenciam sobretudo ao domínio das *florestas de resinosas*, como também de *culturas agrícolas e incultos de comunidades arbustivas*, *v*) essa rápida evolução mostra que há fatores ligados ao processo agressivo com que a área da bacia (7.300ha) tem sido invadida (936ha com acácias).

5.3 Integração dos dados: contextos do uso do solo na série 1965-2011-2014

Observado esses resultados, verifica-se que a paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce tem-se apresentado de 1965 para 2014 sob diferentes formas de uso e ocupação. Mesmo com a diminuição de suas áreas entre 1965-2011, atualmente ainda verificam-se ambientes agrícolas e zonas mistas (interfaces entre áreas florestais e agrícolas com culturas anuais e agroflorestais) distribuindo-se especialmente pelo setor intermédio da bacia e à jusante próximo à foz. Em oposição a diminuição desses usos, houve incremento nas áreas sociais e florestais, sobretudo com exóticas. É o que se verifica atualmente nos setores à montante próximos às nascentes e cabeceiras, com dominância de ambientes florestais, de pinheirais, carvalhais e/ou floresta de castanheiros, e sobretudo com exóticas, eucaliptais e acaciais. Já o tecido urbano domina de forma contínua aproximadamente no centro da bacia, na área da Lousã. Nos setores adjacentes e marginais, distantes da cidade da Lousã, o tecido caracteriza-se como descontínuo ou pouco contínuo.

O uso e ocupação do solo é um dos aspectos de maior importância para o entendimento do processo da invasão na Bacia do Rio Arouce, e da qual será dada ênfase na sequência da dissertação. O primeiro mapeamento das Acácias em Portugal (figura 25), registra para a área de análise em 1978 povoamentos de Acácias do tipo disperso. O registro permite inferir que houve significativa mudança nas invasões do Rio Arouce no intervalo do recorte temporal considerado (1960-2014), provavelmente ligado a atividades de incêndios, o que permitiu a diminuição das áreas naturais bem conservadas, constituídas por formações florestais não invasoras, em detrimento do aumento das áreas artificiais, com forte expansão dos incultos, além do significativo aumento do tecido urbano.

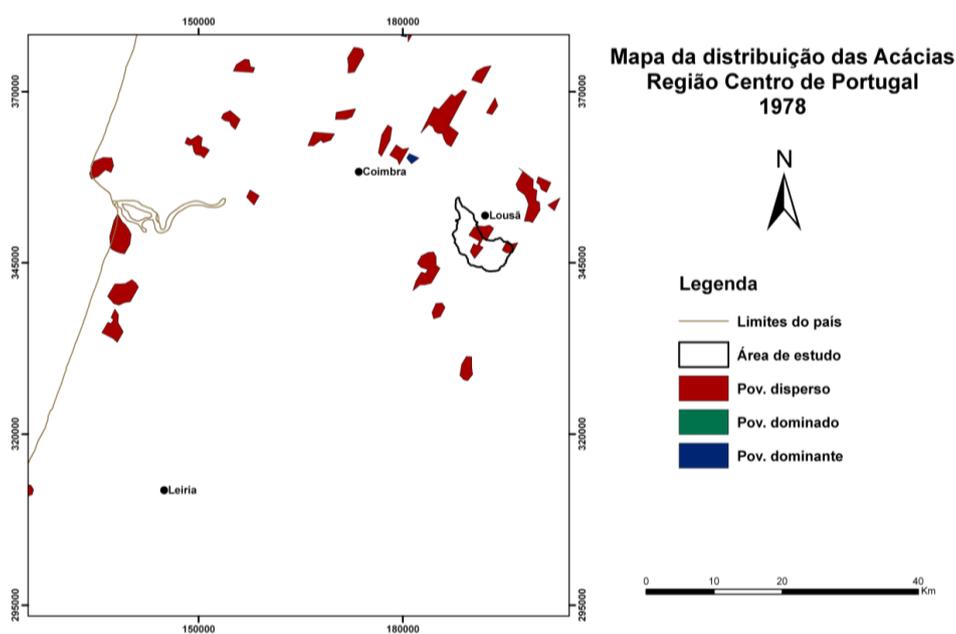


Figura 25 – Mapa da dinâmica dos povoamentos de Acácias na Bacia do Rio Arouce em 1978.

Posto isso, como avaliar os contextos do uso do solo entre 1965-2011-2014 considerando as intervenções ocorridas (incêndios, intervenção para correção torrencial, reflorestamento) que possam ter tido influência no atual contexto de contaminação biológica pela qual se encontra a ribeira?

Especificamente no que diz respeito as obras de correção torrencial, não foi realizada busca por informações que confirmassem a realização dessas atividades na área da Bacia do Rio Arouce. Entretanto, como mostrado no capítulo 2 desta tese, a caracterização ambiental da área de estudo mostra sua necessidade de intervenção para correção torrencial. Através da compilação e análise da documentação cartográfica disponível, e do balanço hídrico e climatológico, foi possível avaliar a necessidade de intervenção na Bacia do Rio Arouce. Com predomínio de relevos ondulados, tanto nos fundos de vale como nas encostas das vertentes e topos das cabeceiras, topografia acidentada, vales encaixados, altitudes que chegam aos 1200m, e sobretudo um regime hídrico de surperávit para quase o ano inteiro com clima húmido, o Vale do Rio Arouce provavelmente terá necessidade de intervenção para correção da vazão do rio, já que apresenta características físicas relacionadas à áreas susceptíveis à erosão, e, conseqüentemente, à ocorrências de possíveis cheias.

Alguns dos usos do solo que se desenvolvem hoje ao longo do Rio Arouce, desde culturas agrícolas de olivais, pomares, regadio, à culturas tradicionais de sequeiro, e áreas sociais contínuas e descontínuas, estarão relacionadas as aberturas que ocorreram, sendo produto das intervenções. Neste contexto, as florestas exóticas de Acácias são destaque. Sendo o género possuidor de mecanismos para fixação do solo, as Acácias constaram como espécie prioritária nos planos de arborização e reflorestamento. Hoje é visível o espalhamento das espécies por toda a extensão do Vale do Rio Arouce, sobretudo nos fundos do vale e encostas, áreas de desenvolvimento dos trabalhos de arborização. Toda a área composta essencialmente por xistos (nas vertentes) e argilas, areias e cascalhos (seguindo o fundo do Vale do Rio Arouce), são testemunhos da ação com incêndios ou com arborização de exóticas. Diferentemente, as grandes manchas de florestas não invasoras (pinhais, carvalhais, castanheiros), que se verificam sobretudo nas cabeceiras do Rio Arouce, são produto do reflorestamento com espécies não exóticas. Além da baixa diversidade e reduzida cobertura vegetal, a bacia apresenta outros fatores que contribuem para o agravamento da invasão, como o risco de incêndio florestal e usos do solo advindos das atividades humanas. Todas essas condições foram determinantes para o desenvolvimento de fenómenos de invasão desde 1965 aos dias atuais, o que permitiu à espécie introduzida encontrar condições ambientais favoráveis para sua reprodução. Os incêndios florestais, por exemplo, subsidiam na dispersão e rebentação das sementes, abrindo clareiras dentro do componente nativo, permitindo a invasão descontrolada. A evolução da ocorrência de incêndios na área de estudo de 1990 à 2011 pode ser visualizada nas figuras 26, 27, 28, 29 e 30. Observa-se a influência desta atividade na evolução das invasões.

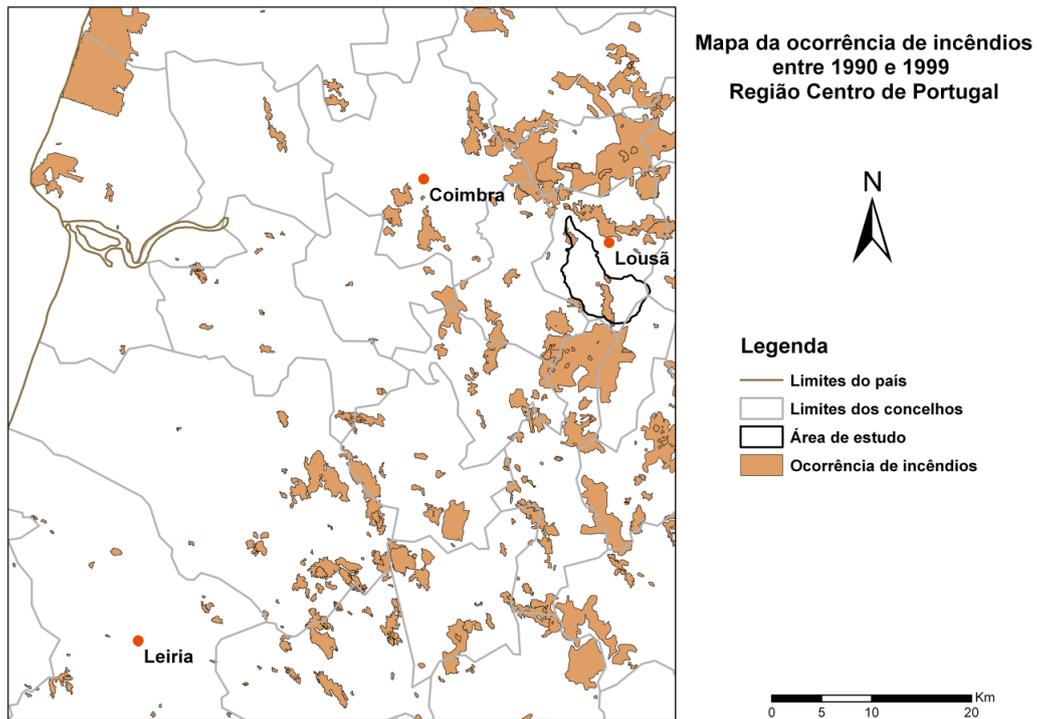


Figura 26 – Mapa da ocorrência de incêndios entre 1990-1999 na área de estudo.

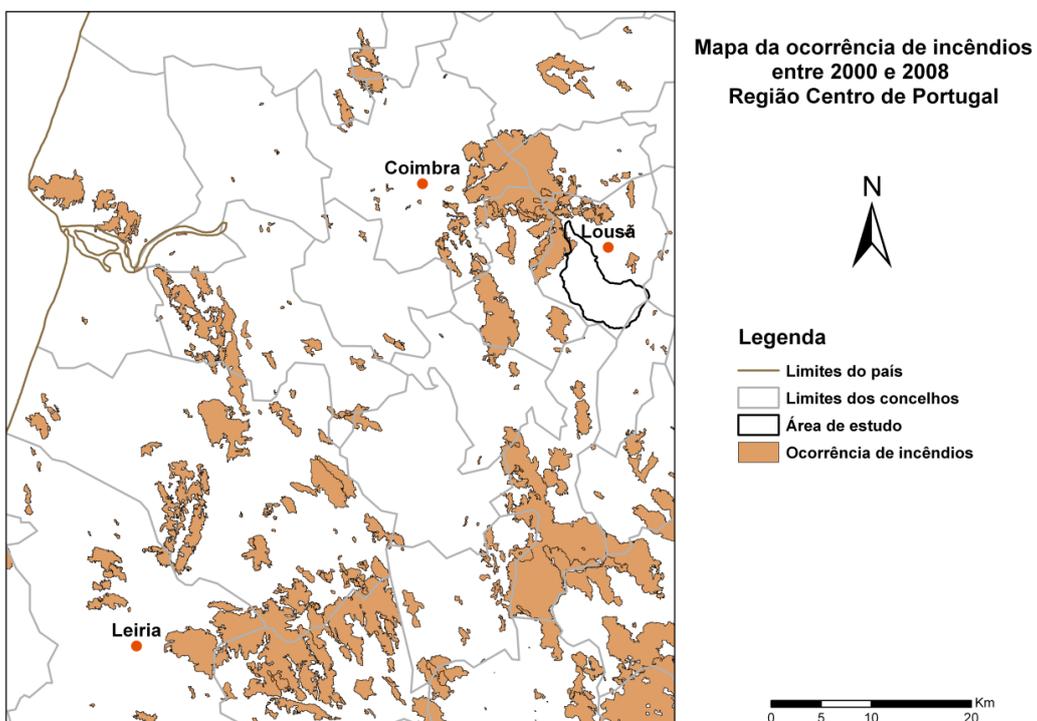


Figura 27 – Mapa da ocorrência de incêndios entre 2000-2008 na área de estudo.

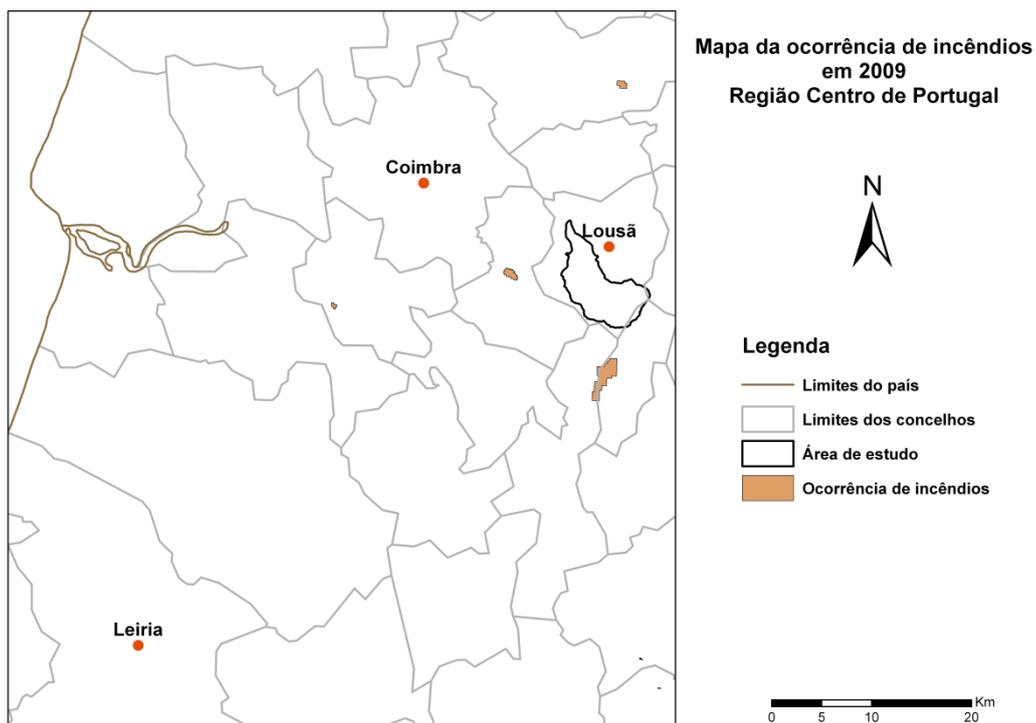


Figura 28 – Mapa da ocorrência de incêndios em 2009 na área de estudo.

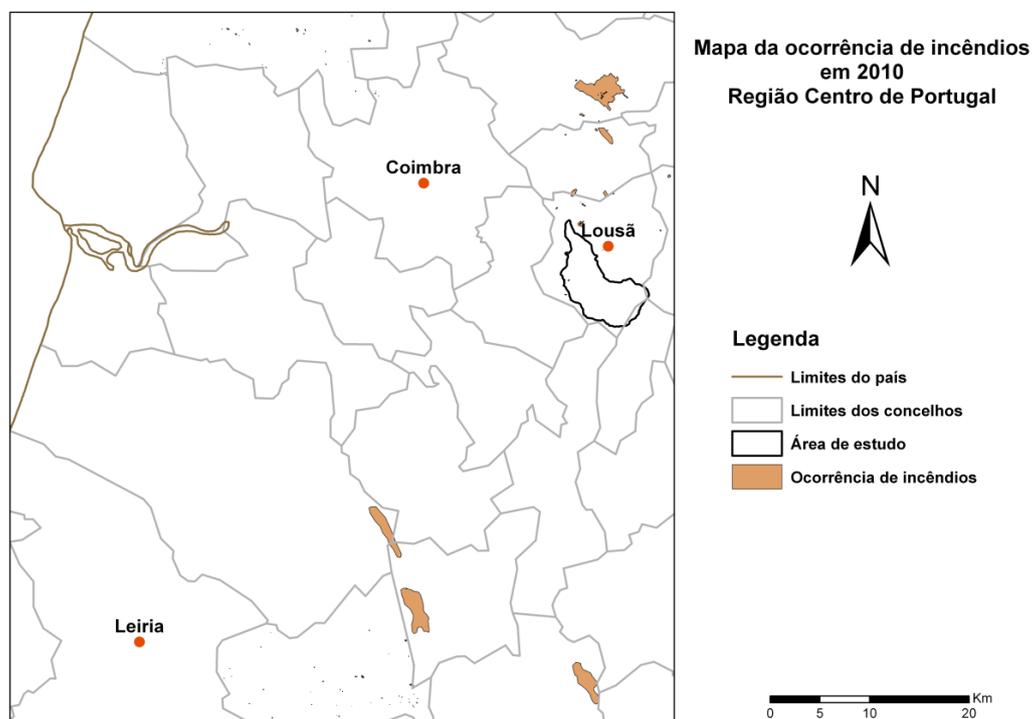


Figura 29 – Mapa da ocorrência de incêndios em 2010 na área de estudo.

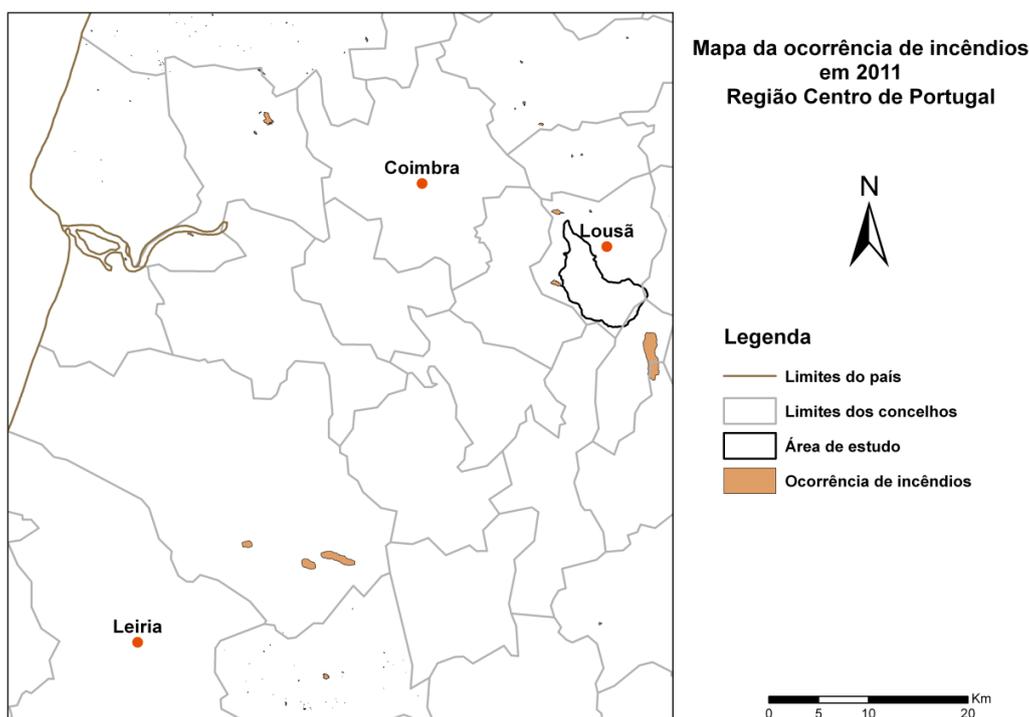


Figura 30 – Mapa da ocorrência de incêndios em 2011 na área de estudo.

O início das invasões por Acácias australianas na Bacia do Rio Arouce pode ser entendido a partir da hipótese da introdução da espécie em áreas disjuntas do setor intermédio da bacia, dada a configuração atual da distribuição e densidade das populações, e está ligado à dispersão pós fogo e arborização dada a erosão na ribeira (como discutido nos tópicos anteriores), tendo presenciado distintos ambientes no decorrer do tempo. Como verificado, neste espaço temporal, da introdução ao estágio atual, o meio físico e a espécie não permaneceram constantes, onde as populações exóticas invasoras de *Acácia* tiveram que se adaptar as necessidades advindas das mudanças ecológicas. Entretanto, como pode ser observado no mapa de ocupação do solo para a área de estudo de 1965 (figura 31), as mudanças no uso do solo tem ocorrido favorável as *Acácias*, com aumento significativo da intensidade da atividade antrópica, principalmente no sentido da abertura de vias de comunicação (estradas e linhas de alta tensão), áreas sociais urbanas, incêndios, em oposição à redução das áreas de florestas não invasoras (caso das florestas de resinosas que vem enfrentando significativa diminuição de suas áreas na Bacia do Rio Arouce) e das áreas agrícolas (caso das culturas de olivais/pomares e regadio) (ver figuras 31 e 32).

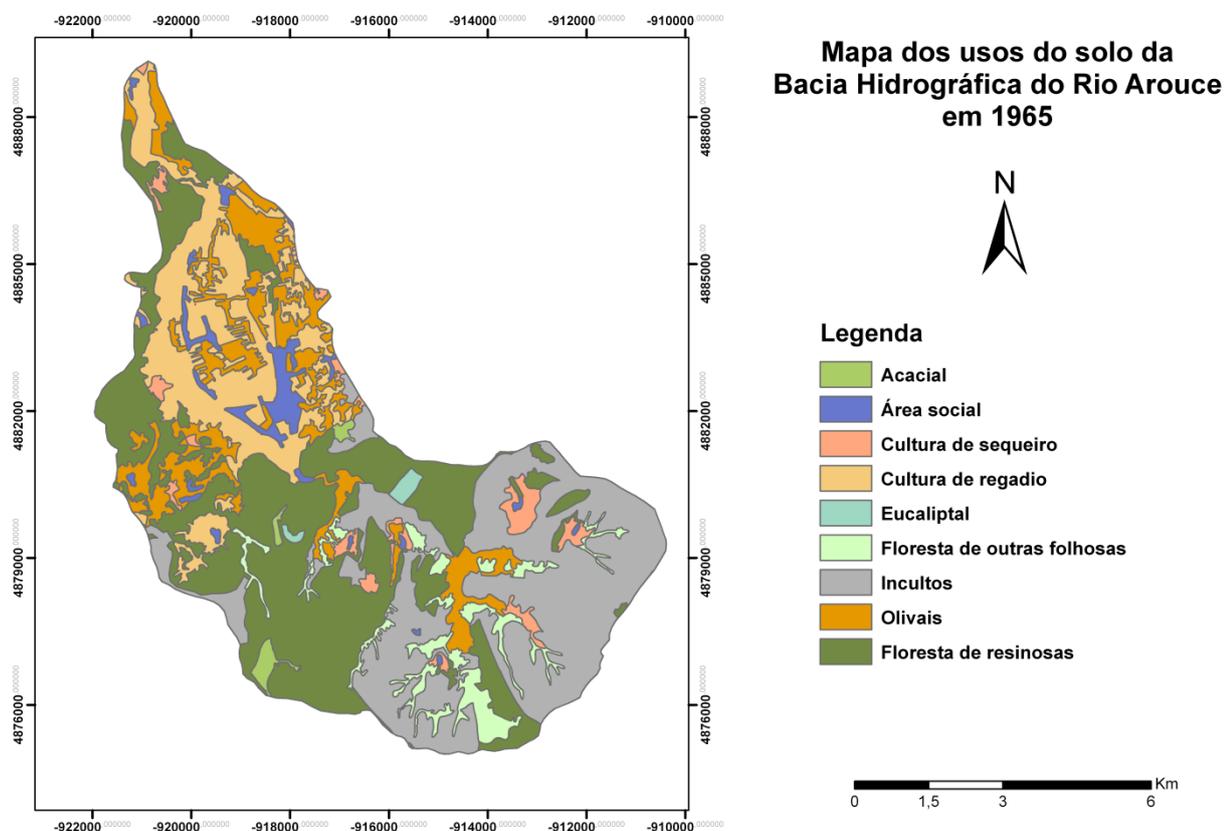


Figura 31 – Mapa das opções de uso e ocupação do solo em nível detalhado da área de estudo em 1965.

Após introduzidas no espaço receptor da Ribeira do Arouce, tanto a *Acacia dealbata* (mais agressiva) quanto a *Acacia melanoxylon* rapidamente se expandiram para longe do foco da introdução (característica das invasoras), tornando-se estabilizadas, culminando no atual estado preocupante da invasão biológica pela qual se encontra a área em estudo (figura 32). Além disso, o atual estágio da invasão projeta ambientes futuros preocupantes, para curto intervalo de tempo, onde é conspícuo o reducionismo do componente nativo em manchas isoladas, sobretudo nos topos dos vales e nas cotas médias das vertentes, em resposta à atuação perspicaz das Acácias invasoras. Nesse sentido, estudos que seguem os encaminhamentos fundamentais de natureza da Ciência da Invasão (na qual insere-se a presente tese), são fundamentais para conhecimento do processo (estágio atual, evolução, fatores, consequências), fornecendo equipamentos (como o mapa da invasão) indispensáveis na elaboração de atividades de gestão e controle tanto nas áreas *core* de intensa perturbação, como nas áreas adjacentes com risco da invasão.

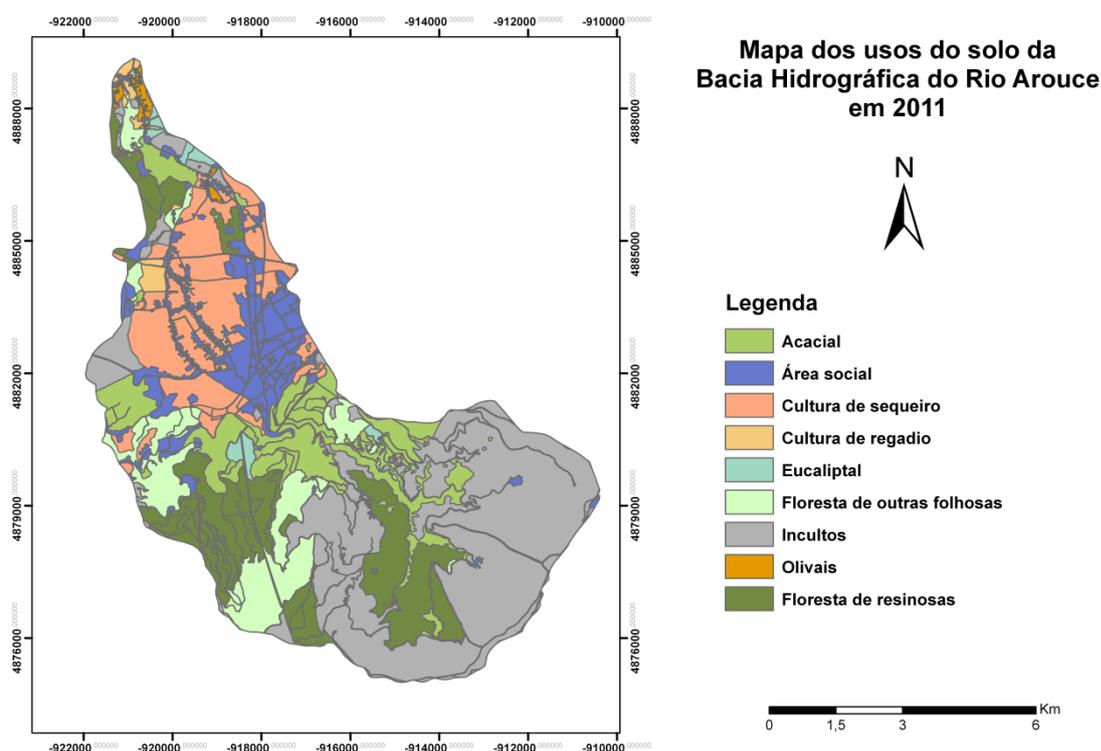


Figura 32 – Mapa das opções de uso e ocupação do solo em nível detalhado da área de estudo em 2011.

CAPÍTULO 6

MAPEAMENTO DO GRAU DE OCUPAÇÃO E DO GRAU DE SOCIABILIDADE DAS ESPÉCIES *A. DEALBATA* E *A. MELANOXYLON* NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AROUCE

A investigação sobre os processos das invasões por *Acácia* na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce foi iniciada com uma análise preliminar de fotografias aéreas, em escala de 1/25000. O objetivo dessa análise foi conhecer os padrões de distribuição das espécies, investigar os contextos das invasões, e verificar a influência ou não de diferenciadas opções de uso e ocupação do solo, como os corredores naturais e antrópicos da paisagem (vias de comunicação e linhas de água).

Em primeiro lugar, a análise da invasão, que é entendida como um processo de degradação de ecossistemas resultado da rápida expansão e do estabelecimento de numerosos indivíduos, pode acontecer em diversas escalas. Assim, as pequenas manchas e os indivíduos isolados que se verificam na paisagem, constituem as *microformas de invasão*, enquanto que as grandes e extensas manchas de espécies invasoras fazem parte das *macroformas de invasão* (ver figura 33).



Figura 33 – Fisionomia da paisagem: microformas de invasão (A – pequenas manchas B – indivíduos isolados) e macroformas de invasão (C – grandes manchas).

Estudos que seguem os encaminhamentos fundamentais da *Ciência da Invasão* baseiam-se no resultado da combinação de três fatores fundamentais: a espécie invasora, o ambiente hospedeiro e o processo da invasão, com os resultados dos processo de evolução dos componentes estruturadores da paisagem. Desse modo, a invasão biológica resulta da atuação de dois grupos: um de origem ambiental, ligado ao conceito de habitat, e outro de origem biológica, vinculado ao organismo vivo.

Os graus de ocupação e sociabilidade das populações vegetais são resultado das formas que as espécies adquirem numa paisagem, onde os referidos graus traduzem sua estrutura. É a expressão atual de uma dinâmica externa, sob influência de fatores do sistema biótico e abiótico dos ecossistemas, no âmbito de uma paisagem.

A junção desses dois elementos (o grau de ocupação com base num índice quantitativo da ocupação da área pela espécie invasora, e do grau de sociabilidade que é refletido pela sociabilidade das populações com base num índice qualitativo), permitiu a realização do mapeamento e análise da ocupação e sociabilidade das espécies *A. dealbata* e *A. melanoxylon* na Bacia do Rio Arouce.

O resultado da análise e investigação desses dois fatores na área da Bacia do Rio Arouce, durante a primeira fase de fotointerpretação, revelou que os vales formados pela incisão de drenagem do Rio Arouce apresentam acúmulos significativos de espécies de *A. dealbata* e *A. melanoxylon*, como é verificado na porção central da área. Essas espécies recobrem as encostas e foram ao longo do tempo incrementadas, até atingirem os topos das cabeceiras, em menor proporção. Por outro lado, os terraços fluviais, foz e setor terminal do Rio Arouce que também estão associadas a coberturas sedimentares, possuem menor grau de ocupação e sociabilidade das espécies invasoras, devido, entre outros fatores, a sua situação topográfica plana. Nessa fase inicial foram traçados também, os canais de drenagem, as vias de comunicação, e as linhas de corta fogo na área de estudo.

Após o levantamento de campo, a segunda fase de fotointerpretação foi efetuada. Nela foram identificadas e delimitadas as unidades ambientais da Bacia do Rio Arouce: unidade cabeceiras, unidade intermédia e, unidade terminal. A figura 34 traz uma vista geral das unidades ambientais, elaborada com base na topografia da área de estudo.

O relevo da Bacia do Rio Arouce pode ser individualizado em dois setores: um setor sedimentar dominante na porção terminal da bacia, e um setor xisto-grauváquico estendendo-se da porção centro às cabeceiras do Rio Arouce. Numa bacia hidrográfica as formas de relevo estão relacionadas a altitude dos sedimentos depositados. A inclinação do relevo é geralmente causada por tectônica e sua localização na bacia poderá circundar a parte central e plana da bacia. Na área do Rio Arouce, o relevo está associado a esse padrão, com uma estrutura concordante monoclinal.

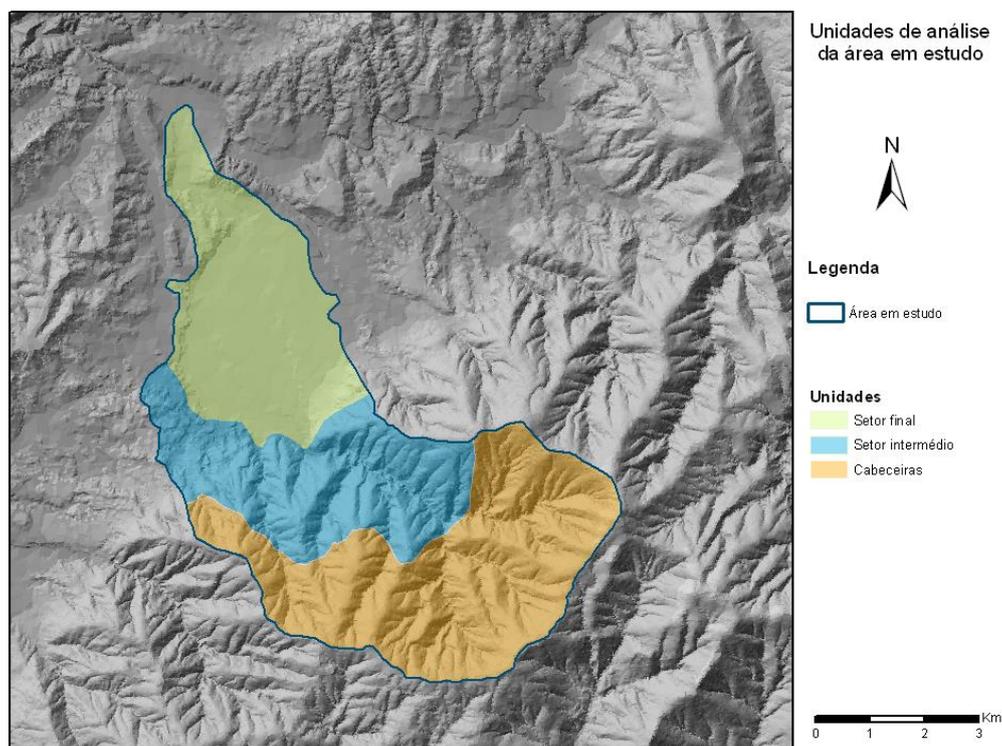


Figura 34 – Compartimentação da área de análise em três unidades ambientais distintas.

Em cada unidade, foram reconhecidos os graus de ocupação e sociabilidade das espécies. Os mapas dos graus de ocupação e sociabilidade das espécies *A. dealbata* e *A. melanoxylon* foi feito para a área da Bacia do Rio Arouce, compreendendo uma área de 7.300ha. (ver figuras 35, 36 e 37). As espécies foram individualizadas pelas estruturas e fisionomias de seus núcleos, ou ainda pela existência de apenas uma espécie. Foram reconhecidas ainda as áreas hópedeiras, compostas de elementos físicos vulneráveis a existência da espécie invasora. As antigas zonas introduzidas são encontradas especificamente no Vale do Rio Arouce, no setor intermédio da bacia, constituindo zonas de baixos interflúvios e o plano aluvial, ligado as calhas de drenagem.

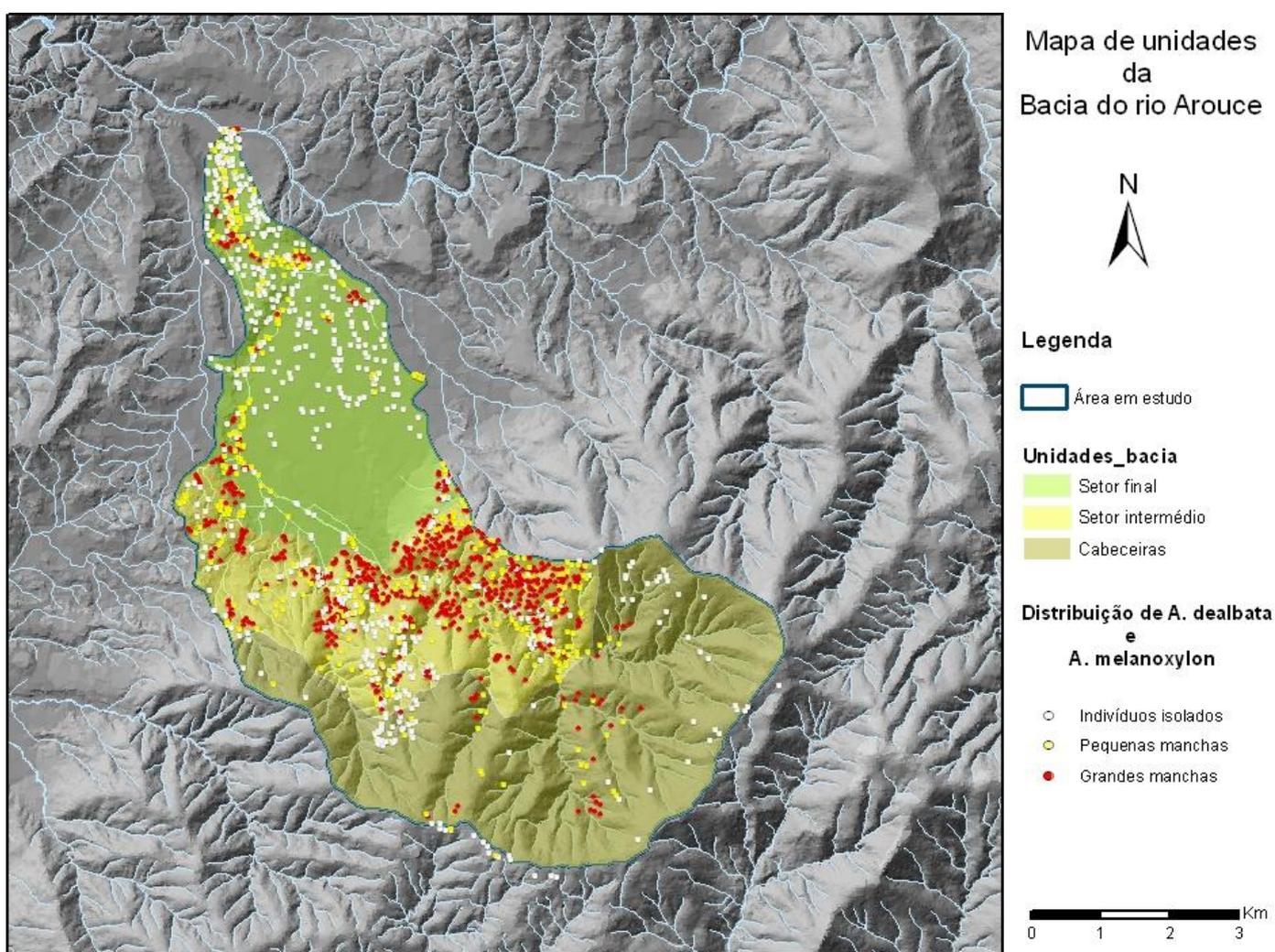


Figura 35 – Mapa dos graus de sociabilidade das espécies *A. dealbata* e *A. melanoxylon* na área de estudo.

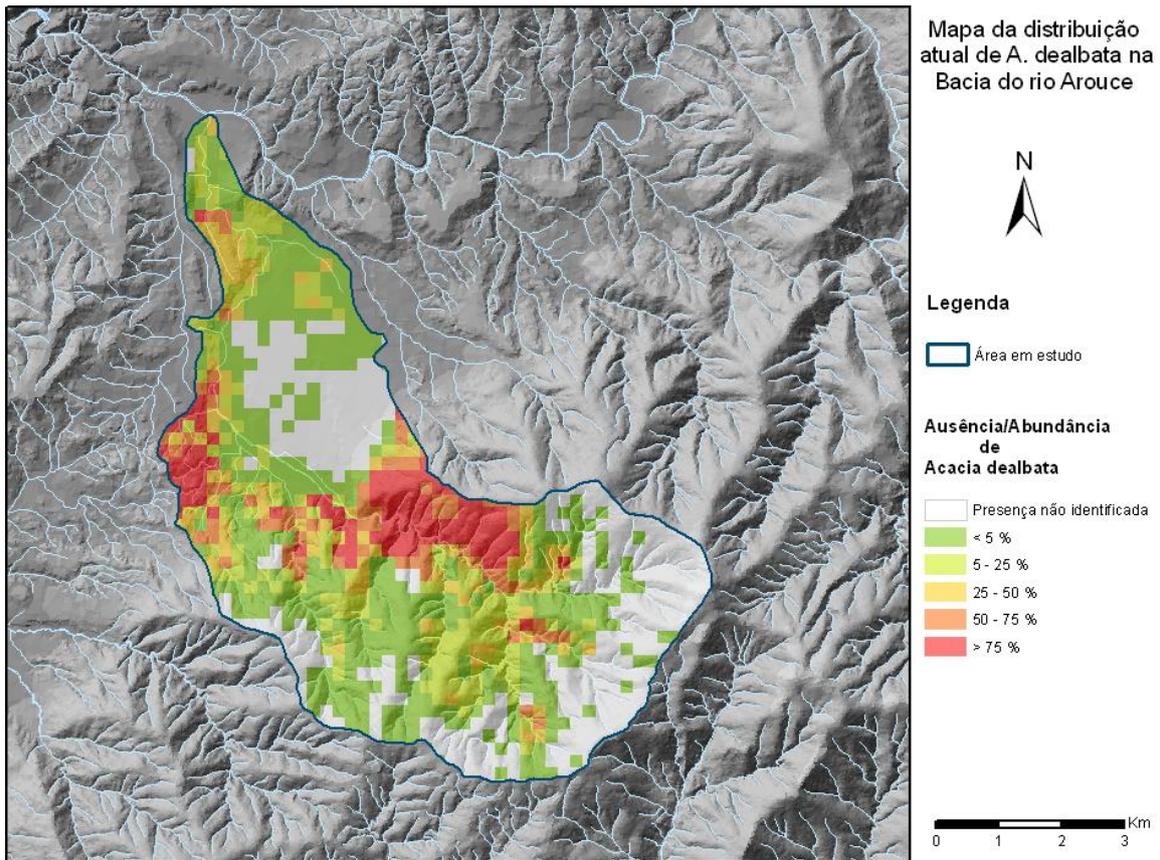


Figura 36 – Mapa dos graus de ocupação da espécie *A. dealbata* na área de estudo.

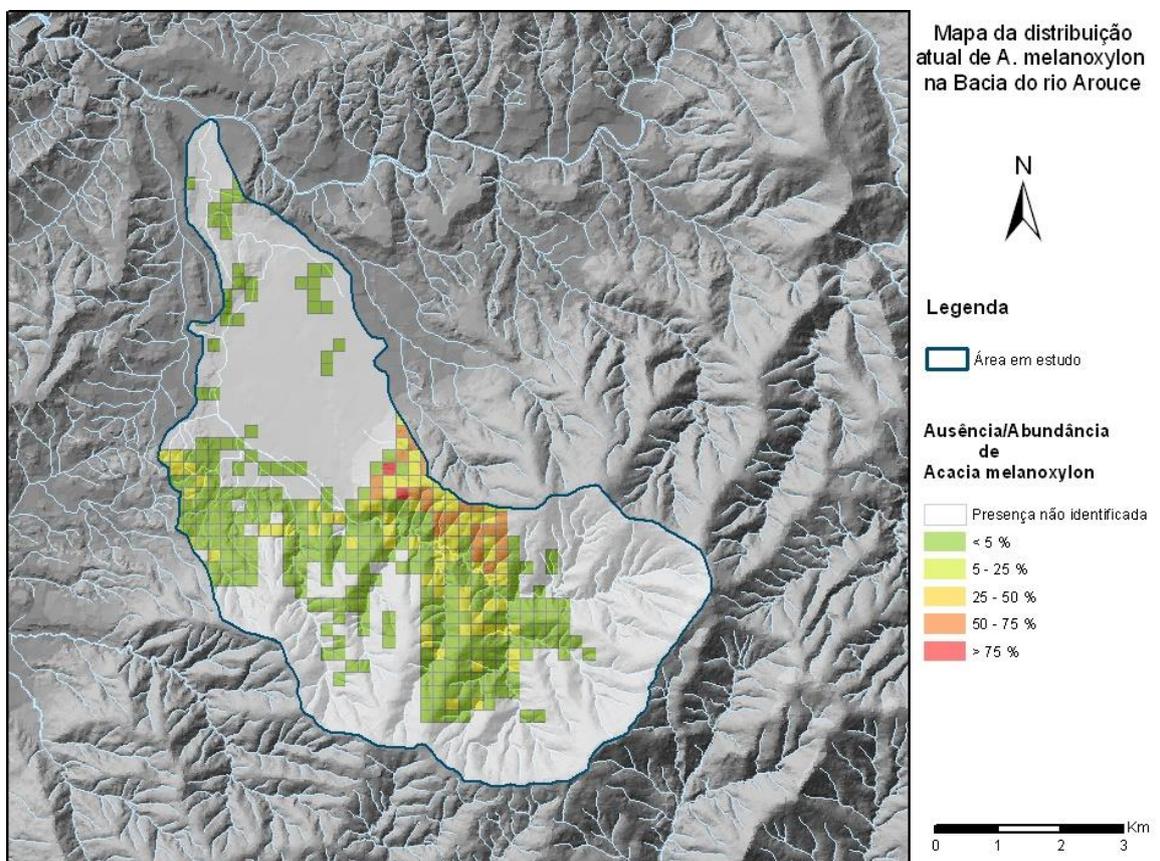


Figura 37 – Mapa dos graus de ocupação da espécie *A. melanoxylon* na área de estudo.

6.1 Unidade cabeceiras

A unidade ambiental Cabeceiras, localizada na extremidade sul da área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, tem por substrato xisto e granitos do complexo xisto-grauváquico. No âmbito dos graus de ocupação e sociabilidade para as espécies *A. dealbata* e *A. melanoxylon* nesta área, podem ser tratados dois níveis de base na unidade cabeceiras, o primeiro, corresponde ao topo do vale com altitude que chega a 1200m, e o segundo corresponde as áreas de vale do curso principal e afluentes secundários, a 700m. O vale propriamente dito está a 400m de altitude. A amplitude de valores para a ocupação das espécies entre o topo e o vale à 400m, é mínima, os valores concentram-se na classe de ocupação 5% por área ocupada por cada célula da grelha, tanto no caso da *A. dealbata* quanto para *A. melanoxylon*. Entretanto, verifica-se para o caso da *A. melanoxylon* uma concentração de indivíduos no nível de base 2 (vale à 700m), enquanto que a *A. dealbata* está presente em quantidades significativas, tanto no nível de base 2 da unidade cabeceiras, quanto no nível de base 1 (topo do vale à 1200m). Esta dinâmica subsidia a tradução dos graus de sociabilidade obtidos, indicando a presença de indivíduos isolados das duas espécies, tanto no nível de base 1 quanto no nível 2 da unidade cabeceiras, apontando para a espécie *A. melanoxylon* um alto percentual de presença não identificada nessa unidade da bacia, sobretudo no nível de base 1 onde a espécie é praticamente inexistente, e para a espécie *A. dealbata* a presença sob a forma de indivíduos isolados, sob a mesma proporção nos dois níveis de base da unidade cabeceiras (figura 38).

a)



b)



Figura 38 – Aspectos da unidade cabeceiras: a) unidades de base (1 – topo; 2 – vale adjacente); b) presença de indivíduos isolados (corte manual de indivíduo isolado de *A. dealbata* inserido em domínio de resinosas).

6.2 Unidade intermédia

A segunda unidade ambiental é denominada Unidade Intermédia e localiza-se no centro-sul da área da Bacia do Rio Arouce. Tem por substratos os xistos e granitos do complexo xisto-grauvácico nas encostas e topos dos vales, e os arenitos, argilas, areias e cascalhos dos terrenos aluvionares no fundo dos vales. Esta unidade ambiental representa o setor de introdução dos taxa invasores, com os maiores índices para os graus de ocupação e sociabilidade da área de estudo. É uma área com suave ondulação no fundo do vale, com encostas íngremes, vales encaixados, e topos de vale ondulados. Desse modo, pode ser subdividida em dois níveis de base, o nível 1 das maiores altitudes (700m) e o nível 2 do fundo do vale (400m). A configuração da ocupação e da sociabilidade das espécies no centro da Bacia do Arouce reflete um contexto de elevada perturbação, típico de áreas significativamente agredidas por invasão biológica. A *A. dealbata* é a espécie principal, a mais agressiva, com uma taxa ocupação com grau de 75% por cada célula da grelha, taxa verificada sobretudo nas encostas do vale com exposição norte. Nas vertentes com orientação sul e fundos de vale o grau da ocupação diminui, mas as taxas para a presença da *A. dealbata* é sempre expressiva. Bem abaixo dos graus de ocupação para a *A. dealbata*, a *A. melanoxylon* é menos presente, com graus de ocupação em torno dos 25-50% por cada célula da grelha localizada nos fundos do vale, e 50-75% por cada célula da grelha localizada em setores pontuais das encostas do vale com orientação norte, provavelmente condicionada por incêndios florestais que ocorreram na área e linhas de corta fogo. No entanto, para *A. melanoxylon*, o valor de ocupação 5% por cada célula da grelha é dominante. Nesse sentido, no âmbito dos graus de sociabilidade das duas espécies, verifica-se uma inclinação para a categoria de *grandes manchas* dado os valores de ocupação da *A. dealbata*, e para *pequenas manchas* no caso da *A. melanoxylon*, com grandes manchas dessa espécie apenas em setores pontuais da unidade intermédia (figura 39).



Figura 39 – Unidade intermédia: a) 1 – topo; e 2 – fundo de vale; b) presença de grandes manchas de Acácia.

6.3 Unidade terminal

A terceira unidade ambiental é chamada de Terminal, que tem por substrato arenitos, areias, cascalhos, argilas que integram a Orla Meso-Cenozóica Ocidental. Nessa extremidade norte da bacia, outro sistema de ocupação e sociabilidade das espécies invasoras se configura, relacionado aos terrenos aluvionares do Rio Arouce. A existência de superfícies planas nessa área, bordeando as margens do curso principal do Rio Arouce, é determinante para a instalação de uma densa rede de espécies invasoras, que ainda não existe, mas que pode vir a ser gerada a medida que os propágulos se dispersem do setor mais elevado à sul, setor intermédio da bacia, unidade com maior grau de ocupação das espécies. As duas espécies possuem graus de ocupação semelhantes para a unidade terminal, tanto *A. dealbata* quanto *A. melanoxylon* apresentam grau dominante de 5% por área ocupada em cada célula da grelha, entretanto, no âmbito do grau de sociabilidade das espécies, como no restante da área da bacia, a *A. dealbata* é a espécie principal em quantidade de indivíduos, apresentando-se em pequenas manchas para a unidade terminal, enquanto que a *A. melanoxylon* apresenta-se com indivíduos isolados (figura 40).



Figura 40 – Aspectos da unidade terminal: a) área do domínio da planície sedimentar dos terrenos aluvionares do Rio Arouce, com destaque para a presença de pequenas manchas de Acácias seguindo o curso de água principal; b) área com presença de indivíduos isolados e domínio de pequenas manchas de Acácias.

CAPÍTULO 7

ESTRUTURA DA PAISAGEM, PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DAS ACÁCIAS E FATORES DETERMINANTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AROUCE E ENTORNO

7.1 Resultados quantitativos – padrões de distribuição

No sentido de avaliar se o padrão na distribuição das espécies invasoras *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon* tem se caracterizado como aleatório ou apresenta alguma tendência espacial na área de estudo, procedeu-se à avaliação da autocorrelação espacial entre os pontos recolhidos em campo no âmbito da presença/abundância dos taxa (o mapa com os pontos coletados pode ser visualizado na figura 41), tendo esta análise baseado-se na aplicação do *Índice de Moran's I*, um dos índices mais aplicados com este propósito (Câmara *et. al.*, 2002).

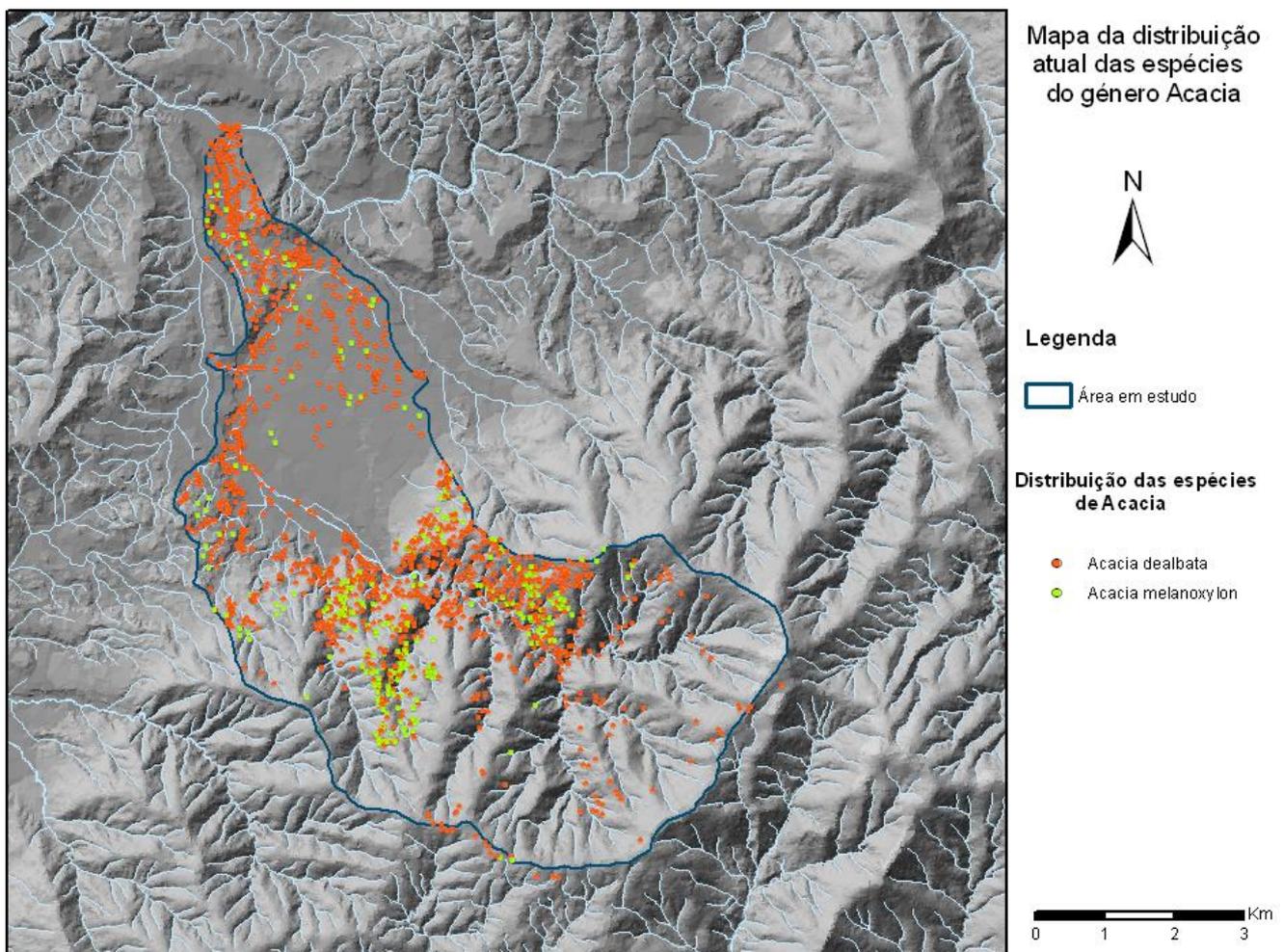


Figura 41 – Mapa de pontos recolhidos da presença de *A. dealbata* e *A. melanoxylon* na área de estudo.

Em termos de resultado, a obtenção do valor de **0.28** no âmbito do *Índice de Moran's I* para a distribuição da *A. dealbata* e da *A. melanoxylon*, indica que a distribuição das espécies se trata de uma organização espacial agrupada (*clustered*), ou seja apresenta alguma tendência espacial, o que significa que o padrão de distribuição dos taxa não tem uma organização aleatória.

Outro aspecto importante advindo do resultado de 0,28, é que a certeza da padronização parece indicar a existência de fatores como determinantes na organização do espaço das Acácias. A investigação destes fatores demanda informações no âmbito dos processos das invasões de Acácia e do ambiente da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.

Numa investigação preliminar dada a existência de um padrão e sobretudo de fatores determinantes, verifica-se que há uma área da bacia que aparenta corresponder ao local onde pode ter ocorrido a introdução das espécies de Acácia, relativa a porção correspondente ao seu setor intermédio (ver figura 41), tendo em conta a agregação da maior parte dos pontos coletados, indicando que podem haver manchas contínuas de acaciais com grande dimensão.

A padronização para fora desta área compartimenta a bacia em mais duas unidades, uma a norte e outra a sul do setor da possível introdução, com diferentes contextos de invasão, como pode ser visualizado na figura 41. Uma dessas unidades contempla o setor terminal da bacia, na área da foz do Rio Arouce, com uma padronização que indica um contexto de pequenas manchas de Acácias, dada a presença menos frequente de pontos em comparação ao setor intermédio. Algumas ocorrências de Acácia neste setor parecem estar associadas principalmente a indivíduos isolados, salvo a exceção das áreas de fundo de vale e linhas de água do Rio Arouce, além das margens de estradas e caminhos da paisagem, onde certamente se encontram manchas descontínuas.

A outra unidade com característica padrão no âmbito da presença de Acácias, compreende o setor das cabeceiras do Rio Arouce, localizada a sul do possível setor de introdução das espécies. Nesta unidade a presença das duas Acácias parece ser menos frequente que nas outras duas unidades (ver figura 41), e estará associada certamente a indivíduos isolados, possivelmente posicionados nas margens das estradas ou na proximidade das linhas de água.

Dada a frequência deste padrão, na tentativa de identificar e avaliar os fatores determinantes nessa padronização, num primeiro experimento foram correlacionados os dados obtidos no âmbito das opções de uso e ocupação do solo com os dados de campo da recolha da presença/abundância dos pontos amostrados. Sob subsidio ao cálculo da *Correlação do Coeficiente de Spearman rho*, foi avaliada a existência de uma possível influência dos tipos de uso e ocupação do solo na definição dos padrões de distribuição das Acácias. Num segundo experimento, foi avaliada a importância dos corredores da paisagem nos padrões de distribuição. Para tal, foram calculados os *Índices de Densidade e Cobertura* do conjunto de pontos da área de influência dos corredores, e fora dela.

7.2 Resultados quantitativos – opções de uso do solo

O resultado quantitativo da correlação entre os dados advindos da análise entre o uso do solo e a presença/abundância dos taxa exóticos (*A. dealbata* e *A. melanoxylon*), apresentou indicações de associação clara para poucos elementos no âmbito das formas de ocupação, onde estas formas pouco ajudam a explicar os padrões das espécies no conjunto da Bacia do Rio Arouce. As correlações (positivas e negativas) para a relação entre a presença/abundância de *A. dealbata* e *A. melanoxylon* e os usos do solo, variou entre as duas espécies selecionadas, tanto no âmbito dos tipos de usos que a influenciam, quanto nos valores das correlações obtidas, assim como em termos de significância estatística dos valores obtidos. Os dados podem ser visualizados num plano resumido na tabela XX, e num plano geral nas tabelas XXII e XXIII nos anexos. As correlações com significância foram obtidas entre 1. a presença de *A. dealbata* e *A. melanoxylon*, 2. entre a presença de *A. melanoxylon* e áreas com pomar, 3. entre a presença das duas espécies e áreas sociais urbanas, e 4. entre a presença das duas espécies e áreas de incultos com comunidade arbustivas abertas.

Tabela XX – Valores da correlação e significância do resultado da interseção entre os dados para a presença das espécies e os tipos de uso do solo

		AD	AM	ud_p_o	uc_p_o	pnf_p_o	pna_p_o	pm_p_o	olpm_p_o	lam_p_o
AD	Correlation Coefficient	1,000	,686	,071	-,428	,059	-,029	.	-,206	-,031
	Sig. (2-tailed)	.	,000	,413	,000	,620	,652	.	,313	,907
AM	Correlation Coefficient	,686	1,000	,081	-,255	-,098	-,021	1,000	-,321	-,148
	Sig. (2-tailed)	,000	.	,346	,000	,410	,743	.	,110	,570
		foff_p_o	fofa_p_o	ecf_p_o	eca_p_o	crt_p_o	cr_p_o	ch_p_o	carbf_p_o	carbap_p_o
AD	Correlation Coefficient	-,182	,073	.	,156	,039	-,185	.	-,340	-,380
	Sig. (2-tailed)	,028	,525	.	,335	,679	,296	.	,155	,000
AM	Correlation Coefficient	-,189	,226	,000	,173	,162	-,130	,333	,134	-,262
	Sig. (2-tailed)	,022	,045	1,000	,286	,084	,462	,667	,586	,000
		ca_p_o	aiex_p_o	ag_p_o	acoff_p_o	acofa_p_o	acf_p_o	acecf_p_o	aca_p_o	vc_p_o
AD	Correlation Coefficient	-,233	,362	,232	,188	,347	,561	,057	,256	-,115
	Sig. (2-tailed)	,000	,089	,105	,426	,001	,000	,883	,001	,001
AM	Correlation Coefficient	-,251	,248	,264	-,038	,200	,259	,089	,089	-,060
	Sig. (2-tailed)	,000	,254	,064	,875	,054	,003	,820	,253	,086

Foi obtida correlação perfeita entre a presença de *A. dealbata* e *A. melanoxylon*. O valor da correlação de 0,7 indica a existência de uma significativa relação na co-ocorrência das duas espécies, o que aponta para uma probabilidade elevada da hipótese de sempre que ocorra uma espécie também ocorrerá a outra. Entretanto, como pode ser visualizado na figura 41, a correlação limita-se apenas no âmbito da co-ocorrência, já que do ponto de vista da distribuição, a *A. dealbata* é afeidamente dominante na paisagem, enquanto que a *A. melanoxylon* tem uma presença pouco significativa.

Também foi obtida correlação perfeita entre a presença de *A. melanoxylon* e áreas com culturas de pomares (*Pm*). O valor da correlação 1,0 indica uma associação muito significativa entre a presença da espécie invasora e as áreas de pomares (*Pm*), o que demonstra que há alta probabilidade da presença da espécie nas culturas de pomar da Bacia do Rio Arouce. Entre as razões para a associação, pode-se inferir o aspecto de extensividade como que este uso está relacionado. Por seu caráter extensivo de ocupação do solo, esse aspecto é benéfico para a produção de mecanismos de dispersão pelas espécies de Acácias invasoras. Há também um outro fato que deve explicar essa associação: a localização da espécie nas margens das parcelas ocupadas por esse tipo de uso do solo. Como é sabido, a espécie é conspícua nas margens das estradas ou de linhas de água, territórios dominados muitas vezes por culturas de pomares, sobretudo no setor terminal da área de estudo, na proximidade das grandes manchas de áreas sociais.

Foi obtida uma correlação inversa entre a presença de *A. dealbata* e *A. melanoxylon* com as áreas sociais de Urbano contínuo (*Uc*). Como previsto, não há associação, o efeito das áreas urbanas na relação com a presença de Acácias invasoras é nulo. Os valores significativos da correlação de -0,4 para *A. dealbata* e -0,2 para *A. melanoxylon*, e da significância variando em $<0,005$ para as duas espécies, tem mostrado que nas áreas sociais urbanas contínuas da Bacia do Rio Arouce a probabilidade de haver *A. dealbata* e/ou *A. melanoxylon* é bastante reduzida, ou nula.

Também foi obtida correlação inversa entre a presença de *A. dealbata* e *A. melanoxylon*, com áreas de incultos de comunidades arbustivas abertas (*Carbab*). Os valores da correlação de -0,4 para *A. dealbata* e -0,3 para *A. melanoxylon*, indicam uma associação negativa inversa entre a presença das espécies invasoras e áreas de inculto com comunidades arbustivas abertas (*Carbab*) na Bacia do Rio Arouce, dados estes ratificados pelos valores obtidos para a significância (sign. $<0,005$). Assim como no caso da baixa probabilidade da presença de espécies invasoras para as áreas urbanas da Bacia do Rio Arouce, concentradas sobretudo no setor terminal da bacia, previa-se também essa dinâmica para as áreas de *Carbab*, tanto por estarem localizadas nos topos das montanhas das cabeceiras do Rio Arouce (a altitude é um fator determinante nas invasões de Acácias), como também pelo caráter fisionômico-estrutural das comunidades (incultos de comunidades arbustivas abertas estão vulneráveis a invasão, mais que comunidades arbóreas fechadas por exemplo).

7.3 Resultados quantitativos – corredores da paisagem

O mapa com a rede hidrográfica, com as estradas urbanas e rurais, com as linhas de transmissão de energia elétrica, com os caminhos abertos pelo corta fogo na Bacia do Rio Arouce, pode ser visualizado na figura 42, com acrescimo da rede de *buffers* produzida para avaliação dos caminhos (naturais e antrópicos) nos padrões de invasões na área de estudo.

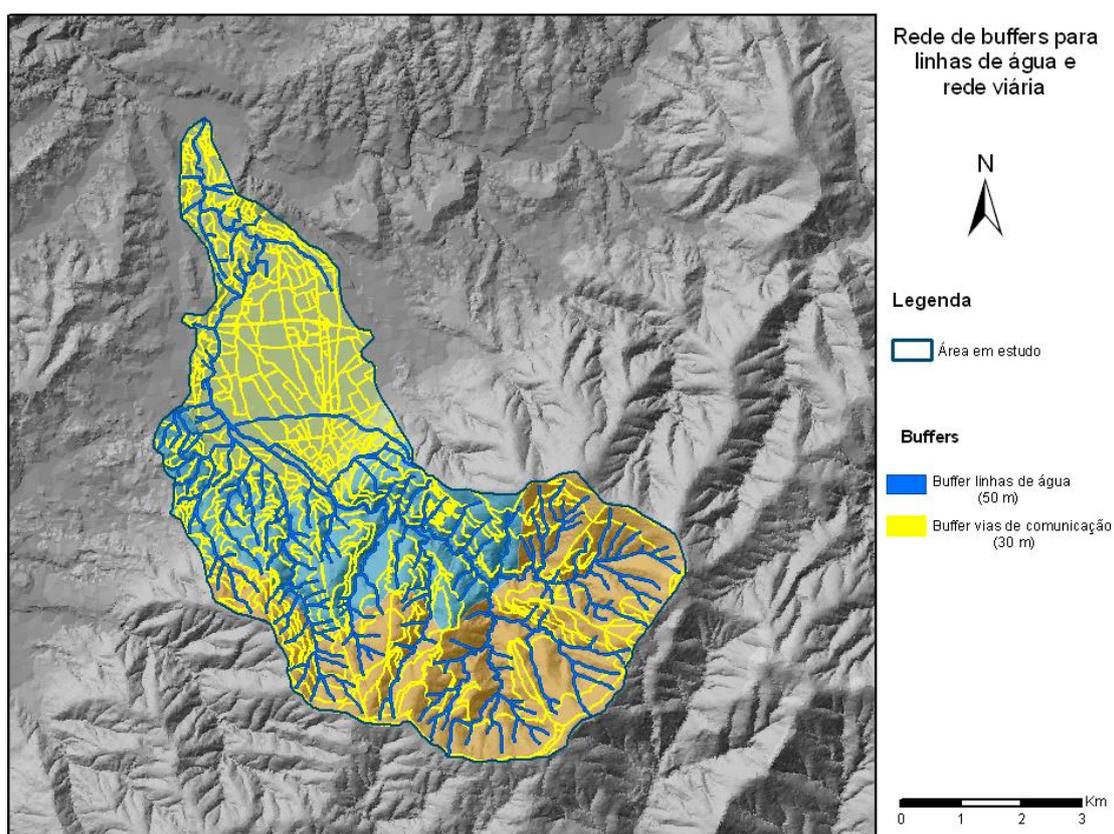


Figura 42 – Rede de buffers para as linhas de água e rede viária da área de estudo.

Os valores para a área total, cobertura total de pontos, número de pontos coletados, e valores obtidos para a densidade e cobertura nas áreas das unidades da bacia e áreas específicas dos buffers, podem ser visualizados nas tabela XXI e XXII. A cobertura total dos pontos coletados na área da Bacia do Rio Arouce foi de 1061 para a *unidade terminal*, 2316 para a *unidade intermédia*, e 237 para a *unidade cabeceiras*. A área da *unidade terminal* é de 2200ha, desses 472ha correspondem as áreas dos buffers das *vias de comunicação* (dos 664 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 165 pontos dentro dos buffers), 144ha correspondem as áreas dos buffers das *linhas de água principais* (dos 664 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 143 pontos dentro dos buffers), e 66ha correspondem as áreas dos buffers das *linhas de água secundárias* (dos 664 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 94 pontos dentro dos buffers). A área da *unidade intermédia* é de 2025ha, desses 375ha são correspondentes as áreas dos buffers das *vias de comunicação* (dos 1022

pontos coletados na *unidade*, foram registrados 220 pontos dentro da área dos *buffers*), 277ha correspondem as áreas dos *buffers* das *linhas de água principais* (dos 1022 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 25 pontos dentro da área dos *buffers*), e 33ha correspondem as áreas dos *buffers* das *linhas de água secundárias* (dos 1022 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 180 pontos dentro da área dos *buffers*). A área da *unidade cabeceiras* é de 3056ha, desses 391ha são correspondentes as áreas dos *buffers* das *vias de comunicação* (dos 145 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 31 pontos dentro da área dos *buffers*), 344ha são correspondentes as áreas dos *buffers* das *linhas de água principais* (dos 145 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 25 pontos na área dos *buffers*), e 54ha correspondem as áreas dos *buffers* das *linhas de água secundárias* (dos 145 pontos recolhidos na *unidade*, foram registrados 5 pontos na área dos *buffers*).

A *Unidade Terminal* apresentou valores médios de densidade e cobertura dos pontos coletados quando comparados aos valores das outras unidades. A proximidade entre o valor de 254 da cobertura total de pontos das *vias de comunicação* com o total de 165 pontos recolhidos dentro dos *buffers*; além do valor de cobertura de 243 para as *linhas de água principais* com o total de 143 pontos recolhidos nas áreas dos *buffers*; e do valor de 173 para as *linhas de água secundárias* com o total de 94 pontos recolhidos nos *buffers*, indica para a unidade terminal uma categorização no nível de '*pequenas manchas*', segundo nível da hierarquização para a presença de Acácias invasoras.

Já a *Unidade Intermédia* apresentou o contexto mais discrepante no âmbito da invasão, agregando os valores mais elevados em termos de densidade e cobertura dos pontos coletados. A unidade intermédia apresentou uma cobertura total de pontos de 406 para as *vias de comunicação* (comparado ao total de 220 pontos recolhidos dentro dos *buffers*), de 53 para as *linhas de água principais* (comparado aos 25 pontos recolhidos nas áreas dos *buffers*), e de 424 para as *linhas de água secundárias* (comparado ao total de 180 pontos recolhidos nos *buffers*). Essa dinâmica de valores entre a cobertura de pontos e o total coletado dentro dos *buffers* indica para a unidade intermédia sua aproximação com a categorização ao nível de '*grandes manchas*', terceiro e mais elevado nível da hierarquização no âmbito da presença/abundância de Acácias invasoras.

A *Unidade Cabeceiras*, por sua vez, apresentou dinâmica da invasão oposta ao observado para a unidade intermédia. Enquanto que na unidade intermédia foram obtidos os valores mais elevados para os termos da cobertura e densidade de pontos, na unidade cabeceiras foram observados os valores mais baixos, colocando esta unidade na categoria de '*indivíduos isolados*', terceiro nível da hierarquização no âmbito da presença de Acácias. A unidade cabeceiras apresentou uma cobertura total de pontos de 36 para as *vias de comunicação* (total de 31 pontos recolhidos dentro dos *buffers*), de 34 para as *linhas de água principais* (total de 25 pontos recolhidos dentro dos *buffers*), e de 11 para as *linhas de água secundárias* (total de 5 pontos recolhidos dentro dos *buffers*).

Nesse âmbito mais geral nos termos da cobertura total dos pontos coletados para cada unidade da bacia comparado ao total dos pontos recolhidos dentro das áreas dos buffers, verifica-se a existência de um padrão para a densidade das espécies, com uma polarização na porção intermédia da bacia, o que determinou a densidade das Acácias nas outras duas áreas de estudo: uma a norte com um contexto intermédio (valores médios) no âmbito dos termos da densidade das espécies, e outra a sul com o menor valor, revelando a área de estudo com o menor número de espécies.

Num âmbito mais específico, com avaliação dos valores obtidos para a densidade e cobertura dos pontos, a *Unidade Terminal* apresentou para as vias de comunicação uma densidade de pontos de 0,34 na área do buffer (comparado ao valor de 0,3 para a área fora do buffer); para as linhas de água principais uma densidade de 0,99 na área do buffer (comparado ao valor de 0,2 para a área fora do buffer); e para as linhas de água secundárias uma densidade de espécies de 1,4 na área do buffer (comparado ao valor de 0,3 para a área fora do buffer). Desse modo, a unidade terminal apresentou valor de cobertura de 0,53 para as áreas dos buffers das vias de comunicação (comparado ao valor de 0,4 para a área fora do buffer); de 1,7 para as áreas dos buffers das linhas de água principais (comparado ao valor de 0,4 para a área fora do buffer), e de 2,6 para as áreas dos buffers das linhas de água secundárias (comparado ao valor de 0,4 para a área fora do buffer). Como pode ser observado, a unidade terminal se apresenta, dentre todas as unidades, como o setor dos valores médios em termos de densidade e cobertura dos pontos. Os resultados quantitativos da densidade e cobertura das espécies na *Unidade Terminal* indicam que a maior parte dos pontos coletados estão relacionados a presença de *pequenas manchas* de Acácias, especialmente nas áreas próximas às linhas de água, onde, tendo em conta sobretudo a cobertura dos pontos, verifica-se que a probabilidade de haver espécies de Acácias junto aos caminhos naturais (linhas de água) da unidade terminal da Bacia do Rio Arouce está em torno dos 50%.

No que se refere aos valores obtidos para a densidade e cobertura de pontos para a *Unidade Intermédia*, foi obtido valor de densidade de pontos de 0,58 para as áreas dos buffers das vias de comunicação (comparado ao valor de 0,5 obtido para as áreas fora do buffer), de 0,09 para as áreas dos buffers das linhas de água principais (comparado ao valor de 0,6 obtido para as áreas fora do buffer), e de 5,4 para as áreas dos buffers das linhas de água secundárias (comparado ao valor de 0,4 obtido para as áreas fora do buffer). Ao nível da cobertura, foi obtido o valor de 1,08 para as áreas dos buffers das vias de comunicação (comparado ao valor de 1,1 para as áreas fora do buffer), de 0,2 para as áreas dos buffers das linhas de água principais (comparado ao valor de 1,3 para as áreas fora do buffer), e de 12,8 para as áreas dos buffers das linhas de água secundárias (comparado ao valor de 0,9 para as áreas fora do buffer). Com base nos resultados quantitativos da densidade e cobertura das espécies na unidade intermédia, verifica-se que a maior parte dos pontos, sobretudo nos caminhos

antrópicos e nas linhas de água secundárias, estão associados a categoria de ‘*grandes manchas*’, o que suporta a idéia que a introdução das espécies possa ter ocorrido nesta unidade, além da alta probabilidade da presença das Acácias juntos aos corredores naturais (destaque para o alto valor de cobertura nos caminhos secundários), com probabilidade de ocorrência em torno dos 50%.

Na *Unidade Cabeceiras*, conforme consta na tabela XXII, o valor da densidade de pontos para as áreas dos buffers das vias de comunicação foi de 0,07 (enquanto que para a área fora do buffer foi de 0,04); para as áreas dos buffers das linhas de água principais foi também de 0,07 (enquanto que para a área fora do buffer foi de 0,04), e para as áreas dos buffers das linhas de água secundárias foi de 0,09 (enquanto que para a área fora do buffer foi de 0,04). Já os valores de cobertura na unidade cabeceiras para as áreas dentro dos buffers das vias de comunicação foi de 0,09 (enquanto que para a área fora do buffer foi de 0,07), para as áreas dos buffers das linhas de água principais foi de 0,09 (enquanto que para a área fora do buffer foi de 0,07), e para as áreas dentro dos buffers das linhas de água secundárias foi 0,2 (enquanto que para a área fora do buffer foi de 0,07). Considerando os resultados quantitativos no âmbito da densidade e cobertura dos pontos coletados para a unidade cabeceiras, verifica-se que nessa unidade, principalmente nas áreas dos caminhos antrópicos, a maior parte dos pontos correspondem a indivíduos isolados, em oposição aos resultados obtidos para as outras duas unidades da bacia hidrográfica. Esse fato é um indicativo da chegada recente de Acácias invasoras à área. No que tange aos valores de cobertura, em correspondência com os valores da densidade de pontos, estes tem apontado para uma presença pouco significativa das espécies focais na área, onde quase todos os pontos coletados pertencem a categoria de indivíduos isolados. Esse fato, comparativamente com os resultados de densidade e cobertura obtidos para as outras duas unidades que compreendem a área de estudo, indica que a *Unidade Cabeceiras* constitui num compartimento diferenciado dentro do contexto das invasões por *Acácia* na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, onde o processo da invasão ainda encontra-se inconsolidado.

Tabela XXI – Dados da área total, densidade dos pontos, e cobertura total para as unidades ambientais Terminal, Intermédia e Cabeceiras da Bacia do Rio Arouce

Dados gerais das unidades ambientais no âmbito da densidade e cobertura dos pontos coletados			
Unidades ambientais	Área total (ha)	Total de pontos coletados	Cobertura total dos pontos
Unidade terminal	2200	664	1061
Unidade intermédia	2025	1022	2316
Unidade cabeceiras	3056	145	237

Tabela XXII – Dados da área total, densidade e cobertura total dos pontos dentro e fora das áreas específicas de influência dos buffers

Dados específicos para as áreas de influência dos buffers da densidade e cobertura dos pontos									
Unidade ambientais	Caminhos da invasão	Área buffer (ha)	Cobertura total buffer	Nº pontos dentro buffer	Nº pontos fora buffer	Densidade dentro buffer	Densidade fora buffer	Cobertura dentro buffer	Cobertura fora buffer
Unidade terminal	Vias de comunicação	472	254	165	499	0,34	0,3	0,53	0,4
	Linhas de água principais	144	243	143	521	0,99	0,2	1,7	0,4
	Linhas de água secundárias	66	173	94	570	1,4	0,3	2,6	0,4
Unidade intermédia	Vias de comunicação	375	406	220	802	0,58	0,5	1,08	1,1
	Linhas de água principais	277	53	25	997	0,09	0,6	0,2	1,3
	Linhas de água secundárias	33	424	180	842	5,4	0,4	12,8	0,9
Unidade cabeceiras	Vias de comunicação	391	36	31	114	0,07	0,04	0,09	0,07
	Linhas de água principais	344	34	25	120	0,07	0,04	0,09	0,07
	Linhas de água secundárias	54	11	5	140	0,09	0,04	0,2	0,07

CAPÍTULO 8

DISCUSSÕES - CONTEXTOS DAS INVASÕES NA BACIA DO RIO AROUCE

Os resultados mostraram que determinadas opções de uso e ocupação do solo (como os corredores naturais e antrópicos da paisagem) tem influência nos padrões de invasão das espécies australianas *A. dealbata* e *A. melanoxylon* na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, ainda que não tenha sido encontrada uma correlação significativa que permitisse suportar a hipótese de que as formas de uso e ocupação do solo são fatores determinantes no processo das invasões e padrões de ocupação e colonização do espaço pelas espécies focais.

Os resultados das mudanças do uso do solo entre 1965-2011 indicaram que, de um modo geral, houve uma significativa mudança no uso do solo da área de estudo, seguindo tendência nacional (Nunes *et. al.* 2007, 2010, 2011), com decréscimo das áreas ocupadas por culturas agrícolas (culturas de regadio, culturas de olivais/pomares) e florestas de resinosas, que perderam espaço, sobretudo, para áreas sociais e territórios ocupados por florestas invasoras (acaciais). O incremento ocorrido no âmbito das áreas sociais pode estar ligado à recente abertura de corredores na paisagem, sejam vias de comunicação urbanas ou rurais, fato que determinou significativamente os resultados da correlação entre os corredores da paisagem e a presença das espécies. Quanto as culturas tradicionais de sequeiro, que seguem em diminuição no âmbito nacional, apresentaram para a área de estudo valores significativos de aumento do seu território entre 1965-2011, possivelmente em decorrência do caráter extensivo desse uso do solo, que diferente das culturas de regadio, o sequeiro é uma cultura agrícola caracterizada por uma sazonalidade de uso maior, e ainda em razão da sua ocorrência em áreas limitrofes (de borda), com aumento da área junto aos usos sociais urbanos.

Os resultados da análise específica das mudanças nas áreas com presença de acaciais, segundo a série histórica entre 1965 e 2011, apoiam a hipótese de que houve um incremento na presença de Acácias na área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, com um aumento significativo de 12% de área ocupada no intervalo dos últimos 50 anos. Os resultados das mudanças nas áreas com acaciais também indicaram que as espécies atualmente estão presentes em áreas que em 1965 eram ocupadas principalmente por floresta de resinosas e culturas agrícolas.

Em termos de distribuição, os resultados apontaram para a existência de um padrão não aleatório (0,28) da organização do espaço, indicando uma área de possível introdução das espécies, outra com indivíduos isolados, e uma última com pequenas manchas, apontando para a existência de fatores no que tange à invasão de novos territórios a partir da área de introdução original.

No âmbito do aspecto ‘opções do uso do solo como fatores determinantes’, os resultados apontaram para a co-ocorrência das espécies *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon*, excluindo a hipótese de que as espécies ocupam condições ecológicas distintas, ainda que a *Acacia dealbata* seja dominante e *Acacia melanoxylon* tenha uma presença pouco significativa. No âmbito dos resultados para a correlação entre a distribuição dos taxa exóticos (*Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon*) e as opções de uso e ocupação do solo, estes indicaram associação para poucos elementos.

Indicaram uma correlação negativa inversa entre *A. dealbata* e áreas sociais de urbano contínuo (*Uc*), e uma correlação bastante significativa entre a presença de *A. melanoxylon* e áreas de cultura de pomares (*Pm*). Esta última correlação mencionada pode estar relacionada com o caráter de extensividade do uso do solo do tipo pomar, permitindo a presença da espécie nas margens das parcelas analisadas. Já a primeira correlação mencionada corroborou a hipótese da inexistência da espécie em áreas urbanas, assim como os resultados da correlação entre a presença da espécie *A. dealbata* e áreas de incultos de comunidades arbustivas abertas (*Carbab*), corroborando a hipótese da susceptibilidade de formações vegetais baixas (herbáceas e arbustivas) e abertas (oposição às formações fechadas), na invasibilidade de espécies exóticas.

A hipótese de que os corredores naturais (linhas de água) e antrópicos (estradas urbanas, estradas rurais, linhas de alta tensão, linhas de corta fogo) desempenham um papel importante na condução dos processos das invasões por Acácias na Bacia do Rio Arouce foi suportada pelos resultados alcançados. O cálculo da densidade de pontos (presença/ausência) e da densidade tendo em conta a cobertura associada a cada ponto (ausência/abundância) nos corredores e nas áreas fora dos corredores das três unidades ambientais das quais foi compartimentada a bacia hidrográfica (terminal, intermédia, cabeceiras), suportaram esta hipótese.

O cálculo da densidade e cobertura dos pontos coletados em campo permitiu constatar que há uma maior densidade de espécies nas proximidades das linhas de água e das vias de comunicação do que nas demais áreas afastadas dos caminhos da paisagem na Bacia do Rio Arouce, fato que parece indicar que estes elementos lineares são significativamente determinantes no condicionamento dos padrões das invasões e colonizações por espécies de Acácia na área de estudo, definindo estas áreas (corredores) como as áreas de maior susceptibilidade à invasão na Bacia do Rio Arouce.

Nos termos da relação entre os valores obtidos para a densidade e cobertura dos pontos, verificou-se que a maior parte dos pontos coletados sob os corredores antrópicos e naturais da unidade 1 (setor terminal/foz) corresponderam a pequenas manchas (categoria 2), enquanto que na unidade 2 (setor intermédio) os valores estiveram essencialmente associados a grandes manchas (categoria 3), diferente da unidade 3 (setor cabeceiras) onde grande parte dos pontos coletados corresponderam a indivíduos isolados (categoria 1).

Este resultado indica que a unidade cabeceiras, com dominância de indivíduos isolados, pode ser caracterizada, do ponto de vista da invasão biológica, como área de chegada recente de Acácias invasoras, onde as espécies ainda não se estabeleceram. Este resultado aponta para a possibilidade de se realizarem com maior êxito atividades de monitorização e controlo nesta unidade, já que entre as unidades da bacia, é a que apresenta uma presença menos significativa de espécies invasoras.

Os resultados para a densidade e cobertura dos pontos nos caminhos antrópicos e naturais da unidade intermédia, em oposição aos resultados obtidos para a unidade cabeceiras, indicaram a presença de grandes manchas, o que suporta a idéia de que a introdução das espécies de *Acácia* ocorreu nesta área, o que está ligado ao carácter estabilizado do atual processo de invasão.

Este resultado apontou para as áreas do setor intermédio da bacia, onde dominam as cotas topográficas médias do relevo (entre 400-700m) com terrenos cobertos por cambissolos, xistos e granitos, uma presença pronunciada de espécies de *A. dealbata* e *A. melanoxylon*, indicando que a chegada dessas espécies deverá ter ocorrido há bastante tempo, o que corrobora a hipótese da introdução inicial das Acácias ter ocorrido nestas áreas.

Para o setor intermédio, onde o processo de invasão se encontra consolidado, sugere-se que sejam incentivadas atividades de sensibilização, no sentido de alertar para os riscos do aumento da presença de espécies invasoras, numa tentativa de mitigar o processo, e a realização de estudos no âmbito da detecção do problema, subsidiando as atividades de controlo e monitorização.

Os resultados da densidade e cobertura nos caminhos antrópicos e naturais para as áreas mais baixas topograficamente (unidade terminal), apontam para a ocorrência de pequenas manchas, com probabilidade da ocorrência das espécies em torno de 50% junto aos caminhos.

A baixa ocorrência de espécies na unidade terminal, comparativamente à unidade intermédia (em maior altitude), indica uma chegada recente dos elementos exóticos a este setor da bacia, podendo ser indicadora de um processo em curso dos taxa invasores (advindos possivelmente da unidade intermédia da bacia). Para estas áreas agrícolas e urbanas residenciais, sugere-se a realização de atividades de sensibilização no âmbito do tema da invasão, juntos aos proprietários privados, para que se compreenda a gravidade do problema e possa agir no sentido oposto às invasões.

Com uma densidade média de indivíduos na unidade terminal da bacia, comparativamente a densidade baixa na unidade cabeceiras, e entendendo que a unidade intermédia foi onde aconteceu a introdução inicial (densidade elevada de espécies) funcionando como fonte de propágulos, a condução/avanço das invasões por *Acácia* na Bacia do Rio Arouce são mais importantes no sentido da área correspondente a unidade terminal, o que sugere como fatores determinantes as linhas de água e a gravidade como importantes elementos a considerar no processo de dispersão, determinando o padrão principal em termos de direção do processo de invasão na Bacia do Rio Arouce (Figura 43).

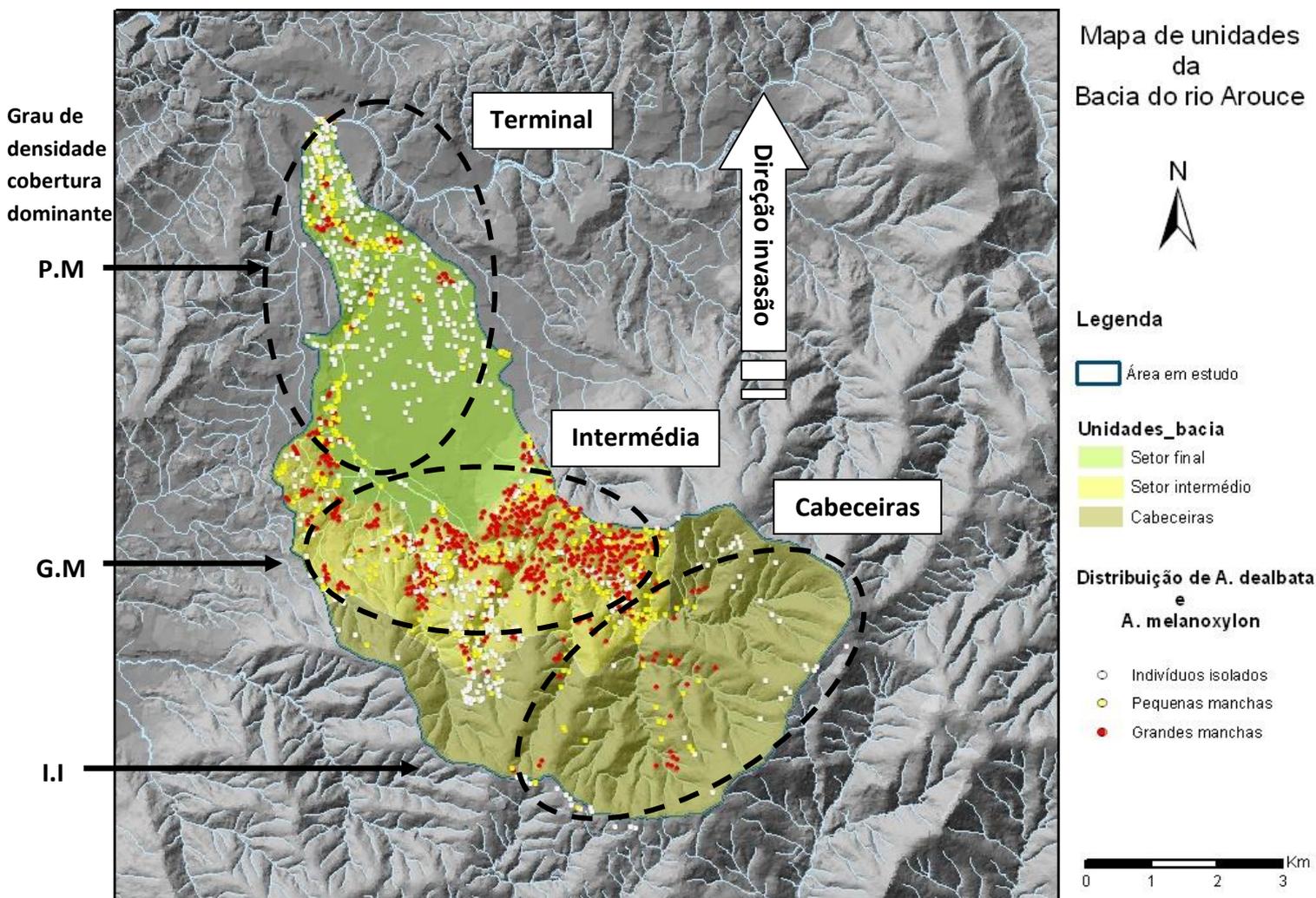


Figura 43 – Contexto das invasões por espécies do género *Acacia* Mill. na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce: *unidade terminal* (grau dominante de densidade e cobertura das espécies P.M ‘pequenas manchas’, indicando um contexto de invasão em curso, de dispersão proveniente da unidade intermédia); *unidade intermédia* (grau dominante de densidade e cobertura das espécies G.M ‘grandes manchas’, indicando um contexto de invasão consolidada, com indivíduos em estágio de invasão estabilizado, correspondendo a atual área fonte de propágulos, com dispersão no sentido norte - unidade terminal - devido a topografia - aproximadamente 400m acima da unidade terminal); *unidade cabeceiras* (grau dominante de densidade e cobertura das espécies I.I ‘indivíduos isolados’, indicando um contexto de invasão inconsolidado, de indivíduos jovens, o que aponta para a chegada recente de espécies invasoras, provenientes provavelmente de algum incêndio ocorrido ou outra atividade antrópica recente, sendo definido como o setor da bacia mais passível de controlo – resposta rápida).

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES

As principais conclusões obtidas nesta tese estão elencadas a seguir:

- Foram identificados três tipos de compartimentos naturais na área de estudo (*unidade cabeceiras, intermédia e terminal*) de características ambientais distintas, contemplando três contextos das invasões por Acácias (*invasão consolidada, inconsolidada, em curso*).
- O mapeamento das unidades ambientais da área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, na escala de 1:25.000, revelou a existência das três unidades. A Unidade Cabeceiras ocorre na porção sul da bacia hidrográfica e está completamente inserida no complexo xisto-grauváquico, área de formações geológicas sedimentares/metamórficas (xistos e granitos) com idade do câmbrio-précâmbrio. Essa unidade está localizada na posição topográfica mais elevada da área de estudo (cotas dos 700m aos 1200m), e caracteriza-se por morfologia ondulada (declives até 48 graus), além da dominância de cambissolos, em condições climáticas tipo climatófilas (100mm) e ocupação do solo predominantemente de comunidades vegetais arbustivas e abertas. A Unidade Intermédia, definida pela presença de níveis de escalonamento do relevo, estende-se dos limites da influência do complexo xisto-grauváquico às formações sedimentares do ordovícico-paleogênico, podendo ser subdividida em duas subunidades: unidade fundo de vale (nível de base 1), contemplando os terrenos aluvionares (topografia com cotas em torno dos 400m) com presença de areias, conglomerados e xistos argilosos, revestida por solos do tipo fluvisolos, com ocupação do solo predominantemente agrícola, sob condições higrófilas e/ou mesohigrófilas (200mm) típicas de áreas de fundo de vale, e unidade topo de vale e vertentes (nível de base 2), contemplando a área do topo do vale (cotas altimétricas em torno dos 700m) revestida por xistos, granitos e cambissolos, com capacidade de uso florestal e agrícola condicionada (mista), sob condições climatológicas climatófilas (100mm) típicas de áreas elevadas. A unidade ambiental da área dos aluviões do Rio Arouce (Unidade Terminal) segue tendência conivente ao balanço hídrico-climatológico estabelecido para a área de fundo de vale (foz da bacia) de clima húmido, em condições higrófilas (100mm). A evolução dessa área pode apresentar três padrões básicos de comportamento: a) menor elevação da bacia em níveis topográficos (variante zona litoral) b) revestimento com areias, cascalhos, argilas e fluvisolos, c) regadio dominante.

- Os mapeamentos dos graus de ocupação e de sociabilidade das espécies *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon* na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, seguiu em conviência com o mapa das unidades ambientais da bacia, por ter desdobrado três cenários diferentes de ocupação e sociabilidade das espécies – *Pequenas Manchas (invasão em curso)*, *Grandes Manchas (invasão consolidada - área da introdução original)* e *Indivíduos Isolados (invasão recente/inconsolidada)*. Nas Cabeceiras, onde o topo atinge 1200m de altitude e o declive 48 graus, a *Acacia dealbata* apresenta-se com indivíduos isolados, com baixo valor do grau de ocupação (valor dominante de ocupação <5%, por cada parcela de 200x200m), enquanto que a *A. melanoxylon* é menos frequente, com elevado percentual de presença não identificada. Na Unidade Intermédia a densidade de indivíduos é a mais importante da área de estudo, com elevados valores para o grau de ocupação da *A. dealbata* (valor dominante de ocupação >75%, por cada parcela de 200x200m), em morfologia de declives acentuados e altitudes entre 400m e 700m. Na Unidade Terminal a distribuição das duas espécies é mais pontual, com valores médios para o grau de ocupação (valor dominante de ocupação entre 5-25%, por cada parcela de 200x200m), sob o domínio dos baixos declives e altitudes da bacia. O padrão não aleatório da distribuição das espécies foi confirmado pelo valor de 0,28 (*Índice de Moran's I*), com recolha do grau de ocupação (ordinal: 1-5), e do grau de sociabilidade (ordinal: 1-3). Baseando-se nos valores obtidos para o grau de ocupação, foi possível inferir, pelo menos, quatro correlações significativas entre a estrutura da paisagem e a presença das espécies, associadas as condições do uso do solo: as correlações mais significativas (corelações perfeitas) foram encontradas entre a presença de *A. melanoxylon* e áreas com pomares (correlação ligada ao carácter extensivo da opção de uso do solo pomar), e entre a presença das duas espécies (*A. dealbata* e *A. melanoxylon* co-ocorrem sob as mesmas condições ecológicas), e as correlações negativas (correlações inversas) entre a presença de *A. dealbata* e áreas urbanas, e entre a presença de *A. dealbata* e *A. melanoxylon* e áreas de incultos de comunidades arbustivas abertas (corroborando a hipótese de que a probabilidade da existência das espécies em áreas urbanas e de incultos de formações arbustivas e/ou abertas é pouco significativa ou inexistente). Baseando-se nos valores obtidos para o grau de sociabilidade, sugerem-se três contextos da invasão: um mais antigo/setor da introdução inicial (unidade intermédia), com os maiores valores de densidade e cobertura total das espécies (nº de espécies >400 por área de 200x200m), indicando grandes manchas, o mais recente/setor da invasão inconsolidada (unidade cabeceiras), com os menores valores de densidade e cobertura das espécies (nº de espécies

<35 por área de 200x200m) indicando indivíduos isolados, e o contexto intermédio/setor da invasão em curso (unidade terminal), com valores médios de densidade e cobertura das espécies (nº de espécies <250 por área de 200x200m), indicando pequenas manchas.

- De acordo com os dados da análise generalista da evolução do uso do solo realizada nesta tese, a história da evolução atual da invasão na área de estudo pode ser delineada, no mínimo, a partir de cerca de 50 anos atrás, quando a distribuição das Acácias foi mapeada pela primeira vez através da Carta Agrícola e Florestal de Portugal (CAF/1965). Entre cerca de 1965 e 2011, a Bacia do Rio Arouce apresentava padrão discrepante no âmbito da invasão por Acácias, com um acréscimo de cerca de 10% no espaço ocupado pelas espécies, passando de 55ha invadidos em 1965 (0,7% da área total da bacia – 7.300ha) para 936ha invadidos em 2011 (12% da área total da bacia). Durante essa evolução, as diminuições tanto das áreas com florestas de resinosas como das áreas com incultos de comunidades arbustivas, e das culturas agrícolas de olivais, foram intensas. Nova retomada dessas áreas por florestas de acaciais (através dos processos de invasão) ocorreu entre 2011 e 2014, considerando a replicação do ocorrido entre 1965 e 2011. As mudanças na invasão por Acácias, até hoje, na área de estudo, puderam ser melhor compreendidas graças ao estudo dos caminhos da invasão (linhas de água e vias de comunicação). Os resultados deste estudo sugerem que desde pelo menos 50 anos AP, a invasão já estava instalada na região e que, mesmo depois, teriam ocorridos grandes oscilações do processo, muito em razão da abertura de caminhos na paisagem.
- O registro da densidade e cobertura dos pontos coletados indica que, atualmente, vem havendo grande desenvolvimento de *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon*, que ocorrem em maior número em áreas das vias de comunicação (estradas e linhas de alta tensão) e linhas de água do setor intermédio da bacia. Formações arbóreas são bastante abundantes nos caminhos desse setor, o que indica a presença de indivíduos adultos e invasão pretérita. Entre 1965 e 2014 deve ter ocorrido a abertura de inúmeros corredores na paisagem, permitindo a dispersão do propágulo das plantas arbóreas, sobretudo em direção à foz do Rio Arouce. Esses dados sugerem uma frente de invasão baixa até 1965, pois o espaço ocupado pelas Acácias reduzia-se a menos de 1% da área total da bacia. Entre 1965 e 2011, caracterizados por alta concentração principalmente de *Acacia dealbata*, a frente de invasão teria sido exponencial, pois a *A. dealbata* estava estabilizada em 2011. De 2011 até o presente, considerando o replicamento do cenário anterior, houve forte aumento tanto de *A. dealbata* como *A. melanoxylon*, que sugere uma redução do ambiente nativo, que possivelmente está relacionada ao caminhos da paisagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, A. F. M. *Gestão de eucaliptais invadidos e não invadidos por Acacia dealbata e os seus impactos na herpetofauna*. Tese de Mestrado. Universidade de Lisboa. 2009.
- Almeida, J. D. & Freitas, H. *Exotic naturalized flora of continental Portugal – a reassessment*. *Botanica Complutensis*. 30: 117-130. 2006.
- Almeida, J. D. & Freitas, H. *Exotic flora of continental Portugal – a new assessment*. *Bocconea*. 24: 231-237. 2012.
- CABI International, Wallingford, UK. 1910. *Invasive Species Compendium*. Disponível: <http://www.cabi.org/isc> [Consultado: 2013-2014].
- CAL-IPC, Berkeley, California, Estados Unidos. 1992. California Invasive Plant Council. Disponível: www.cal-ipc.org [Consultado: 2013-2014].
- Câmara, G. *et al. Análise espacial de áreas*. Mimeo. 2002.
- Carvalho, L. M. *et al. Disturbance influences the outcome of plant–soil biota interactions in the invasive Acacia longifolia and in native species*. *Oikos* 119: 1172–1180, 2010.
- Costa, J. C. *et al. Biogeografia de Portugal Continental*. *Quercetea*, p. 1-56. 1998.
- DAISIE, Praga, República Checa. 2003. *Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe*. Disponível: <http://www.europe-aliens.org> [Consultado: 2013-2014].
- Davis, M. A. *Invasion biology 1958-2005: The pursuit of science and conservation*. In: *Conceptual ecology and invasion biology: reciprocal approaches to nature*, volume 1, chapter 3. 2006.
- Espínola, A. L. *et al. Espécies invasoras: conceitos, modelos e atributos*. *Interciência*, v. 32, n. 9, set. 2007.
- Enge, S. *Seaweed Invasions and Novel Chemical Defenses*. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy. Department of Biological and Environmental Sciences. University of Gothenburg. 2012.
- Fernandes, M. M. *Acácias e geografia histórica: rotas de um percurso global*. Cadernos do curso de doutoramento em Geografia. Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Março de 2012.
- Freitas, R. M. S. *A invasibilidade da flora exótica para o norte de Portugal*. Tese de Mestrado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. 2008.
- García-Berthou, E. *et al. Múltiples orígenes y vías de introducción de las especies invasoras*. *Invasiones Biológicas*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC/Madrid. 2008.
- Henderson, S. *et al. Progress in invasive plants research*. *Progress in Physical Geography*: 30, 1. pp. 25–46. 2006.

IUCN [International Union for the Conservation of Nature]. 1999. *IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss due to biological invasion*. Species 31/32: 28-42.

Jardim Botânico da UTAD. 2007. *Flora digital de Portugal*. Disponível: <http://www.jb.utad.pt/flora> [Consultado: 2013-2014].

Lourenço, D. C. G. R. *Avaliação de áreas invadidas por espécies de Acacia na paisagem protegida da arriba fóssil da Costa de Caparica*. Tese de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa. 2009.

Lourenço, L. *O Rio Alva: hidrogeologia, geomorfologia, climatologia, hidrologia*. Instituto de Estudos Geográficos. Universidade de Coimbra. 1989.

MacDonald, G. *Biogeography: Introduction to Space, Time and Life*. Willey, 1ª edição. 2003.

Marchante, H. e Marchante, E. *et al. Plantas Invasoras em Portugal – fichas para identificação e controlo*. Editado pelos autores. Coimbra. 2005.

Marchante, E. *Invasion of portuguese coastal dunes by Acacia longifolia: impacts on soil ecology*. Tese de Doutoramento. Universidade de Coimbra. 2007.

Marchante, E. e Freitas, H. *et al. Guia prático para a identificação de plantas invasoras de Portugal Continental*. Universidade de Coimbra. 2008.

Marques, D. N. *Influência espacial da invasora Acacia longifolia (Andrews) Willd. num ecossistema dunar português*. Tese de Mestrado. Universidade de Lisboa. 2010.

NOBANIS. *Gateway to information on Invasive Alien Species in North and Central Europe*. 2002. European Network on Invasive Alien Species [online]. Disponível: www.nobanis.org [Consultado: 2013-2014].

Nunes, A.; Figueiredo, A. & Almeida, A. C. *Abandono agrícola no interior centro e norte de Portugal: dinâmica da vegetação e impactes hidrogeomorfológicos*. VI Congresso da Geografia Portuguesa, Lisboa, 17-20 de Outubro de 2007.

Nunes, A. N. *et al. Soil erosion and hydrological response to land abandonment in a central inland area of Portugal*. Land Degradation & Development. 21: 260–273. 2010.

Nunes, A.; Almeida, A. C. & Coelho, C. O. A. *Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal*. Applied Geography: 31, 687-699. 2011.

Pimentel, D. *et al. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States*. Ecological Economics. 52: 273-288. 2005.

Plantas Invasoras em Portugal: o que são, onde estão e como as controlar. 2012. Coimbra. Disponível: www.invasoras.uc.pt [Consultado: 2013-2014].

Richardson, D. M. e Pysek, P. *et al. A compendium of essential concepts and terminology in invasion ecology*. In: Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton, 1st edition, chapter 30. 2011.

Richardson, D. M. *et al.* *Human-mediated introductions of Australian acacias—a global experiment in biogeography*. Editorial from papers of Diversity and Distribution. 2011.

Richardson, D. M., Pyšek, P., e Rejmánek, M., *et al.* *Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions*. Diversity and Distributions, 6: 93-107. 2000.

Rivas-Martínez, S. *Biogeografía y Vegetación*. In: Publ. Real Acad. Cienc. Exactas, Físicas e Nat, pp. 1-103, Madrid. 1990.

Sabóia, C. *et al.* Emprego do método de Thorthwaite e Mather (1955) para cálculo do Balanço Hídrico Climatológico do Núcleo de Degradação de São Raimundo Nonato Piauí. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 6, p. 79-90, 2013.

Sequeira, M. M. e Espírito-Santo, D. *et al.* *Checklist da Flora de Portugal (Continental, Açores e Madeira)*. Associação Lusitana de Fitossociologia. 2007.

Sociedade Portuguesa de Botânica. 2012. *Flora On*. Disponível: <http://www.flora-on.pt>. [Consultado: 2013-2014].

Thornthwaite, C. W. *An approach toward a rational classification of climate*. The Geographical Review, v. XXXVIII, p. 55-94. 1948.

Thornthwaite, C. W. & Mather, J. R. *The Water Balance*. Publications in Climatology, Centerton, N. Jersey, v. VIII, n. 1. 1955.

Tivy, J. *Biogeography: a study of plants in the ecosphere*. Oliver & Boyd Inc. 1971.

Vilà, M. *et al.* *¿Qué son las invasiones biológicas?* Invasiones Biológicas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC/Madrid. 2008.

Watts, D. *Principles of Biogeography: an introduction to the functional mechanisms of ecosystems*. McGraw-Hill Publishing Co. Ltd. 1971.

Ziller, S. R. *A estepe gramíneo-lenhosa no segundo Planalto do Paraná: diagnostico ambiental com enfoque à contaminação biológica*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. 2000.

ANEXOS

Tabela XXIII – Tabela com os valores da correlação Spearman's rho (Coeficiente de Correlação/CC) e significância Sig. (2-tailed) (S)

		AD	AM	ud_p_o	uc_p_o	pnf_p_o	pna_p_o	pm_p_o	olpm_p_o	lam_p_o	foff_p_o	fofa_p_o	ecf_p_o	eca_p_o
AD	CC	1,000	,686	,071	-,428	,059	-,029	.	-,206	-,031	-,182	,073	.	,156
	S	.	,000	,413	,000	,620	,652	.	,313	,907	,028	,525	.	,335
AM	CC	,686	1,000	,081	-,255	-,098	-,021	1,000	-,321	-,148	-,189	,226	,000	,173
	S	,000	.	,346	,000	,410	,743	.	,110	,570	,022	,045	1,000	,286
ud_p_o	CC	,071	,081	1,000	,185	.	,072	.	-,097	-,481	-,515	-,208	.	-,087
	S	,413	,346	.	,288	.	,731	.	,711	,190	,003	,406	.	,749
uc_p_o	CC	-,428	-,255	,185	1,000	.	,087	.	,415	.	,054	-,654	.	-,1000
	S	,000	,000	,288	.	.	,852	.	,234	.	,869	,001	.	.
pnf_p_o	CC	,059	-,098	.	.	1,000	-,571	.	.	.	-,698	-,614	.	-,866
	S	,620	,410	.	.	.	,067	.	.	.	,017	,015	.	,333
pna_p_o	CC	-,029	-,021	,072	,087	-,571	1,000	.	.	-,500	-,755	-,359	.	.
	S	,652	,743	,731	,852	,067	.	.	.	,667	,000	,383	.	.
pm_p_o	CC	.	1,000	.	.	.	.	1,000	-,1000	.	.	.	-,1000	1,000
	S	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
olpm_p_o	CC	-,206	-,321	-,097	,415	.	.	-,1000	1,000	,172	.	.	1,000	-,716
	S	,313	,110	,711	,234	.	.	.	.	,659	.	.	.	,046
lam_p_o	CC	-,031	-,148	-,481	.	.	-,500	.	,172	1,000	.	.	.	.
	S	,907	,570	,190	.	.	,667	.	,659	.	.	.	.	.
foff_p_o	CC	-,182	-,189	-,515	,054	-,698	-,755	.	.	.	1,000	-,376	.	-,609
	S	,028	,022	,003	,869	,017	,000	.	.	.	.	,058	.	,199
fofa_p_o	CC	,073	,226	-,208	-,654	-,614	-,359	.	.	.	-,376	1,000	.	.
	S	,525	,045	,406	,001	,015	,383	.	.	.	,058	.	.	.
ecf_p_o	CC	.	,000	.	.	.	.	-,1000	1,000	.	.	.	1,000	-,707
	S	.	1,000	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	,293
eca_p_o	CC	,156	,173	-,087	-,1000	-,866	.	1,000	-,716	.	-,609	.	-,707	1,000
	S	,335	,286	,749	.	,333	.	.	,046	.	,199	.	,293	.
crt_p_o	CC	,039	,162	-,279	.	-,379	,603	1,000	-,1000	-,1000	-,256	.	,000	-,154
	S	,679	,084	,313	.	,110	,086	.	.	.	,275	.	1,000	,569
cr_p_o	CC	-,185	-,130	-,039	,276	.	-,853	.	-,281	-,660	-,500	,316	.	-,1000
	S	,296	,462	,916	,441	.	,031	.	,377	,053	,667	,684	.	.
ch_p_o	CC	.	,333	.	.	.	.	.	-,816	.	.	.	.	.
	S	.	,667	.	.	.	.	.	,184	.	.	.	.	.
carbf_p_o	CC	-,340	,134	-,1000	.	.	.	.	,866	-,056	.	.	.	.
	S	,155	,586	.	.	.	.	.	,333	,944	.	.	.	.
carbap_p_o	CC	-,380	-,262	-,075	,093	-,720	-,880	.	-,541	-,369	-,298	-,390	.	,825
	S	,000	,000	,657	,741	,001	,000	.	,166	,471	,082	,151	.	,086
ca_p_o	CC	-,233	-,251	-,376	-,642	.	-,271	.	,167	.	-,389	-,173	.	.
	S	,000	,000	,012	,000	.	,248	.	,721	.	,100	,442	.	.
aiex_p_o	CC	,362	,248	1,000	-,311	.	-,231	.	.	.	.	.	.	.
	S	,089	,254	.	,548	.	,494	.	.	.	.	.	.	.
ag_p_o	CC	,232	,264	-,233	-,535	.	-,213	.	.	.	.	.	.	.
	S	,105	,064	,656	,090	.	,647	.	.	.	.	.	.	.
acoff_p_o	CC	,188	-,038	,000	-,577	-,939	.	.	.	.	.	,866	.	-,500
	S	,426	,875	1,000	,423	,005	.	.	.	.	.	,333	.	,667
acofa_p_o	CC	,347	,200	-,394	-,476	-,938	-,880	.	.	.	-,217	-,500	.	-,216
	S	,001	,054	,031	,029	,006	,000	.	.	.	,522	,312	.	,500
acf_p_o	CC	,561	,259	,084	-,228	.	-,054	.	.	,000	-,127	.	.	-,600
	S	,000	,003	,719	,555	.	,836	.	.	1,000	,547	.	.	,115
acecf_p_o	CC	,057	,089	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	S	,883	,820	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
aca_p_o	CC	-,256	,089	-,323	-,354	.	-,636	.	.	.	-,472	-,454	.	-,192
	S	,001	,253	,479	,559	.	,000	.	.	.	,023	,188	.	,648
vc_p_o	CC	-,115	-,060	,210	,315	,055	-,067	.	-,093	-,396	-,199	-,202	.	-,229
	S	,001	,086	,021	,000	,655	,365	.	,706	,180	,033	,097	.	,207

Tabela XXIV – Tabela com os valores da correlação *Spearman's rho* (Coeficiente de Correlação/CC) e significância *Sig. (2-tailed)* (S) (Cont.)

		crt_p_o	cr_p_o	ch_p_o	carbf_p_o	carbap_p_o	ca_p_o	aiex_p_o	ag_p_o	acoff_p_o	acofa_p_o	acf_p_o	acecf_p_o	aca_p_o	vc_p_o
AD	CC	,039	-,185	.	-,340	-,380	-,233	,362	,232	,188	,347	,561	,057	,256	-,115
	S	,679	,296	.	,155	,000	,000	,089	,105	,426	,001	,000	,883	,001	,001
AM	CC	,162	-,130	,333	,134	-,262	-,251	,248	,264	-,038	,200	,259	,089	,089	-,060
	S	,084	,462	,667	,586	,000	,000	,254	,064	,875	,054	,003	,820	,253	,086
ud_p_o	CC	-,279	-,039	.	-1,000	-,075	-,376	1,000	-,233	,000	-,394	,084	.	-,323	,210
	S	,313	,916	.	.	,657	,012	.	,656	1,000	,031	,719	.	,479	,021
uc_p_o	CC	.	,276	.	.	,093	-,642	-,311	-,535	-,577	-,476	-,228	.	-,354	,315
	S	.	,441	.	.	,741	,000	,548	,090	,423	,029	,555	.	,559	,000
pnf_p_o	CC	-,379	.	.	.	-,720	.	.	.	-,939	-,938	.	.	.	,055
	S	,110	.	.	.	,001	.	.	.	,005	,006	.	.	.	,655
pn_a_p_o	CC	,603	-,853	.	.	-,880	-,271	-,231	-,213	.	-,880	-,054	.	-,636	-,067
	S	,086	,031	.	.	,000	,248	,494	,647	.	,000	,836	.	,000	,365
pm_p_o	CC	1,000	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	S	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
olpm_p_o	CC	-1,000	-,281	-,816	,866	-,541	,167	.	.	.	.	.	.	.	-,093
	S	.	,377	,184	,333	,166	,721	.	.	.	.	.	.	.	,706
lam_p_o	CC	-1,000	-,660	.	-,056	-,369	.	.	.	.	.	,000	.	.	-,396
	S	.	,053	.	,944	,471	.	.	.	.	.	1,000	.	.	,180
foff_p_o	CC	-,256	-,500	.	.	-,298	-,389	.	.	.	-,217	-,127	.	-,472	-,199
	S	,275	,667	.	.	,082	,100	.	.	.	,522	,547	.	,023	,033
fofa_p_o	CC	.	,316	.	.	-,390	-,173	.	.	,866	-,500	.	.	-,454	-,202
	S	.	,684	.	.	,151	,442	.	.	,333	,312	.	.	,188	,097
ecf_p_o	CC	,000	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	S	1,000	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
eca_p_o	CC	-,154	-1,000	.	.	,825	.	.	.	-,500	-,216	-,600	.	-,192	-,229
	S	,569	.	.	.	,086	.	.	.	,667	,500	,115	.	,648	,207
crt_p_o	CC	1,000	.	.	-,076	-,195	.	.	.	.	-,412	-,331	,500	-,022	-,095
	S	.	.	.	,872	,158	.	.	.	.	,127	,180	,667	,920	,404
cr_p_o	CC	.	1,000	.	,000	-,181	-,087	.	.	.	.	1,000	.	-,500	,000
	S	.	.	.	1,000	,770	,778	.	.	.	.	.	.	,667	1,000
ch_p_o	CC	.	.	1,000	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-,577
	S	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	,423
carbf_p_o	CC	-,076	,000	.	1,000	-,661	.	.	.	.	.	.	.	-,872	-,073
	S	,872	1,000	.	.	,007	.	.	.	.	.	.	.	,054	,841
carbap_p_o	CC	-,195	-,181	.	-,661	1,000	-,587	-,943	-,589	-,866	-,066	-,424	-,258	-,381	-,126
	S	,158	,770	.	,007	.	,001	,057	,002	,333	,902	,000	,742	,001	,018
ca_p_o	CC	.	-,087	.	.	-,587	1,000	-,454	-,371	-,395	-,311	,085	1,000	-,316	-,231
	S	.	,778	.	.	,001	.	,077	,413	,510	,170	,706	.	,604	,002
aiex_p_o	CC	.	.	.	.	-,943	-,454	1,000	.	.	.	,761	.	.	-,235
	S	.	.	.	.	,057	,077	.	.	.	.	,135	.	.	,347
ag_p_o	CC	.	.	.	.	-,589	-,371	.	1,000	.	-,730	.	.	.	,351
	S	.	.	.	.	,002	,413	.	.	.	,062	.	.	.	,033
acoff_p_o	CC	.	.	.	.	-,866	-,395	.	.	1,000	.	,943	.	,209	-,780
	S	.	.	.	.	,333	,510	.	.	.	.	,057	.	,653	,000
acofa_p_o	CC	-,412	.	.	.	-,066	-,311	.	-,730	.	1,000	-,343	.	,017	-,351
	S	,127	.	.	.	,902	,170	.	,062	.	.	,193	.	,957	,002
acf_p_o	CC	-,331	1,000	.	.	-,424	,085	,761	.	,943	-,343	1,000	-,789	-,433	,057
	S	,180	.	.	.	,000	,706	,135	.	,057	,193	.	,112	,003	,549
acecf_p_o	CC	,500	.	.	.	-,258	1,000	.	.	.	.	-,789	1,000	.	,000
	S	,667	.	.	.	,742	.	.	.	.	.	.	.	,112	1,000
aca_p_o	CC	-,022	-,500	.	-,872	-,381	-,316	.	.	,209	,017	-,433	.	1,000	-,122
	S	,920	,667	.	,054	,001	,604	.	.	,653	,957	,003	.	.	,170
vc_p_o	CC	-,095	,000	-,577	-,073	-,126	-,231	-,235	,351	-,780	-,351	,057	,000	-,122	1,000
	S	,404	1,000	,423	,841	,018	,002	,347	,033	,000	,002	,549	1,000	,170	.

