

Modelos Ecológicos
para implementação de Planos de Renaturalização
- Caso da Fajã do Calhau (São Miguel) -

Tese de Mestrado

Diana Cristina Pereira

Orientador

Professor Doutor Eduardo Dias

Universidade dos Açores
Departamento de Ciências Agrárias

Mestrado em Engenharia do Ambiente

Modelos Ecológicos
para implementação de Planos de Renaturalização
- Caso da Fajã do Calhau (São Miguel) -

Tese de Mestrado

Diana Cristina Pereira

Orientador
Professor Doutor Eduardo Dias

Angra do Heroísmo, 2011

Agradecimentos

Um desafio desta dimensão não seria possível sem um conjunto de pessoas e entidades que me apoiaram, incentivaram e tornaram exequível o desenvolvimento deste trabalho, e a elas pretendo agradecer por estarem presentes numa das alturas mais importantes e marcantes da minha vida.

Ao Professor Doutor Eduardo Dias, meu orientador, um obrigado muito especial de amizade por toda a motivação, paciência, sugestões e disponibilidade que mostrou durante todo este processo. Muito obrigado por ter acreditado em mim.

Ao Professor Doutor António Félix Rodrigues, director do Mestrado em Engenharia do Ambiente, pela disponibilidade e incentivo a terminar este trabalho.

Ao CITA-A, e Director do mesmo – Professor Doutor João Madruga pela bolsa de investigação concedida, que me proporcionou as condições para a realização deste trabalho.

À Universidade dos Açores, e Director de Departamento de Ciências Agrárias - Professor Doutor Alfredo Borba.

Ao Mestre Dinis Pereira, um grande agradecimento de amizade e carinho por toda a ajuda em SIG, partilha de informação, amizade, compreensão e incentivo nos momentos mais difíceis.

À Direcção Regional dos Recursos Florestais pela cedência do levantamento topográfico da Fajã do Calhau.

A todos os docentes do Mestrado de Engenharia do Ambiente pelo ensinamento fornecido e pela maturidade de conhecimento que isso me proporcionou.

Ao Professor Doutor Tomaz Dentinho por ter despertado para a importância do desenvolvimento da tese.

Um grande abraço de agradecimento a todos os meus amigos que estiveram comigo num ano particularmente difícil e atribulado, Sra. Lurdes Martins, Carla Toste, Cristina Ávila, Hélder Alves, Fernanda Matos, Sónia Nunes, Hélia Cabral e Sandra Sequeira.

À minha família por todo o apoio e carinho.

Aos meus colegas de mestrado pelos momentos de um ano intensivo de aulas e de muita animação, especialmente, ao Marco Rosa, Carina Mendonça e Bruno Oliveira. Os meus eternos camaradas da minha passagem académica.

E a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigado.

Índice

Resumo.....	1
Abstract	2
Introdução.....	3
1. Enquadramento Geográfico	5
1.1. Clima	5
1.2. Geologia e Geomorfologia.....	8
1.3. Solos	8
2. Restauros Ecológicos e Desenvolvimento Regional	9
2.1. Caracterização da Flora dos Açores.....	13
3. Área de Estudo	15
4. Objectivos.....	17
Capítulo I	19
Zonamento Ambiental e Determinação dos <i>Habitats</i> para as Espécies Vegetais por Modelação em Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	19
I.1. Introdução	21
I.1.1. SIG e a Ecologia Vegetal Aplicada	22
I.2. Materiais e Métodos	24
I.2.1. O Projecto SIG	24
I.2.2. Variáveis ambientais	24
I.2.3. Hardware e Software:	33
I.3. Resultados: Análise e Discussão.....	34
Capítulo II	51
Avaliação das Condições Biofísicas, na dimensão Ecológica das Espécies Seleccionadas	51
II.1. Introdução	53
II. 1.1. Curvas de Resposta das Espécies	55
II.2. Material e Métodos.....	59
Fase 1	59
Fase 2	67
Fase 3	67
Fase 4	68
II.3. Resultados: Análise e Discussão.....	69
Capítulo III	165
Modelo em Sistemas de Informação Geográfica de Determinação dos Padrões de Renaturalização pela Aplicação dos Óptimos Ecológicos	165
III.1. Introdução	167
III.2. Metodologia	168
Fase 1	168
Fase 2	168
Fase 3	168
Fase 4	169
III.3. Análise e Discussão dos Resultados	170

III. 4. Conclusão	194
Conclusão Final.....	197
Referências Bibliográficas.....	199

Índice de Figuras

Figura 1 – As diferentes opções para a melhoria de um ecossistema degradado pode ser expresso em termos das principais características de estrutura e função. A degradação ocorre quando ambas as características são geralmente reduzidas, embora não necessariamente de forma igual. O restauro implica em trazer de volta o ecossistema ao seu estado original ou anterior em termos de estrutura e função	9
Figura 2 – Simulação em 3D através do ArcScene – ArcGIS 10.0, evidenciando: a) área de estudo (em que b) também está incluído); b) área da obra de acesso à Fajã do Calhau	15
Figura 3 – Caminho de acesso à Fajã do Calhau	15
Figura 4 – Início do acesso à Fajã do Calhau com os taludes rochosos rasgados na falésia costeira.	16
Figura 5 – Percentagem de <i>spray</i> de sal colhido em dunas costeiras.	32
Figura 6 – Carta de Capacidade Máxima de Água Disponível nos Solos (mm).	34
Figura 7 – Carta Hipsométrica (m).	35
Figura 8 – Carta de Classes de Declives (%).	36
Figura 9 – Carta de Índice Anual de Disponibilidade Hídrica (adimensional).	37
Figura 10 – Carta de Índice de Continentalidade Simples (adimensional).	38
Figura 11 – Carta de Exposição aos Ventos Dominantes (adimensional).	39
Figura 12 – Carta de Precipitação Total Anual (mm).	40
Figura 13 – Carta de Humidade Relativa Média Anual (%).	41
Figura 14 – Carta de Humidade Relativa Máxima Anual (%).	42
Figura 15 – Carta de Radiação Global ($\text{MJ}/\text{m}^2 \text{ dia}^{-1}$).	43
Figura 16 – Carta de Cones de Sombra (adimensional).	44
Figura 17 – Carta de Temperatura Mínima Anual ($^{\circ}$).	45
Figura 18 – Carta de Exposição Topográfica (adimensional).	46
Figura 19 – Carta de Velocidade de Deslocação das Massas de Ar (Km/h)..	47
Figura 20 – Carta de Índice de Salinidade (%).	48
Figura 21 – Curva de Resposta de Gauss.	56
Figura 22 – Modelo de resposta BETA.	56
Figura 23 – Modelo aditivo generalizado com aproximadamente 95% de intervalos de confiança.	57
Figura 24 – Faixa de Tolerância e Limites de uma espécie.	57
Figura 25 – <i>Asplenium marinum</i> L.	59
Figura 26 – <i>Azorina vidalii</i> (Wats.) Feer.	60
Figura 27 – <i>Erica azorica</i> Hochst.	60
Figura 28 – <i>Euphorbia azorica</i> Seub.	61
Figura 29 – <i>Festuca francoi</i> Fdez. Prieto, C. Aguiar & E. Dias.	61
Figura 30 – <i>Festuca petraea</i> Guthn. ex Seub.	62
Figura 31 – <i>Juniperus brevifolia</i> (Seub.) Antoine	62
Figura 32 – <i>Laurus azorica</i> (Seub.) Franco	63
Figura 33 – <i>Limonium eduardi-diasii</i> (Seub.) Franco	63
Figura 34 – <i>Myrica faya</i> Ait.	64
Figura 35 – <i>Picconia azorica</i> (Tutin) Knobl.	64
Figura 36 – <i>Woodwardia radicans</i> (L.) J. E. Sm.	65
Figura 37 - Estrutura funcional da “Atlântida”, base de dados com cartografia digital do património vegetal dos Açores (em desenvolvimento em Windows utilizando Acess e SIG Intergraph).	67
Figura 38 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Asplenium marinum</i> , ao conjunto das variáveis ambientais.	70
Figura 39 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Azorina vidalii</i> , ao conjunto das variáveis ambientais ...	71
Figura 40 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Erica azorica</i> , ao conjunto das variáveis ambientais	73

Figura 41 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Euphorbia azorica</i> , ao conjunto das variáveis ambientais	74
Figura 42 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Festuca francoi</i> , ao conjunto das variáveis ambientais.	75
Figura 43 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Festuca petraea</i> , ao conjunto das variáveis ambientais.	76
Figura 44 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Juniperus brevifolia</i> , ao conjunto das variáveis ambientais.	78
Figura 45 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Laurus azorica</i> , ao conjunto das variáveis ambientais. .	79
Figura 46 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Limonium eduardi-diasii</i> , ao conjunto das variáveis ambientais.	80
Figura 47 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Myrica faya</i> , ao conjunto das variáveis ambientais.	81
Figura 48 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Picconia azorica</i> , ao conjunto das variáveis ambientais.	83
Figura 49 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Woodwardia radicans</i> , ao conjunto das variáveis ambientais.	84
Figura 50 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Asplenium marinum</i> , ao conjunto das variáveis ambientais, em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias. ...	86
Figura 51 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Azorina vidalii</i> , ao conjunto das variáveis ambientais, em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.	88
Figura 52 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Erica azorica</i> , ao conjunto das variáveis ambientais, em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.	89
Figura 53 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Euphorbia azorica</i> , ao conjunto das variáveis ambientais, em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias. ...	91
Figura 54 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Festuca francoi</i> , ao conjunto das variáveis ambientais, em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias. ...	93
Figura 55 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Festuca petraea</i> , ao conjunto das variáveis ambientais, em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias. ...	94
Figura 56 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Juniperus brevifolia</i> , ao conjunto das variáveis ambientais, em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias	95
Figura 57 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Laurus azorica</i> , ao conjunto das variáveis ambientais, em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.	96
Figura 58 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Limonium eduardi-diasii</i> , ao conjunto das variáveis ambientais, em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias	98
Figura 59 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Myrica faya</i> , ao conjunto das variáveis ambientais, em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.	99
Figura 60 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Picconia azorica</i> , ao conjunto das variáveis ambientais, em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias. .	101
Figura 61 – Curvas de resposta significativa da espécie <i>Woodwardia radicans</i> , ao conjunto das variáveis ambientais, em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias. .	102
Figura 62 – Curva de resposta da espécie <i>Asplenium marinum</i> à variável Altitude	103
Figura 63 – Curva de resposta da espécie <i>Asplenium marinum</i> à variável Declive.	104
Figura 64 – Curva de resposta da espécie <i>Asplenium marinum</i> à variável Exposição aos Ventos Dominantes .	104
Figura 65 - Curva de resposta da espécie <i>Asplenium marinum</i> à variável Índice Anual de Disponibilidade Hídrica.	105
Figura 66 - Curva de resposta da espécie <i>Asplenium marinum</i> à variável Precipitação Total Anual	105
Figura 67 - Curva de resposta da espécie <i>Asplenium marinum</i> à variável Temperatura Mínima Anual.	106
Figura 68 - Curva de resposta da espécie <i>Asplenium marinum</i> à variável Exposição Topográfica	106
Figura 69 - Curva de resposta da espécie <i>Asplenium marinum</i> à variável Velocidade de Deslocação das Massas de Ar.	107

Figura 70 - Curva de resposta da espécie <i>Asplenium marinum</i> à variável Índice de Salinidade	107
Figura 71 - Curva de resposta da espécie <i>Azorina vidalii</i> à variável Altitude	109
Figura 72 - Curva de resposta da espécie <i>Azorina vidalii</i> à variável Declive.....	109
Figura 73 - Curva de resposta da espécie <i>Azorina vidalii</i> à variável Exposição aos Ventos Dominantes	110
Figura 74 - Curva de resposta da espécie <i>Azorina vidalii</i> à variável Índice Anual de Disponibilidade Hídrica	110
Figura 75 - Curva de resposta da espécie <i>Azorina vidalii</i> à variável Precipitação Total Anual	111
Figura 76 - Curva de resposta da espécie <i>Azorina vidalii</i> à variável Temperatura Mínima Anual.....	111
Figura 77 - Curva de resposta da espécie <i>Azorina vidalii</i> à variável Exposição Topográfica	112
Figura 78 - Curva de resposta da espécie <i>Azorina vidalii</i> à variável Velocidade de Deslocação das Massas de Ar	112
Figura 79 - Curva de resposta da espécie <i>Azorina vidalii</i> à variável Índice de Salinidade	113
Figura 80 - Curva de resposta da espécie <i>Erica azorica</i> à variável Altitude.....	114
Figura 81 - Curva de resposta da espécie <i>Erica azorica</i> à variável Declive	114
Figura 82 - Curva de resposta da espécie <i>Erica azorica</i> à variável Exposição aos Ventos Dominantes	115
Figura 83 - Curva de resposta da espécie <i>Erica azorica</i> à variável Índice Anual de Disponibilidade Hídrica.....	115
Figura 84 - Curva de resposta da espécie <i>Erica azorica</i> à variável Precipitação Total Anual	116
Figura 85 - Curva de resposta da espécie <i>Erica azorica</i> à variável Temperatura Mínima Anual	116
Figura 86 - Curva de resposta da espécie <i>Erica azorica</i> à variável Exposição Topográfica.....	117
Figura 87 - Curva de resposta da espécie <i>Erica azorica</i> à variável Velocidade de Deslocação das Massas de Ar	117
Figura 88 - Curva de resposta da espécie <i>Erica azorica</i> à variável Índice de Salinidade	118
Figura 89 - Curva de resposta da espécie <i>Euphorbia azorica</i> à variável Altitude	119
Figura 90 - Curva de resposta da espécie <i>Euphorbia azorica</i> à variável Declive	119
Figura 91 - Curva de resposta da espécie <i>Euphorbia azorica</i> à variável Exposição aos Ventos Dominantes	120
Figura 92 - Curva de resposta da espécie <i>Euphorbia azorica</i> à variável Índice Anual de Disponibilidade Hídrica	120
Figura 93 - Curva de resposta da espécie <i>Euphorbia azorica</i> à variável Precipitação Total Anual	121
Figura 94 - Curva de resposta da espécie <i>Euphorbia azorica</i> à variável Temperatura Mínima Anual	121
Figura 95 - Curva de resposta da espécie <i>Euphorbia azorica</i> à variável Exposição topográfica.....	122
Figura 96 - Curva de resposta da espécie <i>Euphorbia azorica</i> à variável Velocidade de Deslocação das Massas de Ar	122
Figura 97 - Curva de resposta da espécie <i>Euphorbia azorica</i> à variável Índice de Salinidade	123
Figura 98 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca francoi</i> à variável Altitude	124
Figura 99- Curva de resposta da espécie <i>Festuca francoi</i> à variável Declive.....	124
Figura 100 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca francoi</i> à variável Exposição aos Ventos Dominantes	125
Figura 101 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca francoi</i> à variável Índice Anual de Disponibilidade Hídrica	125
Figura 102 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca francoi</i> à variável Precipitação Total Anual	126
Figura 103 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca francoi</i> à variável Temperatura Mínima Anual.....	126
Figura 104 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca francoi</i> à variável Exposição Topográfica	127
Figura 105 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca francoi</i> à variável Velocidade de Deslocação das Massas de Ar	127
Figura 106 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca francoi</i> à variável Índice de Salinidade	128
Figura 107 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca petraea</i> à variável Altitude	128
Figura 108 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca petraea</i> à variável Declive	129
Figura 109- Curva de resposta da espécie <i>Festuca petraea</i> à variável Exposição aos Ventos Dominantes	129
Figura 110 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca petraea</i> à variável Índice Anual de Disponibilidade Hídrica.....	130
Figura 111 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca petraea</i> à variável Precipitação Total Anual	130
Figura 112 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca petraea</i> à variável Temperatura Mínima Anual.....	131
Figura 113 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca petraea</i> à variável Exposição Topográfica	131

Figura 114 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca petraea</i> à variável Velocidade de Deslocação das Massas de Ar	132
Figura 115 - Curva de resposta da espécie <i>Festuca petraea</i> à variável Índice de Salinidade.....	132
Figura 116 - Curva de resposta da espécie <i>Juniperus brevifolia</i> à variável Altitude	133
Figura 117 - Curva de resposta da espécie <i>Juniperus brevifolia</i> à variável Declive.....	134
Figura 118 - Curva de resposta da espécie <i>Juniperus brevifolia</i> à variável Exposição aos Ventos Dominantes .	134
Figura 119 - Curva de resposta da espécie <i>Juniperus brevifolia</i> à variável Índice Anual de Disponibilidade Hídrica	135
Figura 120 - Curva de resposta da espécie <i>Juniperus brevifolia</i> à variável Precipitação Total Anual	135
Figura 121 - Curva de resposta da espécie <i>Juniperus brevifolia</i> à variável Temperatura Mínima Anual	136
Figura 122 - Curva de resposta da espécie <i>Juniperus brevifolia</i> à variável Exposição Topográfica	136
Figura 123 - Curva de resposta da espécie <i>Juniperus brevifolia</i> à variável Velocidade de Deslocação das Massas de Ar	137
Figura 124 - Curva de resposta da espécie <i>Juniperus brevifolia</i> à variável Índice de Salinidade	137
Figura 125 - Curva de resposta da espécie <i>Laurus azorica</i> à variável Altitude	138
Figura 126 - Curva de resposta da espécie <i>Laurus azorica</i> à variável Declive.....	139
Figura 127 - Curva de resposta da espécie <i>Laurus azorica</i> à variável Exposição aos Ventos Dominantes	139
Figura 128 - Curva de resposta da espécie <i>Laurus azorica</i> à variável Índice Anual de Disponibilidade Hídrica .	140
Figura 129 - Curva de resposta da espécie <i>Laurus azorica</i> à variável Precipitação Total Anual	140
Figura 130 - Curva de resposta da espécie <i>Laurus azorica</i> à variável Temperatura Mínima Anual.....	141
Figura 131 - Curva de resposta da espécie <i>Laurus azorica</i> à variável Exposição Topográfica	141
Figura 132 - Curva de resposta da espécie <i>Laurus azorica</i> à variável Velocidade de Deslocação das Massas de Ar	142
Figura 133 - Curva de resposta da espécie <i>Laurus azorica</i> à variável Índice de Salinidade	142
Figura 134 - Curva de resposta da espécie <i>Limonium eduardi-diasii</i> à variável Altitude	143
Figura 135 - Curva de resposta da espécie <i>Limonium eduardi-diasii</i> à variável Declive	143
Figura 136 - Curva de resposta da espécie <i>Limonium eduardi-diasii</i> à variável Exposição aos Ventos Dominantes	144
Figura 137 - Curva de resposta da espécie <i>Limonium eduardi-diasii</i> à variável Índice Anual de Disponibilidade Hídrica.....	144
Figura 138 - Curva de resposta da espécie <i>Limonium eduardi-diasii</i> à variável Precipitação Total Anual.....	145
Figura 139 - Curva de resposta da espécie <i>Limonium eduardi-diasii</i> à variável Temperatura Mínima Anual	145
Figura 140 - Curva de resposta da espécie <i>Limonium eduardi-diasii</i> à variável Exposição Topográfica	146
Figura 141 - Curva de resposta da espécie <i>Limonium eduardi-diasii</i> à variável Velocidade de Deslocação das Massas de Ar.....	146
Figura 142 - Curva de resposta da espécie <i>Limonium eduardi-diasii</i> à variável Índice de Salinidade.....	147
Figura 143 - Curva de resposta da espécie <i>Myrica faya</i> à variável Altitude.....	148
Figura 144 - Curva de resposta da espécie <i>Myrica faya</i> à variável Declive.....	148
Figura 145 - Curva de resposta da espécie <i>Myrica faya</i> à variável Exposição aos Ventos Dominantes	149
Figura 146 - Curva de resposta da espécie <i>Myrica faya</i> à variável Índice Anual de Disponibilidade Hídrica	149
Figura 147 - Curva de resposta da espécie <i>Myrica faya</i> à variável Precipitação Total Anual	150
Figura 148 - Curva de resposta da espécie <i>Myrica faya</i> à variável Temperatura Mínima Anual	150
Figura 149 - Curva de resposta da espécie <i>Myrica faya</i> à variável Exposição Topográfica	151
Figura 150 - Curva de resposta da espécie <i>Myrica faya</i> à variável Velocidade de Deslocação das Massas de Ar	151
Figura 151 - Curva de resposta da espécie <i>Myrica faya</i> à variável Índice de Salinidade	152
Figura 152 - Curva de resposta da espécie <i>Picconia azorica</i> à variável Altitude	153
Figura 153 - Curva de resposta da espécie <i>Picconia azorica</i> à variável Declive	153
Figura 154 - Curva de resposta da espécie <i>Picconia azorica</i> à variável Exposição aos Ventos Dominantes.....	154
Figura 155 - Curva de resposta da espécie <i>Picconia azorica</i> à variável Índice Anual de Disponibilidade Hídrica.....	154

Figura 156 - Curva de resposta da espécie <i>Picconia azorica</i> à variável Precipitação Total Anual	155
Figura 157 - Curva de resposta da espécie <i>Picconia azorica</i> à variável Temperatura Mínima Anual.....	155
Figura 158 - Curva de resposta da espécie <i>Picconia azorica</i> à variável Exposição Topográfica	156
Figura 159 - Curva de resposta da espécie <i>Picconia azorica</i> à variável Velocidade de Deslocação das Massas de Ar.....	156
Figura 160 - Curva de resposta da espécie <i>Picconia azorica</i> à variável Índice de Salinidade	157
Figura 161 - Curva de resposta da espécie <i>Woodwardia radicans</i> à variável Altitude.....	158
Figura 162 - Curva de resposta da espécie <i>Woodwardia radicans</i> à variável Declive	158
Figura 163 - Curva de resposta da espécie <i>Woodwardia radicans</i> à variável Exposição aos Ventos Dominantes	159
Figura 164 - Curva de resposta da espécie <i>Woodwardia radicans</i> à variável Índice Anual de Disponibilidade Hídrica	159
Figura 165 - Curva de resposta da espécie <i>Woodwardia radicans</i> à variável Precipitação Total Anual	160
Figura 166 - Curva de resposta da espécie <i>Woodwardia radicans</i> à variável Temperatura Mínima Anual	160
Figura 167 - Curva de resposta da espécie <i>Woodwardia radicans</i> à variável Exposição Topográfica.....	161
Figura 168 - Curva de resposta da espécie <i>Woodwardia radicans</i> à variável Velocidade de Deslocação das Massas de Ar.....	161
Figura 169 - Curva de resposta da espécie <i>Woodwardia radicans</i> à variável Índice de Salinidade	162
Figura 170 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie <i>Asplenium marinum</i> às variáveis ambientais, em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de <i>Stress</i> ; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.	170
Figura 171 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie <i>Azorina vidalii</i> às variáveis ambientais, em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de <i>Stress</i> ; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.	171
Figura 172 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie <i>Erica azorica</i> às variáveis ambientais, em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de <i>Stress</i> ; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.	172
Figura 173 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie <i>Euphorbia azorica</i> às variáveis ambientais, em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de <i>Stress</i> ; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.	173
Figura 174 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie <i>Festuca francoi</i> às variáveis ambientais, em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de <i>Stress</i> ; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.	174
Figura 175 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie <i>Festuca petraea</i> às variáveis ambientais, em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de <i>Stress</i> ; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.	175
Figura 176 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie <i>Juniperus brevifolia</i> às variáveis ambientais, em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de <i>Stress</i> ; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.	176
Figura 177 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie <i>Laurus azorica</i> às variáveis ambientais, em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de <i>Stress</i> ; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.	177
Figura 178 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie <i>Limonium eduardi-diasii</i> às variáveis ambientais, em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de <i>Stress</i> ; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.....	178
Figura 179 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie <i>Myrica faya</i> às variáveis ambientais, em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de <i>Stress</i> ; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.	179
Figura 180 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie <i>Picconia azorica</i> às variáveis ambientais, em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de <i>Stress</i> ; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.	180
Figura 181 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie <i>Woodwardia radicans</i> às variáveis ambientais, em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de <i>Stress</i> ; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.....	181
Figura 182 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie <i>Asplenium marinum</i> às variáveis ambientais, em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.....	182
Figura 183 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie <i>Azorina vidalii</i> às variáveis ambientais, em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.....	183
Figura 184 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie <i>Erica azorica</i> às variáveis ambientais, em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.....	184
Figura 185 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie <i>Euphorbia azorica</i> às variáveis ambientais, em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.....	185

Figura 186 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie <i>Festuca francoi</i> às variáveis ambientais, em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.	186
Figura 187 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie <i>Festuca petrae</i> às variáveis ambientais, em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.	187
Figura 188 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie <i>Juniperus brevifolia</i> às variáveis ambientais, em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.	188
Figura 189 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie <i>Laurus azorica</i> às variáveis ambientais, em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.	189
Figura 190 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie <i>Limonium eduardi-diasii</i> às variáveis ambientais, em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.....	190
Figura 191 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie <i>Myrica faya</i> às variáveis ambientais, em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.	191
Figura 192 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie <i>Picconia azorica</i> às variáveis ambientais, em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.	192
Figura 193 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie <i>Woodwardia radicans</i> às variáveis ambientais, em que os valores das classes à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.	193
Figura 194 – Carta de síntese da distribuição dos óptimos das espécies (<i>Asplenium marinum</i> ; <i>Azorina vidalii</i> ; <i>Erica azorica</i> ; <i>Euphorbia azorica</i> ; <i>Festuca francoi</i> ; <i>Festuca petraea</i> ; <i>Juniperus brevifolia</i> ; <i>Laurus azorica</i> ; <i>Limonium eduardi-diasii</i> ; <i>Myrica faya</i> ; <i>Picconia azorica</i> e <i>Woodwardia radicans</i>) para o restauro do acesso à Fajã do Calhau.	195

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Classes de valores de disponibilidade hídrica (THORNTHWAITE, <i>et al</i> , 1957) sobre os quais se obteve a frequência para a totalidade dos Açores, para determinação do IADH.....	25
Tabela 2 - Classes de Índice Anual de Disponibilidade Hídrica (IADH)	25
Tabela 3 - Tipos de continentalidade (segundo RIVAS-MARTÍNEZ, <i>et al.</i> , 1999).....	26
Tabela 4 - SubTipos de continentalidade (segundo Rivas-Martínez, <i>et al.</i> , 1999)	26
Tabela 5 - Classes de TOPEX (WILSON, 1984).....	29
Tabela 6 - Critério de selecção do estudo do óptimo ecológico das espécies vegetais a introduzir na área de estudo. A) Espécies estruturantes, pioneiras ou com capacidade de crescer em habitats jovens e incipientes; B) Espécies que possam ser facilmente colhidas em habitats costeiros e circundantes; C) Espécies com potencial valor ornamental e estético; D) Espécies que recriem populações que estejam em perigo de extinção ou raras.	65
Tabela 7 - Selecção das variáveis ambientais com curva de resposta às espécies (<i>Asplenium marinum</i> ; <i>Azorina vidalii</i> ; <i>Erica azorica</i> ; <i>Euphorbia azorica</i> ; <i>Festuca francoi</i> ; <i>Festuca petraea</i> ; <i>Juniperus brevifolia</i> ; <i>Laurus azorica</i> ; <i>Limonium eduardi-diasii</i> ; <i>Myrica faya</i> ; <i>Picconia azorica</i> ; <i>Woodwardia radicans</i>) mais explicativas e pertinentes (cor azul).....	84

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Classes de Frequência de Declives (%).....	31
--	----

Lista de Símbolos e Acrónimos:

- **ALT** – Altitude;
- **ATLÂNTIDA@GEVA** – Base de Dados da História Natural dos Açores;
- **CLIMAAT** – Clima e Meteorologia dos Arquipélagos Atlânticos - Clima Marítimo e Costeiro;
- **DEC** – Declive;
- **EV** – Exposição aos Ventos Dominantes;
- **GEVA** – Grupo de Ecologia Vegetal e Aplicada (Universidade dos Açores);
- **IC** - Índice de Continentalidade Simples;
- **RAIN** – Precipitação Total Anual, com base em 30 de observações (ajustada);
- **RHMA** – Humidade Relativa Máxima, Média Anual;
- **RHME** – Humidade Relativa Média, Média Anual;
- **RHMI** – Humidade Relativa Mínima, Média Anual;
- **RS** – Radiação Global, a totalidade de radiação que atinge a superfície terrestre;
- **SIG** – Sistemas de Informação Geográfica;
- **TIN** – Triangulated Irregular Network;
- **TMI** – Temperatura Mínima, média.
- **TPX** – Exposição Topográfica;
- **VEN** – Velocidade de Deslocação das Massas de Ar;

Resumo

Os Açores são uma região perturbada por profundas alterações da paisagem, quer produzidas pelo Homem, quer pela natureza.

Deste modo, surge o restauro ecológico como uma estratégia de elevada importância para o território e para os equilíbrios ambientais, em que se utilizam as espécies endémicas, aplicando os princípios de sucessão ecológica, da dinâmica dos ecossistemas e factores ambientais, de modo a promover os processos de autosustentação e homeostasia.

A utilização de espécies endémicas e de vegetação natural tem vindo a ser considerada como um grande valor, dado que são espécies com funções já adaptadas para as condições locais, são mais equilibrantes com o ambiente, promovem a biodiversidade e funcionam como suporte a corredores ecológicos.

No entanto, não existe a capacidade científica comprovada nos Açores de utilizar a sua vegetação e as espécies endémicas nos processos de restauro. Portanto, esta tese pretende desenvolver um conjunto de conhecimentos, capacidades e competências e de testá-las, num caso concreto de restauro com espécies naturais, utilizando um modelo conceptual, que resulta da conjugação da ecologia das espécies através do óptimo ecológico, com as características ambientais determinadas em Sistemas de Informação Geográfica.

Consequentemente, determinou-se qual o conjunto de espécies vegetais mais adaptadas e estratégicas, de acordo com o óptimo ecológico para cada variável ambiental (Temperatura Mínima, Índice de Salinidade, Índice Anual de Disponibilidade Hídrica, entre outros) para cada um dos habitats da falésia de acesso à Fajã do Calhau. Esta oportunidade, da Fajã do Calhau, surge uma vez que esta zona está a ser sujeita a um processo de renaturalização, onde estas teorias podem ser aplicadas, verificadas e validadas. Esta tese é o primeiro passo, nesse sentido, desenvolvendo metodologias e aplicando-as.

Para além disso, esta nova intervenção de restauro ecológico nos Açores, gera novos instrumentos para a engenharia ambiental, novas oportunidades para as zonas de intervenção pelo Homem, cria novos recursos, nomeadamente gerando núcleos de valorização e salvaguarda de espécies raras, gera ainda novos conceitos de paisagem e contribui para alterar a cultura de um povo, dado que promove como beleza e factor positivo as paisagens naturais e o património natural da região.

Abstract

The Azores archipelago is a disturbed region expressed by deep changes in landscape, caused either by man or by natural events.

In this context ecological restoration arises as a high important strategy for landscape management and environmental balance. Restoration can use endemic species, applying ecological succession, dynamics ecosystem principles and environmental factors, as way to promote self-sustainability and homeostatic processes.

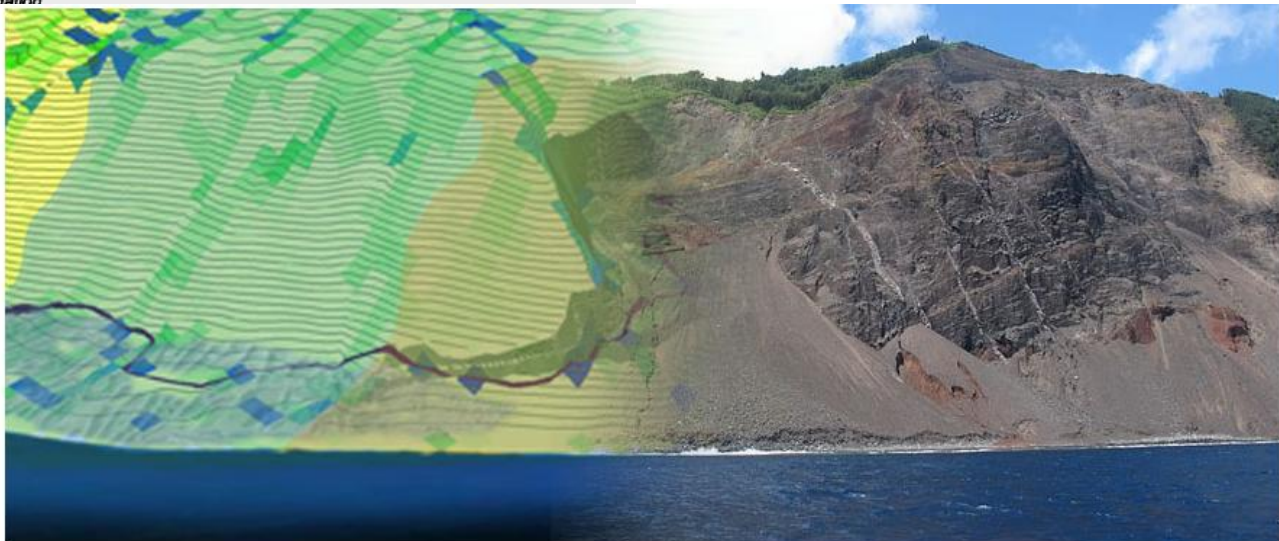
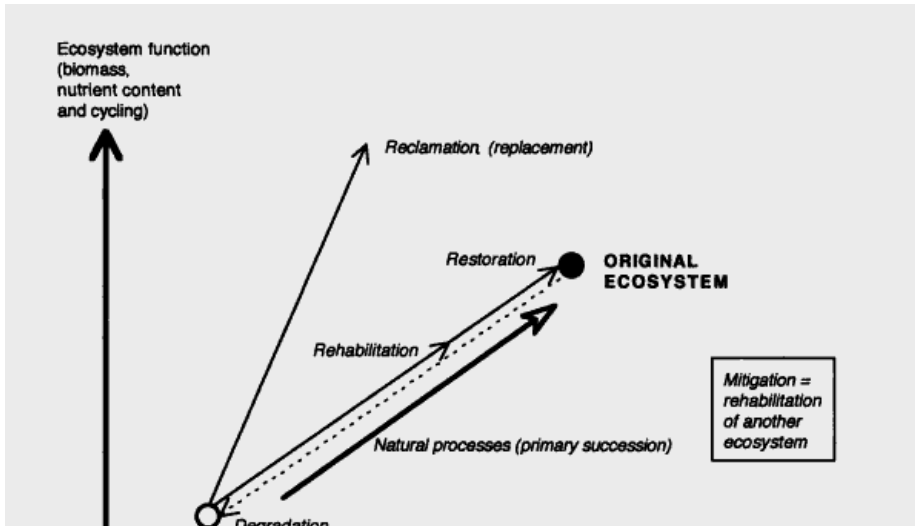
The use of endemic species and natural vegetation has been considered of great value, since endemic species are already adapted to local conditions. They also contributed to the equilibrium of the environment, promoted biodiversity and acting as support for ecological corridors.

However, Azores islands has no scientific ability to use native species and vegetation in restoration process. Therefore, this thesis purposes develop a model of ecological restoration and tested it in a particular case of restoration with native species. The process is based in a conceptual model, supported by the combination of species ecological optimum with the environmental features, running in a Geographic Information Systems project.

On a first step, it was selected a group of plant species more adapted, according to the ecological optimum for a set of environmental factors (Minimum Temperature, Salinity, Annual Index of Water Availability, and so on), for each habitat on constructed passage through the coastal cliffs to Fajã Calhau. This opportunity arises in this area, because a process of reinstatement was proposed as a revegetation action, allowing theories application, verification and validation.

In addition, this new intervention of ecological restoration in the Azores islands, will create new tools for environmental engineering, new opportunities for human intervention areas. It will create new resources, namely by the generating of recovery cores and the protection of rare species. It generates also new concepts of landscape and contributes to change local people's culture, since it promotes beauty in a form of natural landscape and natural heritage of the Region.

Introdução



1. Enquadramento Geográfico

Localizado entre os paralelos 36° 45' e 39° 43' de latitude Norte e os meridianos 24° 45' e 31° 17' de longitude Oeste, com o extremo mais oriental (ilha de Santa Maria) a uma distância aproximada de 1900 Km da costa Ocidental do Continente Europeu, o Arquipélago dos Açores, extremo Norte da Macaronésia, desenvolve-se diagonalmente com uma orientação marcadamente Noroeste-Sudeste ao longo de cerca de 700 Km. (AZEVEDO, 1996)

A ilha de São Miguel é das 9 ilhas do arquipélago a que possui maior superfície, com cerca de 746,82 Km². Com forma alongada, tem um formato ligeiramente parabólico, com uma concavidade pronunciada para Norte. O eixo principal desta parábola encontra-se orientado sensivelmente no sentido E-W, entre a ponta da Marquesa a Este e a ponta da Ferraria a Oeste, com um comprimento máximo de 62 Km. A maior largura da ilha encontra-se entre a ponta do Cinturão a Norte e a ponta da Galera a Sul e é cerca de 15 Km. O comprimento total da ilha de São Miguel é de cerca de 155 Km. (PEREIRA, 2009)

A maior parte da área da ilha, 52,7%, estende-se numa faixa com cota inferior a 300 metros. 44,9% situa-se a uma cota que vai dos 300 metros aos 800 metros e apenas 2,4% da área se encontra a uma altitude superior a 800 metros.

1.1. Clima

Distribuindo-se diagonalmente, mais em longitude do que em latitude, ao longo de cerca de 700 Km e com altitudes bastante variáveis, desde os 402 m da ilha Graciosa aos 2351 m da ilha do Pico (ponto mais alto de Portugal), as diferentes ilhas do arquipélago apresentam, necessariamente, particularidades climáticas distintas resultantes do seu enquadramento. (AZEVEDO, 1996)

O clima dos Açores, na sua generalidade, é considerado como temperado oceânico, de fraca amplitude térmica, elevada precipitação e humidade. Francamente atenuada pela corrente do Golfo, a temperatura média anual ronda os 17,5°C. (DIAS, 1996)

O macroclima regional parece determinado pela movimentação do chamado anticiclone dos Açores, uma das principais células subtropicais de altas pressões do hemisfério Norte. (HENRÍQUEZ, *et al*, 1986; DIAS, 1996). As ilhas encontram-se bastante para Norte da região dos ventos alísios, mesmo na época da sua maior expansão setentrional, e estão portanto sujeitas ao regime de perturbações atmosféricas que reinam no Atlântico norte, embora a maioria dessas perturbações se faça sentir no arquipélago de modo atenuado. (AGOSTINHO, 1938)

O clima do Arquipélago dos Açores caracteriza-se por uma fraca amplitude térmica e por uma precipitação e humidade do ar elevadas, reflectindo uma forte influência oceânica. (BETTENCOURT, 1979)

Na Primavera e no Verão, o clima apresenta, em geral, condições de menor instabilidade, em consequência da expansão do anticiclone dos Açores que se aproxima do arquipélago. No Outono, Inverno e por vezes, no início da Primavera, com a descida em altitude da frente polar e o afastamento para sul do anticiclone, ocorrem com frequência condições de grande instabilidade. (AGOSTINHO, 1938)

A caracterização geral do clima da ilha de São Miguel irá ter em conta os seguintes parâmetros: Temperatura; Precipitação; Humidade; Vento e Nebulosidade:

- Temperatura:

De acordo com BETTENCOURT, 1979, a distribuição espacial da temperatura do ar é essencialmente condicionada pelos factores fisiográficos e pela proximidade do mar. Os valores mais altos de temperatura do ar observam-se quando o anticiclone subtropical dos Açores é intenso, muito desenvolvido, orientado na direcção SW-NE e está centrado a SW do arquipélago.

Segundo AGOSTINHO, 1938, a temperatura média anual do ar, ao nível do mar é de 17,5°C. Contudo, DIAS, 1996, refere que a temperatura não parece atingir amplitudes, nem valores mínimos que constituam factor limitante para o desenvolvimento das espécies vegetais, embora possam ocorrer geadas acima dos 600 m.

A ilha de São Miguel, e conforme PEREIRA, 2009, apresenta uma temperatura média anual do ar que oscila entre 17,3°C (Ponta Delgada) e 11-12°C (a cerca de 800/900 m de altitude), correspondendo no entanto a 13,2 °C, a média mais baixa verificada nas estações meteorológicas existentes na ilha (Achada das Furnas – altitude de 550 m). O mês mais frio é Fevereiro, oscilando as respectivas temperaturas médias à volta de 14°C no litoral e podendo descer abaixo dos 5°C nas zonas de grande altitude; o mês mais quente é o de Agosto, correspondendo-lhe médias próximas de 22°C no litoral e, presumivelmente, de cerca de 15°C nas regiões de altitude mais elevadas.

- Precipitação:

De acordo com AGOSTINHO, 1941, a distribuição de pluviosidade durante todo o ano não é homogénea, verificando-se nos meses de Dezembro até Janeiro. Nos meses de Outubro até Fevereiro (inclusive), a precipitação é superior a 50% em relação ao total anual, enquanto de Junho a Agosto (inclusive), é de apenas 14%. Segundo BETTENCOURT, 1979, cerca de 65 a 70% da precipitação do ano ocorre entre Outubro e Março, o que se explica pela passagem, nos Açores, de grandes perturbações da superfície frontal polar que provocam fortes movimentos verticais de ar. Como a ilha é montanhosa, a precipitação cresce rapidamente do litoral para o interior, atingindo por vezes no interior mais do dobro do valor verificado junto à costa. (AGOSTINHO, 1942)

Conforme referido por DIAS, 1996, a vegetação de altitude poderá ter esta amplitude fortemente compensada pela precipitação horizontal, resultante do *Efeito de Föhn*, exigindo sempre a presença de superfícies de intercepção, que só um coberto arborescente pode fornecer.

Segundo PEREIRA, 2009, e considerando a maior extensão da ilha de São Miguel acima dos 200-300 metros de altitude na zona leste, as áreas expostas a norte e nascente, o clima é permanentemente húmido, com todos os meses do ano a revelarem-se chuvosos, tanto devido às elevadas quantidades de precipitação como à grande incidência de orvalhos e nevoeiros que se formam em parte devido ao encontro de massas de ar com as encostas. Assim, pode-se concluir que as maiores quantidades anuais de precipitação, em São Miguel, são da ordem dos 3000 mm e verificam-se na zona dos Graminhais-Tronqueira e nos Maciços do Fogo e das Sete Cidades. Acima da altitude de 600-700 m a precipitação revela valores sempre superiores a 2500 mm. Nas regiões Leste e Nordeste da ilha, em consequência da orografia, a pluviosidade média anual nunca é inferior a 1500 mm.

▪ Humidade:

O elemento climático utilizado para descrever o estado higrométrico do ar é a humidade relativa do ar, quociente da massa de vapor de água existente em determinado volume de ar no local à hora que se considera, pela massa de vapor de água que nela existiria se o ar estivesse saturado à mesma temperatura (BETTENCOURT, 1979).

De acordo com AGOSTINHO, 1947, a humidade relativa aumenta cerca de 2% por cada 100 m de altitude. É frequente atingir-se a saturação nas zonas altas da ilha. Se tivermos em conta que a humidade relativa média junto ao litoral é de cerca de 80% em todo o arquipélago, teríamos uma humidade relativa média de 100% a 1000 m de altitude, o que não parece andar longe da verdade. Deste modo, e segundo DIAS, 1996, a presença de um clima muito húmido, ocupando o centro e centro-W da maioria das ilhas, e onde a situação planáltica, com frequentes bacias endorreicas, cria condições frequentes de encharcamento permanente.

▪ Vento:

Segundo BETTENCOURT, 1979, pode afirmar-se que nos grupos Ocidental e Central, os ventos predominam do quadrante de W e no grupo Oriental de NE, o que se explica pelo facto daqueles grupos se encontrarem, em regra, no bordo ocidental do anticiclone dos Açores e o grupo Ocidental no bordo leste deste mesmo anticiclone.

Conforme AGOSTINHO, 1940, os ventos distribuem-se ao longo do ano com predomínio NE, SE e W durante a Primavera e Verão e dos rumos N, NW e SE no Outono e Inverno.

Os Açores revelam-se como um arquipélago bastante fustigado pelos ventos que sopram de todas as direcções, sendo um dos grandes factores de erosão, ondulação do mar e portadores da ressaca que queima a vegetação. Os máximos relativos à velocidade são atingidos essencialmente entre Janeiro a Março, estando relacionados com o maior gradiente horizontal da pressão atmosférica no atlântico norte. As correntes perturbadas de NW e N, de ar polar marítimo directo em circulação ciclónica, provocam normalmente uma baixa sensível de temperaturas, com tempo pluvioso nos litorais e até nevoso nas maiores altitudes. O vento é influenciado pelo relevo, factor a ter em conta no estudo do mesmo, com a orientação das montanhas a determinar alterações na circulação geral. (PEREIRA, 2009)

▪ Nebulosidade:

A nebulosidade é muito frequente acima dos 800 m, condição que, associada ao elevado índice de pluviosidade, provoca um débito elevado de água para o solo.

Segundo BETTENCOURT, 1979, o número de dias com céu muito nublado ou encoberto é maior nos meses de Outubro a Junho, com máximo em Janeiro; os menores valores no mês ocorrem entre Julho e Setembro, com mínimo em Agosto; o número de dias com céu pouco nublado ou limpo é maior nos meses de Junho a Setembro, com um máximo em Julho ou Agosto.

O nevoeiro é muito mais frequente na parte oriental do que na ocidental do arquipélago, incluindo as ilhas mais a Este do grupo Central. (PEREIRA, 2009)

1.2. Geologia e Geomorfologia

A existência do arquipélago dos Açores deve-se a mecanismos que são explicados através da descrição pormenorizada dos principais alinhamentos tectónicos, com base na cartografia dos epicentros sísmicos nesta área do Atlântico. (AGOSTINHO, 1938)

Recentemente aceita-se um esquema tectónico em que os Açores dispõem-se sobre um conjunto de falhas transformantes, paralelas entre si, perpendiculares ao *rift* médio Atlântico e tendentes para a falha Glória (falha Açores-Gibraltar), que constitui os limites das placas Euro-asiática e Africana, encontrando-se, este conjunto, ao longo do *rift* médio Atlântico, com a placa Americana (ZBYSZEWSKI, *et al*, 1971).

Segundo, MADRUGA, 1995, a geologia das ilhas é bastante uniforme, uma vez que resultou de erupções vulcânicas sucessivas. A diferenciação magmática originou contudo, a presença de alguns materiais de origem e composição química diferentes. A estrutura geológica é dominada pela alternância de materiais rijos e materiais brandos. Nos Açores predominam os piroclastos de composição traquítica (pedra-pomes), seguindo-se os de composição basáltica (bagacina), de distribuição mais localizada. As rochas eruptivas mais frequentes são os basaltos, traquibasaltos e traquitos da série de basaltos alcalinos oceânicos.

A ilha de São Miguel, e de acordo com PEREIRA, 2009, apresenta uma constituição bastante complexa. Com a costa bastante recortada, apresenta várias falésias inacessíveis e enseadas naturais. Revela ainda alguns pontos de fácil acesso por mar, com a presença de praias mais ou menos extensas de areia negra ou mais clara. No interior da ilha existem maciços montanhosos com origem vulcânica, os quais cruzam a ilha no sentido E-W. Genericamente, existem 3 grandes regiões: região oriental, região dos picos e região ocidental.

1.3. Solos

A maioria dos solos em São Miguel, e de acordo com OLIVEIRA, 1982, resultam de uma evolução de materiais piroclásticos, sobretudo de natureza traquítica (cinzas e pedra-pomes). Noutros casos houve mistura desta com material piroclástico de natureza basáltica (bagacina). Muito raramente podem ter-se formando a partir de bagacina, sendo geralmente então solos muito pouco evoluídos.

No entanto, há um processo inerente aos solos e que é fundamental para a vegetação, que é a infiltração e movimento da água no solo, e que contribui para a disponibilidade hídrica das plantas. Este processo varia com as condições de cobertura do solo e com as propriedades físicas no perfil do solo, como sejam a porosidade, a condutividade hidráulica e o teor de humidade. As características da infiltração variam ao longo do tempo como resultado dos sistemas de uso do solo, nomeadamente o pisoteio e as práticas culturais. (FONTES, 1999)

Deste modo, os principais tipos de solos que ocorrem na ilha são: andossolos (mais representados), solos delgados alofânicos, regossolos cascalhentos, solos litólicos, litossolos e solos pardos ândicos. A maioria dos solos tem textura franca, franco-arenosa e franco-argilosa e são medianamente ricos em matéria orgânica. (PEREIRA, 2009)

2. Restauros Ecológicos e Desenvolvimento Regional

O estudo da flora insular é das abordagens mais interessantes, nos estudos florísticos e biogeográficos, pois obriga a englobar todos os factores bióticos e abióticos na compreensão da sua origem, evolução e condição actual. E, inversamente, por serem eles os melhores representantes das condições primitivas, o estudo da sua ecologia leva-nos muito perto da compreensão do meio insular original. (DIAS, 1996)

Porém, os Açores são uma região perturbada por profundas alterações da paisagem, quer produzidas pelo Homem, quer pela natureza.

Deste modo, surge o restauro ecológico como uma estratégia de elevada importância para o território e para os equilíbrios ambientais, em que se utilizam as espécies endémicas, aplicando os princípios de sucessão ecológica e da dinâmica dos ecossistemas, de modo a promover os processos de autosustentação e homeostasia.

Um ecossistema possui dois atributos principais, estrutura e função, cada um composto de diferentes elementos. Eles podem ser usados para definir e ilustrar os danos que os ecossistemas podem sofrer (Figura 1). Se uma área é deixada, sem qualquer intervenção, os processos naturais de sucessão primária irão restaurar o ecossistema ao seu ponto de partida. São estes processos que, sem ajuda, originalmente produzem a diversidade de ecossistemas naturais que hoje conhecemos. (PERROW & DAVY, 2002)

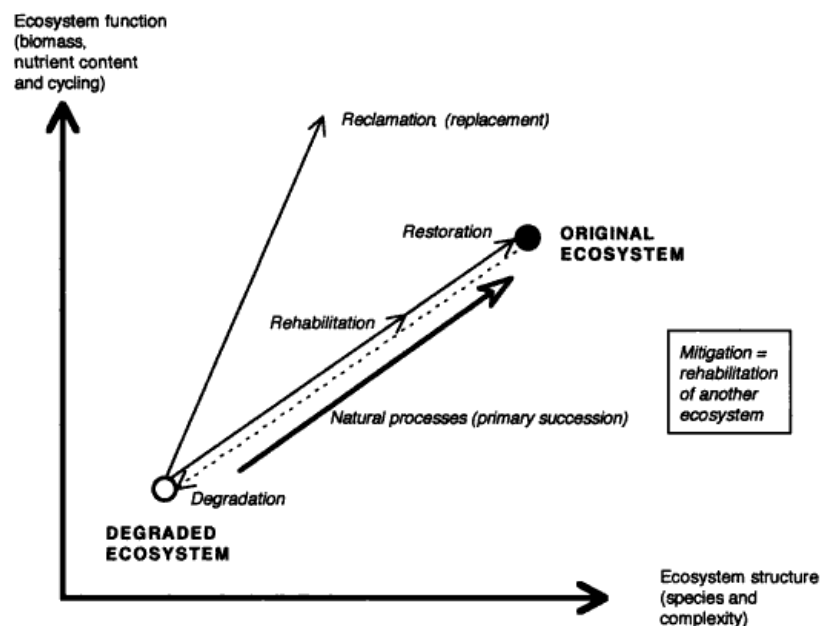


Figura 1 – As diferentes opções para a melhoria de um ecossistema degradado pode ser expresso em termos das principais características de estrutura e função. A degradação ocorre quando ambas as características são geralmente reduzidas, embora não necessariamente de forma igual. O restauro implica em trazer de volta o ecossistema ao seu estado original ou anterior em termos de estrutura e função. (PERROW & DAVY, 2002)

Quando o estado pretendido do ecossistema é identificado, a prática de restauro ecológica deve ser guiada de acordo com a dinâmica dos ecossistemas, pelo estado das comunidades vegetais e dos recursos ambientais disponíveis. (PICKETT, 2008)

As comunidades vegetais são essencialmente dinâmicas, sendo o produto de uma combinação histórica e de processos actuais de sucessão que envolvem as interações entre as espécies e entre a vegetação e o meio abiótico. Perturbações ou danos a um ecossistema é susceptível de afectar todos os aspectos do seu estado sucessional, incluindo o desenvolvimento do capital acumulado de nutrientes no solo, biomassa e ciclo de nutrientes. As abordagens práticas para a criação e manipulação de comunidades vegetais ignoram esse risco. Para efeitos de restauro, as propriedades do ambiente do solo são determinantes para as comunidades vegetais. O ponto de partida para o restauro de comunidades vegetais deve ser o restauro de ambientes físicos e solo apropriado para essas comunidades, isto é, é necessário introduzir as populações de plantas desejadas no local, para regulamentar a sua abundância relativa e remover ou evitar o avanço indesejável de espécies invasoras. (PERROW & DAVY, 2002)

De acordo com a SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE, 2004, o Restauro Ecológico é uma actividade deliberada, que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema com respeito à sua saúde, integridade e sustentabilidade. Com frequência, o ecossistema que requer restauro foi degradado, danificado, transformado ou totalmente destruído como resultado directo ou indirecto das actividades humanas. Em alguns casos, esses impactos aos ecossistemas foram causados ou agravados por causas naturais, tais como incêndios, inundações, tempestades ou erupções vulcânicas, até a um grau em que o ecossistema não pode se restabelecer por si próprio, conforme o seu estado anterior ou à sua trajetória histórica de desenvolvimento.

Por isso, o restauro ecológico é uma das várias actividades que se esforça para alterar a biota e as condições físicas de um sítio, em que estas incluem a recuperação, reabilitação, mitigação, engenharia ecológica e vários tipos de gestão de recursos naturais, incluindo a flora, sistemas agroflorestais e silvicultura. (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE, 2004) Assim, e de acordo com PRACH, 2003, a prática de restauro ambiental é um teste à teoria ecológica.

Segundo VAN DIGGELEN & MARRS, 2003, o restauro ecológico pode ser considerado recentemente aplicado ao desenvolvimento da biologia da conservação. Dentro destas duas disciplinas, a maioria dos investigadores pensam ao longo da mesma linha, dado que estão preocupados com o restauro das comunidades e habitats ameaçados como refúgio para espécies em perigo de extinção.

De acordo com VAN DIGGELEN & MARRS, 2003, para o restauro da vegetação é necessário dividir o processo de restauro em várias etapas menores que tornarão mais fácil a sua viabilidade. Pode-se distinguir uma série de condições que têm de ser preenchidas para uma tentativa de restauro bem-sucedida: (1) A primeira restrição em todos os locais é o conjunto de condições abióticas. Essencialmente, as condições abióticas têm de estar dentro dos limites de tolerância das comunidades e das espécies; (2) Contudo, restaurar as condições abióticas correctas em si é na maioria das situações insuficiente para restabelecer o alvo pretendido, sobretudo se o objectivo é fazer isso rapidamente. Devem, também, estar disponíveis propágulos viáveis suficientes das espécies-alvo no local de destino. Esta não é uma exigência absoluta, pois há muitos casos de colonização natural dos locais e subsequente desenvolvimento de biótopos com um alto valor de conservação. Em alguns casos, algumas espécies podem ter propágulos viáveis já presentes no local. Quando isso ocorre, é essencial saber se eles estão lá actualmente e se são susceptíveis de contribuir para o processo de restauro (REINHARDT & GALATOWISCH, 2008); (3) Uma vez presentes no local restaurado, os propágulos devem por um lado ou germinar (sementes e esporos) ou por rebentos (partes vegetativas), para que a espécie

possa se estabelecer; (4) Finalmente, uma vez que a vegetação tenha meta estabelecida num sítio, será certamente necessário estabelecer um regime de gestão adequado para ser aplicado, o que pode implicar distúrbio (ou a ausência dele), mas é necessário garantir que as condições permaneçam adequadas para a persistência das novas espécies e das comunidades (CHYTRÝ, 1998).

Um ecossistema é considerado recuperado – e restaurado – quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar o seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais. Tal subsistema será capaz de se manter tanto estruturalmente, quanto funcionalmente. Demonstrará resiliência normal aos limites normais de *stress* e distúrbio ambientais. Interagirá com ecossistemas contíguos em termos de fluxos bióticos e abióticos e interações culturais. Os nove atributos listados a seguir fornecem uma base para determinar quando o restauro foi alcançado. (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE, 2004)

1. O ecossistema restaurado contém um conjunto característico de espécies que ocorrem no ecossistema de referência, fornecendo uma estrutura apropriada da comunidade.
2. O ecossistema restaurado constitui-se de espécies indígenas até ao máximo grau possível. Nos ecossistemas culturais restaurados, as espécies ruderais são representadas por plantas que colonizam sítios perturbados, enquanto as arvenses crescem entre plantas de cultivo.
3. Todos os grupos funcionais necessários para o desenvolvimento contínuo e, ou estabilidade do ecossistema restaurado encontram-se representados ou, caso não estejam presentes, os grupos ausentes possuem potencial para colonizar o ambiente por meios naturais.
4. O ambiente físico do ecossistema restaurado possui a capacidade de suportar as populações reprodutivas das espécies necessárias para a sua estabilidade contínua ou desenvolvimento ao longo da trajectória desejada.
5. O ecossistema restaurado aparentemente funciona de modo normal, de acordo com o seu estado ecológico de desenvolvimento, não existindo sinais de disfunção.
6. O ecossistema restaurado foi integrado adequadamente com a matriz ecológica ou a paisagem, com a qual interage através de fluxos e intercâmbios abióticos e bióticos.
7. As ameaças potenciais à saúde e à integridade do ecossistema restaurado foram eliminadas ou reduzidas ao máximo possível.
8. O ecossistema restaurado é suficientemente resiliente para suportar os eventos periódicos normais de *stress* que ocorrem no ambiente local e que servem para manter a integridade do ecossistema.
9. O ecossistema restaurado é auto-sustentável, ao mesmo grau que o seu ecossistema de referência, e possui o potencial para persistir indefinidamente sob as condições ambientais existentes.

É possível que outros atributos ganhem relevância e devam ser acrescentados a esta lista, à medida que sejam identificados como metas do projecto de restauro. Por exemplo, uma das metas de restauro poderia ser que os ecossistemas restaurados forneçam *habitats* para espécies raras ou para abrigar um acervo genético diverso de espécies seleccionadas.

De acordo com JORDAN, *et al*, 1988, o restauro na forma de reintrodução de espécies pré-existentes é um elo crítico em programas de conservação *ex situ* de espécies na expectativa de, eventualmente, devolvê-las à vida selvagem. Este tipo de restauro proporciona oportunidades tão diversas como a gestão de corredores ecológicos, até núcleo de salvaguarda de espécies raras ou em risco.

No entanto, e dentro deste contexto, é crucial fundamentar as decisões de restauro e compreender os mecanismos e processos de sucessão ecológica, identificando os factores bióticos e abióticos que limitam a sucessão, quando esta ocorre. (ALDAY, *et al.*, 2011)

Com o evoluir do tempo, o Homem tem-se tornado cada vez mais preocupado com o ambiente, e o interesse na preservação e restauro de comunidades nativas também tem aumentado gradualmente. As plantas nativas são valorizadas pelas suas vantagens económicas, ecológicas, genéticas e estéticas, além da crença crescente da sociedade pelo seu valor intrínseco como seres vivos. (DORNER, 2002)

Segundo REINHARDT & GALATOWISCH, 2008, a utilização de plantas indígenas para a recuperação da paisagem, ou como um substituto para as plantas exóticas e ornamentais pode ajudar a inverter a tendência de perda de espécies. Embora os métodos possam ser diferentes, as plantas nativas exigem o mesmo nível de cuidado na introdução e criação que as plantas ornamentais. Se o ambiente foi significativamente alterado pelas actividades humanas, será necessário um trabalho reforçado para recriar um ambiente mais apropriado e ideal para as espécies nativas. No entanto, a longo prazo as espécies nativas, na maioria dos casos, formam comunidades vegetais auto-sustentadas que não exigem muita manutenção, porque elas são adaptadas para uma determinada região, tendendo a resistir a *stresses* como frio, seca, doenças comuns e herbívoros, se plantadas nessa mesma região. (DORNER, 2002)

De acordo com DORNER, 2002, as espécies vegetais nativas fornecem elementos chave para o restauro de ecossistemas. As plantas nativas ajudam a aumentar a população das espécies indígenas da região, proporcionando inúmeros benefícios (ESSL & DIRNBÖCK, 2008).

Vantagens de plantas nativas: (DORNER, 2002)

- Acrescentar beleza à paisagem e preservar o nosso património natural;
- Fornecer alimentos e habitats para a fauna nativa local;
- Servir como um importante recurso genético para as culturas alimentares futuras ou outros produtos de origem vegetal;
- Ajudar a retardar a propagação do fogo por ficar mais verde;
- Diminuir a quantidade de água necessária para a manutenção da paisagem;
- Exigir muito pouca manutenção a longo prazo, se forem devidamente introduzidas e estabelecidas;
- Produzir longos sistemas radiculares para estabelecer o solo no local;
- Proteger a qualidade da água, controlo da erosão do solo e moderação das secas e cheias;

Portanto, este estudo vai produzir conhecimento, em como utilizar a flora natural nos restauros ecológicos, e como esta tem implicações na construção da paisagem.

Actualmente, através da análise matemática pode-se determinar as tendências ecológicas das espécies, e é neste sentido que se enquadra este trabalho. Isto é, utiliza a teoria ecológica das espécies para encontrar soluções em termos de integração de uma paisagem construída (acesso à Fajã do Calhau), ou seja, é uma aplicação da teoria ecológica e do nicho ecológico, ao espaço construído, com foco principal à conservação de espécies.

No processo clássico de intervenção em construções (e.g. estradas) ou restauros (e.g. encerramento de pedreiras) é prática comum a revegetação dos taludes, e vai desde hidrosementeira, espécies com crescimento rápido, geralmente espécies exóticas, sem uma especial atenção para o tipo de solo, clima e características gerais de cada sítio (MATESANZ & VALLADARES, 2007) até ajardinamentos..

No entanto, e segundo MALLIK & KARIM, 2008, a importância da utilização de espécies nativas está a tornar-se amplamente reconhecida e os projectos de restauro estão gradualmente a ganhar o apoio dos ecologistas e especialistas em restauros naturais.

Deste modo, e tendo por base o uso de espécies autóctones em restauros ambientais e num meio transformado pelo Homem, vai-se analisar onde as espécies se ajustam e onde são mais eficientes. Logo, gerar-se-á, por um lado, melhores condições para as espécies se desenvolverem, mas por outro lado, também, utilizar-se-á os recursos e serviços que essas espécies geram, desde a consolidação dos solos, estabilização de taludes, construção da paisagem e valorização ambiental.

2.1. Caracterização da Flora dos Açores

A Macaronésia pode ser considerada como um enclave no tempo, em termos da sua Flora. As suas condições amenas constituíram um refúgio para muitas espécies. Para os Açores foram identificados dois trilhos de colonização muito antigos (DIAS, 1996), fornecedores de paleo-endemismos transferidos por endozoocoria da Madeira (dupla insularidade): o trilho Saharo-índico, e o trilho Mediterrânico-terciário, associados às florestas de Laurissilva. Outros dois, mais recentes e fornecedores de neo-endemismos: o fluxo por mar, das costas Norte-Americanas, fornecedor de algumas espécies halófitas açorianas, e o trilho Norte-Atlântico-europeu, por epizoocoria em aves de arribação de zonas húmidas e tendo dado origem aos extensos *mires* dos planaltos açorianos, os mais a Sul da Europa.

De acordo com CATARINO, *et al*, 2001, o elemento endémico encontra-se sempre presente na Flora dos Açores. Embora o seu número absoluto não seja tão elevado como os restantes arquipélagos macaronésicos (um número em torno das 73 vasculares pode ser considerado – (Taxa de endemidade de 23%)).

Um largo número das plantas indígenas dos Açores são comuns com o arquipélago da Madeira, podendo este ser considerado, por várias razões de biogeografia insular, como um viveiro natural dos Açores. Tipicamente os Açores possuem poucas espécies por família, o que é indicador de uma baixa taxa de especiação (DIAS, 2001): existem 81 famílias para as 300 plantas vasculares. Das 41 que possuem plantas endémicas, 17 estão representadas apenas por uma espécie e 80% não têm mais do que 2 espécies (DIAS, 2001). O alto grau de insularidade e as condições ecológicas amenas podem ser os principais causadores deste espectro. Existe apenas um género endémico – *Azorina* – com uma única espécie. (DIAS, 2001)

Consoante o autor anterior, 156 das 300 plantas indígenas podem ser consideradas raras e, destas, um importante número não tem sido encontrado nos últimos anos. Por isso, o número de espécies em perigo de extinção é muito elevado e superior a 60, incluindo importantes endemismos como *Myosotis*, *Ammi*, *Chaerophyllum*, *Lactuca*, *Pericallis*, *Lotus* ou *Euphrasia*.

Sendo o património natural dos Açores tão rico, mas com graves problemas do ponto de vista da conservação, desde logo pelo número de espécies endémicas estão em risco. Assim, todo o esforço

que se possa fazer, quer de valorização deste património, quer de conservação, mesmo que *ex situ*, promoção e divulgação é essencial.

Os Açores para além do valor da sua flora, possuem comunidades vegetais endémicas adaptadas aos diferentes meios resultantes da construção do acesso à Fajã do Calhau, como vegetação de escoadas de lavas e de falésias. A primeira associada a escoadas de lavas, é extremamente rica em espécies endémicas, com uma micro-zonação desde a faixa de pequenas halófitas, como a *Spergularia azorica*, perto da linha de água, passando pelas halófitas de grande porte, como a *Azorina vidalii* ou a *Euphorbia azorica*, até aos densos matos de *Erica azorica*. No segundo tipo, a espécie dominante é dependente da geomorfologia da falésia, mas a *Festuca petraea* e a *Erica azorica* são, por norma, elementos importantes. (DIAS, 2001)

Para se restaurar uma zona como esta, de rocha descoberta é necessário compreender e prever as diversas respostas das comunidades vegetais. (GONDARD, *et al.*, 2003). Os princípios desenvolvidos a partir de estudos de sucessão primária apoiam os esforços práticos para o restauro ecológico de *habitats* fortemente danificados. Estudos sobre os processos sucessionais têm examinado como as plantas reagem ao distúrbio, como as comunidades vegetais se desenvolvem, como ocorre o fluxo de nutrientes entre o solo e as plantas, como as espécies colonizam, estabelecem-se, crescem e interagem, e como todas estas interações produzem transições entre as comunidades e, eventualmente criam trajectórias complexas. Toda esta compreensão básica da mudança da vegetação é uma fonte rica de ideias para programas de restauro. Contudo, os programas de restauro têm um grande potencial para elucidar os princípios de sucessão, e facilitar o intercâmbio de informações entre a sucessão e o restauro ecológico em que este irá ajudar a atingir as metas de compreensão e manipulação das comunidades vegetais. (WALKER & DEL MORAL, 2008)

3. Área de Estudo

A área de estudo localiza-se na Fajã do Calhau localizada na freguesia de Água Retorta, concelho da Povoação – ilha de São Miguel.

Este espaço de falésias da costa meridional de São Miguel levanta inúmeros problemas ambientais e ecológicos e pressupõe uma estratégia de intervenção diferente do habitual, uma vez que se está a lidar com um espaço com características geomorfológicas e ecológicas muito particulares, que constitui um enorme desafio e alberga enormes potencialidades. (Figura 2)

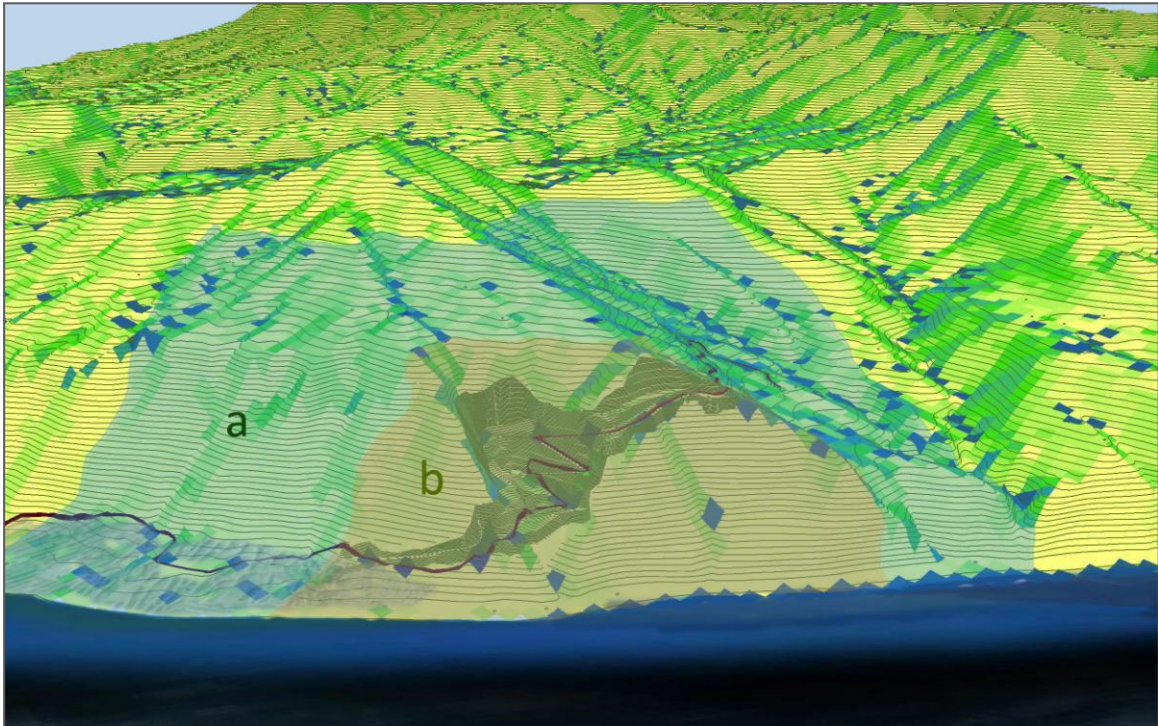


Figura 2 – Simulação em 3D através do ArcScene – ArcGIS 10.0, evidenciando: a) área de estudo (em que b) também está incluído); b) área da obra de acesso à Fajã do Calhau.



Figura 3 – Caminho de Acesso à Fajã do Calhau.
Foto: Diana Pereira

Sujeito a uma obra importante, para a construção de um acesso (Figura 3), a morfologia dos terrenos levou a que todo o espaço fosse desarborizado e exposta uma nova face rochosa com relevos condicionados pela geologia e exigências da obra. Este fenómeno, não sendo novo na dinâmica das falésias costeiras, gera sempre um espaço de oportunidades para a flora e fauna locais e processos dinâmicos de recolonização naturais.

Este acesso até à Fajã do Calhau possui cerca de 2 Km, rasgado na falésia costeira, que expôs uma superfície imensa dos 0 aos 300 metros de altitude, constituída por rocha de extractos costeiros, com forte influência de abrasão marítima sobre estes elementos, possuindo, por isso, uma preocupante instabilidade e erosão potencial, e uma necessidade de revestir rapidamente com material vegetal que possa consolidar e diminuir o impacto visual da obra. (**Figura 4**)



Figura 4 – Início do acesso à Fajã do Calhau com os taludes rochosos rasgados na falésia costeira.

Foto: Eduardo Dias

Por outro lado, estas estruturas têm, no passado, uma tradição de elementos de descontinuidade na paisagem e um forte contributo para as alterações ecológicas e diminuição da biodiversidade. Neste novo conceito, que implica abraçar uma nova concepção e valorização cultural, são apreciados os elementos endógenos, minimizando o impacto paisagístico, transformando as vias em corredores ecológicos e refúgios de espécies em risco.

Contudo, estes tipos de situações de vias de comunicação, não têm sido acompanhados de processos de restauro de habitats naturais e das mais valências pelo uso das espécies nativas, nos Açores (por exemplo a SCUT de São Miguel e a via Vitorino Nemésio na ilha Terceira). Deste modo, este trabalho constitui uma proposta de intervenção nestas áreas e de alcance inovador.

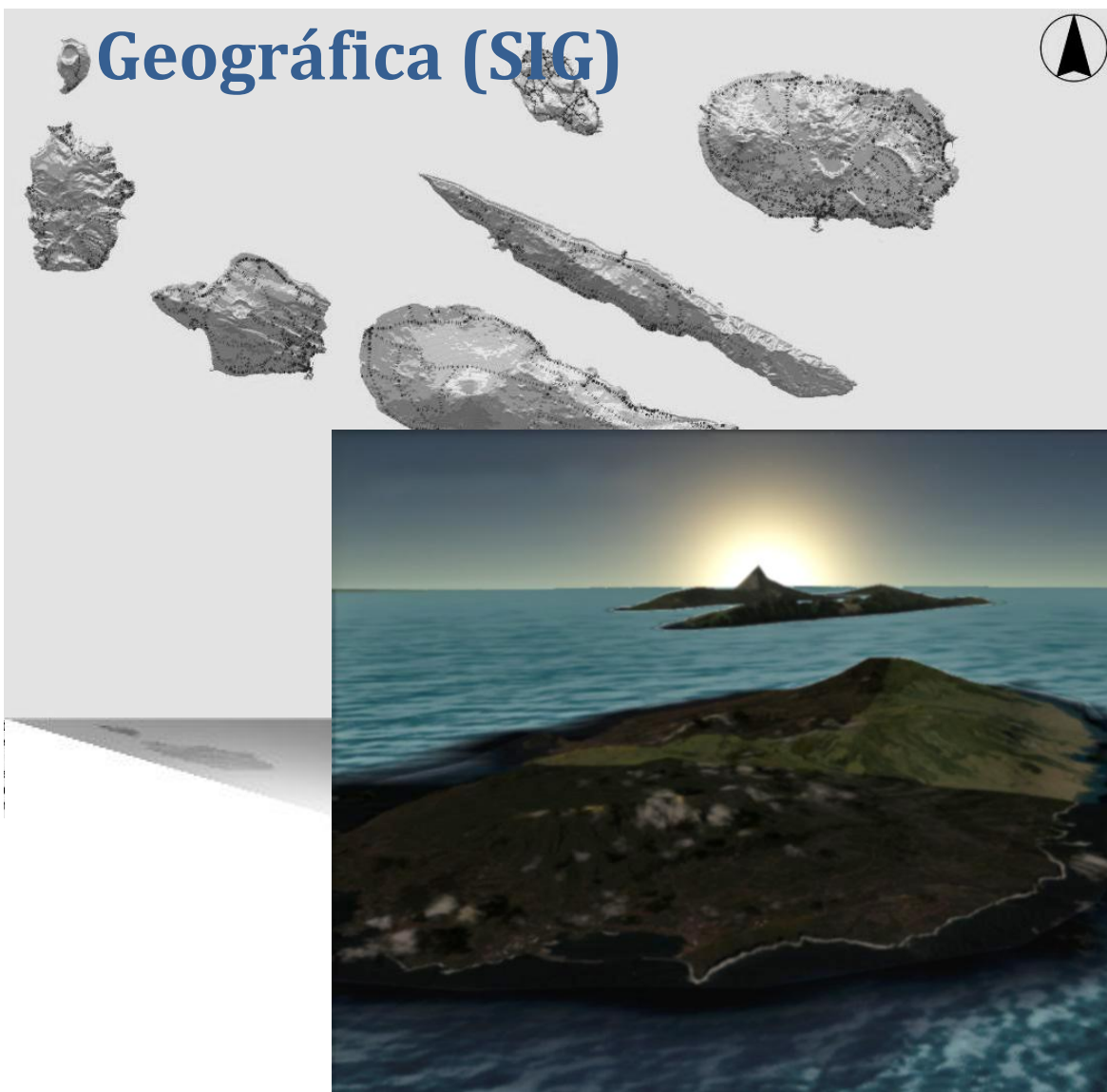
4. Objectivos

Os objectivos deste trabalho são:

- Perante a transformação feita pelo Homem, encontrar formas de restaurar ou de enquadrar esta paisagem construída no todo, gerando mais-valias não só de qualidade ambiental, mas também de estabilização de serviços, de conservação da natureza e valorização patrimonial.
- Aplicar metodologia científica no sentido de determinar as áreas com as condições mais apropriadas para a introdução de cada uma das espécies/comunidades que se pretende inserir no local, tendo uma percepção global do zonamento, isto é, que a área de acesso fique toda verde, que as espécies mais raras não fiquem junto à estrada, prevenção da erosão, criar uma beleza natural em toda a paisagem e beneficiar desta zona em termos educacionais do património natural da região.
- Selecção do conjunto de espécies vegetais adaptadas à área de estudo de acesso à Fajã do Calhau. As espécies serão seleccionadas consoante o grau de risco e pela facilidade de captura de sementes.
- Para concretizar estes objectivos, recorrer-se-á a ecologia de campo com recolha de informação sobre a distribuição de espécies em outras áreas e utilização de metodologia SIG (Sistemas de Informação Geográfica) para gerar modelos sobre os micro-habitats através de factores ambientais ao longo da área. Por fim, e através de análises de modelos do óptimo ecológico das espécies, conjugar-se-á estas duas vertentes (adaptação das espécies e o meio físico gerado pelos factores ambientais), encontrando assim, as zonas óptimas para cada espécie vegetal ao longo da área de estudo.

Capítulo I

Zonamento Ambiental e Determinação dos *Habitats* para as Espécies Vegetais por Modelação em Sistemas de Informação



I.1. Introdução

Identificar os factores que afectam a distribuição de espécies é uma questão importante não resolvida em ecologia (ARAÚJO & GUIBAN, 2006). Muitas vezes há combinações que podem explicar as diferentes distribuições, sobretudo quando os factores ambientais estão correlacionados, e isso introduz uma incerteza sobre o efeito de cada factor (FREEDMAN, 1983; GRAHAM, 2003; WHITTINGHAM *et al*, 2006; PLATTS *et al*, 2008; MURRAY and CORNER, 2009).

Muitos modelos diferentes podem ser construídos para explicar a distribuição de espécies. No entanto, não existe um modelo único que seja claramente melhor, e isso leva à incerteza sobre quais os factores ambientais que limitam a distribuição das espécies. (ASHCROFT, *et al*, 2011)

Este capítulo lida com as relações das variáveis ambientais enquanto factores consequentes na distribuição, desenvolvimento e estratégias das espécies vegetais, isto é, pretende demonstrar quais os factores ambientais determinantes para a distribuição das diferentes populações vegetais, estudadas no Capítulo II.

Os estudos da vegetação nos Açores têm sempre interpretado a distribuição das espécies com as variáveis ambientais, desde os autores clássicos que iniciaram os estudos da flora, como demonstra SJÖGREN, 1973 e DANSEREAU, 1966, e mais tarde com os estudos actualizados de DIAS, 1986 e DIAS, 1996.

Contudo, os primeiros autores tendiam a fazer uma relação entre o habitat das espécies e a distribuição altitudinal, como TUTIN, 1953, SJÖGREN, 1973 e LÜPNITZ, 1975, enquanto que outros autores têm tentado encontrar nas variáveis ambientais, particularmente nas variáveis climáticas e geológicas, as razões para os padrões de distribuição das espécies, como DANSEREAU, 1966, e mais recentemente DIAS, 1996.

A análise da relação “espécies-variáveis ambientais” foi sempre uma questão central em ecologia (ANTOINE & NIKLAUS, 2000). Por mais de um século, os ecologistas têm tentado determinar os factores que controlam a distribuição das espécies vegetais e a variação na composição da vegetação (GLENN, *et al*, 2002). Segundo HEA, *et al.*, 2007, a importância do clima para explicar a distribuição da flora foi reconhecida no início do século XIX. O clima em combinação com outros factores ambientais tem sido usado para explicar os padrões de vegetação em todo o mundo.

Por exemplo, as regiões áridas e semi-áridas são caracterizadas por precipitação mínima e secas frequentes, desta forma a disponibilidade de água é um dos principais factores, controlando a distribuição das espécies. (HEA, *et al*, 2007)

De acordo com, AUSTIN, *et al.*, 1994, as formas de resposta das espécies aos gradientes ambientais precisam ser determinados a fim de: (1) desenvolver e testar a teoria da vegetação; (2) desenvolver métodos de análise da vegetação mais robustos; (3) melhorar as estimativas de espécies de “valores indicadores” para a avaliação ambiental; (4) prever melhor a distribuição geográfica e ambiental de espécies através de amostragens e inventários de campo e (5) melhorar os modelos de simulação de modo a prever os impactos das mudanças climáticas na vegetação.

Segundo BARBOUR, 1987, os factores ambientais determinam a direcção da evolução das espécies e podem ser correlacionados com os padrões da vida vegetal no planeta. Isto implica que, a forma como os extremos ambientais e os gradientes estão relacionados com as tolerâncias fisiológicas das espécies, e como a planta evolui, reflecte as variações e a previsibilidade do complexo ambiental.

De acordo com os conceitos básicos de ecologia vegetal, o padrão de distribuição das espécies é definido por uma matriz de variáveis ambientais, e essas variáveis dependem da região biogeográfica e das características ecofisiológicas das espécies.

Estudos feitos nos Açores por DIAS, 1996, MENDES & DIAS, 2008, ELIAS & DIAS, 2008 e por DIAS, *et al.*, (in press), têm definido um pacote de variáveis que determinam e influenciam o comportamento da flora e vegetação dos Açores, em que as mais explicativas são as seguintes:

- Coeficiente de Exposição;
- Luminosidade;
- Encharcamento;
- Pluviosidade;
- Matéria Orgânica;
- pH;
- Placic;
- Disponibilidade de Nutrientes (Fósforo, Potássio, etc);

Embora tendo expressão destas variáveis ambientais na área de estudo, este trabalho parte do sobreposto que todos os factores utilizados têm de ser modeláveis e avaliáveis em SIG. No entanto, há variáveis não modeláveis, como o pH.

Assim, e consoante as condições da Fajã do Calhau, seleccionou-se um pacote de factores que melhor caracterizam a área de estudo, tendo em atenção que é uma falésia costeira com um substrato muito recente de lavas e materiais piroclásticos.

Porém, e dado que se quer encontrar quais as espécies que melhor se adaptam aos habitats da área de estudo, terá de se seleccionar as variáveis que melhor explicam as condições da Fajã do Calhau, tendo em conta a modelação em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), tornando-se, num dos critérios de selecção dos factores ambientais.

Todavia, a capacidade de modelação com as recentes tecnologias tem permitido gerar outras variáveis, que actualmente se tornaram possíveis e não eram no passado, e julgou-se pertinente a sua avaliação neste trabalho. Algumas dessas variáveis são as seguintes:

- Capacidade Máxima de Água Disponível nos Solos (DIAS & PEREIRA, 2009a);
- Índice Anual de Disponibilidade Hídrica (DIAS & PEREIRA, 2009b);
- Índice de Salinidade;

I.1.1. SIG e a Ecologia Vegetal Aplicada

As ferramentas SIG têm por base um modelo de elevação digital, produzindo mapas das mais variadas relações, desde mudanças de altitude, até aos diversos factores ambientais. Os efeitos destes factores na dinâmica da vegetação são analisados, e o efeito líquido de cada factor é quantificado. (SOLEIMANI, *et al.*, 2008)

A cobertura vegetal como um componente principal de um ecossistema pode ser estudada para além dos factores sobre as variações de dispersão da vegetação. Factores como o clima, a natureza geológica, a topografia e factores vitais que determinam as condições ecológicas dominantes sobre o meio ambiente, afectam a ocupação de uma determinada unidade de vegetação e/ou populações. (SOLEIMANI, *et al.*, 2008)

Segundo ZAKI, *et al.*, 2010, as principais questões em elaborar cartografia de espécies vegetais utilizando os Sistemas de Informação Geográfica é de contribuir no planeamento enquanto instrumento de protecção dos ecossistemas. Os mapas de vegetação têm sido comumente utilizados para encontrar desde a distribuição de plantas, danos a habitats, distúrbios a áreas naturais e muitos outros factores.

Deste modo, e numa visão mais geral, pretende-se com as ferramentas SIG analisar dados para a extracção ou pesquisa de informação útil, a qual deve satisfazer determinados requisitos na resolução de problemas, como a previsão através de diferentes cenários potenciais. Modelam a realidade pela separação de conjuntos de camadas de informação que correspondem a “objectos” da superfície terrestre. (PEREIRA, 2009)

Conforme KESSELL, 1990, as aplicações SIG e a modelação ambiental assentam nas capacidades cartográficas e de banco de dados geograficamente referenciáveis, sendo fundamentalmente explorados como ferramentas de inventário, de análise cruzada e de planeamento.

Os Sistemas de Informação Geográfica são ferramentas que possibilitam capturar, manipular, processar e analisar dados geográficos e alfanuméricos, convertendo-os em informação (FEDRA, 1994). Os SIG contêm dados geométricos (coordenadas e informações topológicas) e tabela de atributos, isto é, informações que descrevem as propriedades dos objectos numéricos, como pontos, linhas e polígonos.

Assim, e como refere AZEVEDO, 1996, a conjugação dos conceitos inerentes aos SIG, com os inerentes à modelação ambiental, constituem hoje em dia um promissor e cada vez mais explorado campo de trabalho, tendo sido a base de elaboração e desenvolvimento da metodologia deste estudo.

I.2. Materiais e Métodos

I.2.1. O Projecto SIG

Para a realização do projecto SIG, organizou-se toda a informação recolhida da seguinte forma:

- CALC – Scripts necessários ao desenvolvimento SIG.
- GRID – Informação em formato matricial, imagens.
- MXD – Ficheiros de projecto ARCGIS.
- APR – Ficheiros do projecto ArcView.
- RASTER – Ortofotomapas, figuras militares, outros (informação em formato matricial, imagens).
- TIN – Triangulated Irregular Network: Altimetria, modelo de elevação do terreno.
- VECTOR – Vectores necessários para a execução do trabalho.
- TEMP – Pasta temporária, útil em processos intermédios de modelação SIG.
- MDB – ATLÂNTIDA@GEVA – Base de Dados da História Natural dos Açores. Outras bases de dados.

O sistema de coordenadas usado para a ilha de São Miguel é o de São Brás, UTM 26.

I.2.2. Variáveis ambientais

As variáveis ambientais seleccionadas para o estudo do óptimo ecológico das espécies (no Capítulo II) são necessariamente as que vou utilizar para determinar os parâmetros ambientais da área de estudo. Isto implica que o desenvolvimento das variáveis ambientais em SIG, foi simultaneamente desenvolvido com a análise do óptimo ecológico das espécies. Assim, os factores ambientais que melhor expressaram o óptimo ecológico, serão os factores utilizados para o zonamento ambiental e determinação dos habitats.

Deste modo, as variáveis ambientais modeladas e analisadas foram as seguintes:

- **Capacidade Máxima de Água Disponível nos Solos** (mm) – (Dias & Pereira, 2009a);

Este índice de capacidade máxima de água disponível no solo foi desenvolvido tendo por base o balanço hídrico de THORNTHWAITE & MATHER, 1955, modificado por ALLEY, 1984, que consiste na junção entre a precipitação e a evapotranspiração, considerando-se uma determinada capacidade de armazenamento de água no solo. O modelo foi integrado em Sistemas de Informação Geográfica visando a optimização dos resultados através da incorporação da variação espacial das variáveis envolvidas (clima e solo).

- **Altitude** (m) – derivada no âmbito deste trabalho a partir do TIN (Triangulated Irregular Network) de base, em ArcGIS 10.0, com recurso a Spatial Analyst e 3D Analyst.
- **Declive** (%) – O declive foi desenvolvido no âmbito deste trabalho a partir da GRID de Altitude, com recurso ao ArcGIS 10.0, através das extensões: Spatial Analyst e 3D Analyst.

- **Índice Anual de Disponibilidade Hídrica (IADH):** (adimensional) – Este índice foi elaborado por DIAS & PEREIRA, 2009b, e foi formulado através de classes de frequência previamente definidas (**tabela 1**), considerando a aplicação do balanço hídrico (THORNTHWAITE *et al.*, 1957) à totalidade dos Açores (GRID de 100x100 m). (PEREIRA, 2009)

Tabela 1 - Classes de valores de disponibilidade hídrica (THORNTHWAITE, *et al.*, 1957) sobre os quais se obteve a frequência para a totalidade dos Açores, para determinação do IADH.

Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Classe
-100	-50	1
-50	150	2
150	300	3
300	450	4
450	600	5
600	800	6
800	3665	7

O IADH é anual, pelo que cada uma das classes da tabela 1 foi utilizada como base para a criação do mesmo, com especificações próprias (**tabela 2**).

Tabela 2 - Classes de Índice Anual de Disponibilidade Hídrica (IADH)

Índice	Classificação	Descrição
-2	<i>Mediterrânico – seco</i>	2 meses ou mais, no ano com a classe 1
-1	<i>Sub-mésico</i>	1 mês, no ano, com a classe 1
0	<i>Mésico</i>	Pelo menos 1 mês com classe 2
1	<i>Pré-Oceânico</i>	Igual ou acima da classe 3
2	<i>Oceânico-encharcado</i>	Pelo menos 1 mês com a classe 4 ou superior
3	<i>Super-encharcado</i>	De 3 a 5 meses com a classe 6 ou superior
4	<i>Hiper-encharcado</i>	6 ou mais meses com a classe 6 ou superior

- **Índice de Continentalidade simples** (intervalo térmico anual; Ic; adimensional; PEREIRA,2009).

Este índice de continentalidade, e como descreve RIVAS-MARTÍNEZ, 2008, expressa em graus celsius a diferença ou oscilação entre a temperatura média do mês mais quente (Tmax) e a do mês mais frio do ano (Tmin).

$$Ic = T_{max} - T_{min}$$

Resumidamente, este índice baseia-se na amplitude ecológica de uma determinada região, expondo o esforço anual que uma espécie tem às temperaturas altas e baixas, dado que para ambientes mais continentais, o índice tem valores mais altos, o que exprime uma maior adaptação das plantas a extremos de temperatura. Por outro lado, em ambientes mais oceânicos, os valores tendem a ser mais baixos, uma vez que as médias anuais são mais próximas e o esforço adaptativo das plantas à temperatura é menor.

Tabela 3 - Tipos de continentalidade (segundo RIVAS-MARTÍNEZ, *et al.*, 1999)

IC	Tipo
0 – 11	Hiperoceânico
11 – 21	Oceânico
21 – 65	Continental

Uma caracterização mais detalhada pode levar-nos a enquadrar os valores obtidos em:

Tabela 4 - SubTipos de continentalidade (segundo Rivas-Martínez, *et al.*, 1999)

IC	Tipo
0 – 3	Muito hiperoceânico
7 – 11	Pouco hiperoceânico
11 – 18	Oceânico
18 – 21	Semicontinental
21 – 28	Subcontinental
28 – 45	Eucontinental
45 – 65	Muito Continental

- **Exposição aos ventos** (adimensional) – Segundo PEREIRA, 2009, modelou-se este factor climático da seguinte forma: Utilizou-se a Velocidade da Deslocação das massas de ar (CLIMAAT) e a Exposição Topográfica, conforme se descreve:

1. Cálculo da velocidade média anual de deslocação da massa de ar:

$$V_v = \left(\sum_{12}^1 v \right) / 12$$

Onde:

V_v = Velocidade média anual de deslocação da massa de ar em cada célula de 100 x 100 m (m/s).

V = Velocidade média mensal de deslocação da massa de ar em cada célula de 100 x 100 m (m/s).

2. Cálculo da Exposição do Modelo Digital do Terreno (°):

$$E_{MDT} (1) = (ET + (\text{Mínimo ET})) * (-1)$$

$$E_{MDT} (2) = E_{MDT} (1) + \text{Mínimo } (E_{MDT} (1))$$

Onde:

E_{MDT} = Orientação de Encostas (°);

ET = Exposição Topográfica;

3. Cálculo da Exposição do Modelo Digital do Terreno (°):

$$E_v = V_v * E_{MDT} (2)$$

Onde: E_v = Exposição aos ventos dominantes em cada célula de 100 x 100 m.

Segundo CRAWLEY, 1997, em habitats como serras e falésias expostas a ventos fortes, ou em comunidades costeiras sujeitas a acção das ondas, a exposição impõe limites severos nas plantas que podem sobreviver lá e nas formas de crescimento e adaptação.

- **Precipitação Total Anual** (mm):

Trata-se da precipitação acumulada ao longo do mês, e do valor médio mensal com base em 30 anos de observações (ajustada). Tendo por base a carta de precipitação total anual (CLIMAAT), procedeu-se à soma da precipitação oculta (DIAS, 1996), com posterior ajuste à precipitação normal das diversas estações odométricas (BETTENCOURT, 1979), a partir das quais se efectuou interpolação espacial dum factor correctivo entre os valores das mesmas e os valores e os valores da soma anterior de precipitações (método IDW em SIG). Gerou-se nova cartografia de precipitação (PEREIRA, 2009).

Segundo, BARBOUR, *et al*, 1987, a distribuição sazonal da precipitação determina, em parte, a quantidade de água disponível para a vegetação. A intensidade da chuva é um parâmetro importante do escoamento e está relacionada com a sazonalidade. Normalmente, chuvas de Verão em áreas

temperadas são de curta duração e pode ser tão intensa que a maioria da água escorre superficialmente antes que o processo mais lento de infiltração no solo possa ter lugar.

Conforme, DIAS, 1996, o elevado valor que a precipitação atinge nos Açores, principalmente para as média e altas altitudes, com valores superiores a 100 mm, média mensal, acima dos 500 mm, em todos os meses do ano, e com médias superiores a 300 mm para os meses mais chuvosos, dá-nos uma ideia das condições a que o coberto vegetal estará sujeito, nestas altitudes.

- **Humidade Relativa Média Anual (%)** – (*Grid* fornecida pelo CLIMAAT):

A determinação da variação da humidade relativa é feita com base na variação da temperatura do ar esperada e com a variação da tensão de vapor daí resultante. Assim, mantendo-se as particularidades como a exposição, a natureza dos solos e a vegetação, considera-se um aumento da humidade relativa, até à saturação, à razão de 2,4% por cada 100 metros. (AZEVEDO, 1996)

A humidade relativa do ar afecta os processos vegetais como a transpiração, absorção de água, transporte de nutrientes, turgescência das células e crescimento da planta. Os valores de humidade próximos de 100% limitam a transpiração, porque o ar muito húmido é quase saturado com o vapor de água, não podendo a planta absorver muito mais. Se as condições muito húmidas e com intensa radiação ocorrerem, ao mesmo tempo, as plantas ficam muito quentes devido à transpiração e à falta de refrigeração da folha. (NEDERHOFF, 1997)

- **Humidade Relativa Máxima Anual (%)** – (*Grid* fornecida pelo CLIMAAT).

- **Radiação Global (MJ/m²/dia)** – a radiação global identifica-se por ser a totalidade de radiação que atinge a superfície terrestre (MJ/m²/dia; ROSENBERG, *et al.*, 1983; *Grid* fornecida pelo CLIMAAT).

O crescimento de uma planta está, na maioria das situações, directamente relacionado à sua capacidade de interceptar a radiação solar e converter a radiação solar interceptada em hidratos de carbono, ou mais geralmente, em matéria seca. (WOODWARD, 1987)

A radiação solar desempenha um papel importante na distribuição, composição e produtividade dos ecossistemas, através da actividade fotossintética e contribui para vários parâmetros do balanço hídrico (incluindo aquecimento do ar e do solo, evapotranspiração, vento, entre outros). (PIELALLU & GÉGOUT, 2008)

- **Cones de sombra** (adimensional):

Aceita-se, geralmente, a diminuição da quantidade total de energia solar com a altitude, em resultado do acréscimo do número de horas de céu encoberto devido à nebulosidade orográfica, muito embora se reconheça que, em circunstâncias de céu limpo, a intensidade da radiação aumente em função da hipsometria. Também se entende a variação da quantidade de energia solar interceptada pelas superfícies de acordo com a sua exposição e declive e ainda o efeito do coberto vegetal e do substrato geológico na determinação do balanço energético. Assume aqui particular relevância o efeito de escoadas recentes de lava negra e afloramentos de rocha basáltica na determinação das condições do clima do local onde ocorrem. (AZEVEDO, 1996)

Pereira, 2004, simulou a radiação solar com base no modelo desenvolvido a partir das médias das cartas solares construídas por AZEVEDO, 1996, e nas normais climatológicas. Obteve-se assim, zonas geograficamente referenciadas, sobre as quais incide maior ou menor radiação, denominando-se posteriormente as zonas com menor radiação por “Cones de Sombra”, relevantes para a existência de determinadas espécies.

- **Temperatura Mínima Anual** (°; *Grid* fornecida pelo CLIMAAT):

Segundo BARBOUR, *et al.*, 1987, a temperatura é um factor ambiental muito importante para o desenvolvimento das plantas. Embora a actividade biológica ocorra pouco abaixo dos 0°C ou acima dos 50°C exige, a partir de certos limites, adaptações cada vez mais específicas.

Os principais factores que influenciam as variações espaciais de temperatura são a altitude, a latitude e a proximidade ao mar. A topografia, a nebulosidade, a vegetação e o declive são também factores que contribuem para a variação de temperatura de forma residual. (BARBOUR *et al.*, 1987)

Utiliza-se, neste processo, a temperatura mínima, dado que nos Açores, para um grande lote de espécies, esta determina a taxa de germinação das sementes, e é um dos factores com mais correlação no comportamento da vegetação natural dos Açores, de acordo com os estudos de DIAS, 1986, DIAS, 1996 e PEREIRA, 2009.

- **Exposição Topográfica** (adimensional):

Este parâmetro foi derivado do script de SIG – Topex2000 (WILSON, 1984; QUINE & WHITE, 1998), no propósito deste estudo com o auxílio do ArcView 3.2.

A exposição topográfica obtida pelo Topex2000 é uma medida da modificação, tendo em conta a topográfica local, da velocidade dos ventos. Esta é a soma dos ângulos com a linha do horizonte em oito direcções cardinais, podendo estes assumir valores negativos. Quanto mais baixo for o seu valor, mais exposto aos ventos está o ponto. Esta aproximação tem-se revelado bastante mais representativa que a Orientação de Encostas tradicionalmente gerada em SIG (DIAS, *et al.*, 2005; MELO, 2007; PEREIRA, 2009).

A classificação sugerida por Wilson, 1984 é apresentada na **tabela 5**, com as diferentes classes de exposição:

Tabela 5 - Classes de TOPEX (WILSON, 1984)

Classes	Classificação - TOPEX
-150 – -60	Severamente Exposto
-60 – -20	Muito Exposto
-20 – 20	Moderadamente Exposto
20 – 60	Abrigado
60 – 150	Muito Abrigado

- **Velocidade de deslocação das massas de ar** (Km/h; *Grid* fornecida pelo CLIMAAT).

Segundo AZEVEDO, 1996, para a apreciação quantitativa do regime dos ventos sobre as ilhas dos Açores apenas se dispõe dos modelos desenvolvidos com base nas observações efectuadas nas diferentes estações meteorológicas do litoral, recolhidos na forma da “rosa-dos-ventos”, onde se insere por octantes e para diferentes épocas do ano a respectiva velocidade média, a frequência e, na globalidade do tempo considerado, a frequência de calmas (BETTENCOURT, 1977). O cruzamento da informação proveniente das estações tem permitido interpretações de ordem qualitativa da ventilação sobre algumas das ilhas, nomeadamente com recurso à interpretação do efeito das diferentes formas do relevo e da respectiva interacção com a circulação à escala regional.

Os principais efeitos de ventos fortes fazem-se sentir através da sua acção na evapotranspiração, e os danos directos que causam às folhas, rebentos e botões. (CRAWLEY, 1997)

- **Índice de Salinidade** (%) - O gradiente salino é uma função da velocidade do vento, a distância da linha de costa, a altura acima do solo, e a microtopografia (Barbour, 2007).

Os solos dominados por iões Na^+ e Cl^- são encontrados em áreas costeiras e a dominância iónica por Na^+ e SO_4^{2-} ocorre em “desertos de sal” (ambientes de interior, onde a drenagem de água doce é impedida, dado que a evaporação excede a precipitação). (Crawley, 1997)

Apesar das plantas que crescem em solos salinos (**halófitas**), segundo o autor citado anteriormente, normalmente não requerem alta salinidade, sobrevivem, por outro lado, em meios não salinos, embora com muitas dificuldades.

Deste modo, os principais efeitos da salinidade são sentidos na planta, no balanço osmótico. O potencial de soluto externo baixo significa que, para ter água, a planta tem de atingir um potencial ainda menor intracelular, que pode levar a: (i) redução de crescimento; (ii) baixa taxa de transpiração; (iii) reduzida disponibilidade de água; e (iv) acumulação excessiva de iões e captação reduzida de nutrientes minerais essenciais. (CRAWLEY, 1997).

A salinidade do solo, juntamente com outras propriedades físicas e químicas do solo, desempenha um papel importante na composição da planta, produtividade, distribuição (zonamento) nos ecossistemas litorais e costeiros, devido às diferenças nas tolerâncias das espécies vegetais à salinidade e *spray* salino das marés. (WANG, *et al*, 2007)

Portanto, e segundo WANG, *et al*, 2007, os gradientes de sal são caracterizados tendo em conta as interacções das marés, clima, topografia e factores de vegetação.

Este modelo aqui desenvolvido de forma original, é empírico, baseado num conjunto de conceitos teóricos (deposição de partículas de *spray*) e de dados da distribuição da salinidade (segundo SENECA & BROOME 1981).

Deste modo, e tendo em conta uma faixa de 400 m de distância da costa no Arquipélago dos Açores e o declive (modelado), obteve-se o seguinte gráfico de frequências de declives:

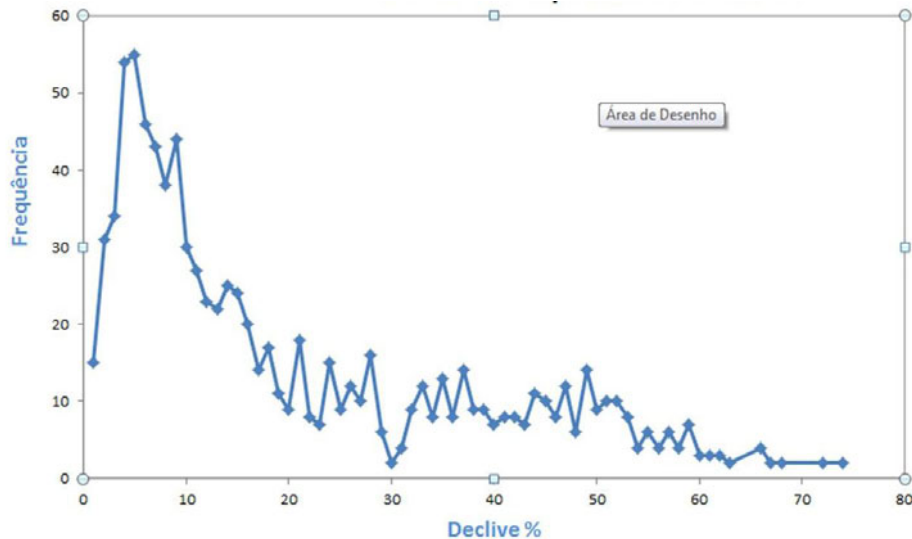


Gráfico 1 – Classes de Frequência de Declives (%)

De acordo com o gráfico obteve-se as seguintes classes de declives como significativas:

- 0 – 20 %
- 20% - 40%
- 40% - 100%

Seleccionou-se as classes anteriores, e dado não existir nenhum estudo que permita determinar qual a diferença de deposição de sal nas diferentes classes de declive do território, optou-se por fazer classes equitativas, de 20 – 20 % no modelo SIG.

O número de células na GRID SIG, a partir de 60% é muito reduzido, pelo que foi incluído na última classe, de forma a melhor se aplicar o modelo.

Seguidamente, gerou-se a GRID de declives em percentagem no ArcMap (ArcGIS 10.0) para as nove ilhas dos Açores, para se calcular as respectivas classes de declives.

Entretanto, criou-se como base de trabalho do cálculo do índice de sal uma distância da linha de costa de 400 metros.

Deste modo, e para os diferentes grupos de classes seleccionados aplicou-se uma equação que exprima o depósito de *spray* marítimo no território.

Para ilustrar o comportamento do *spray* marítimo, e de acordo, com os estudos de BELLIS, 1995; HOLTERMAN, *et al.*, 1997 e OZKAN, 1998, foram consideradas as equações de deposição de *spray*, comportando-se estas na forma de exponencial invertida (ver **figura 5**).

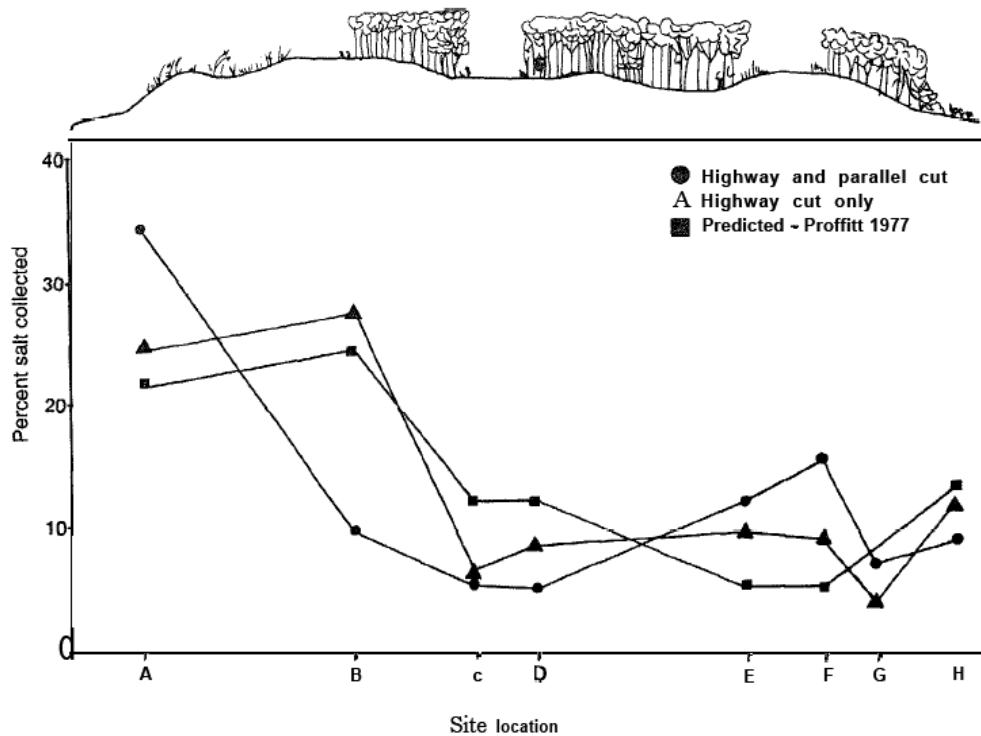


Figura 5 - Percentagem de *spray* de sal colhido em dunas costeiras (BELLIS, 1995).

Logo, as equações aplicadas às três classes de declives são as seguintes:

❖ [0 - 20%]: $e^{\left(\frac{x}{1.5}\right)}$

❖ [20% - 40%]: $e^{(-x)}$

❖ [40% - 100%]: $e^{(-2x)}$

Depois de aplicar as equações aos declives de cada uma das ilhas, somou-se os três resultados, obtendo-se o gradiente de sal na costa açoriana.

▪ Layout das Cartas Finais:

Os resultados apresentados de seguida terminam com um *layout*, especialmente preparado para este trabalho, que reúne um conjunto de condições que considero ajustar-se à análise das variáveis ambientais.

Este *layout* teve por concepção de base o “Atlas das plantas raras”, segundo DIAS, *et al.*, *in press*, e pretende apresentar e construir o geoespaço pertinente dos Açores. Por isso, a posição relativa das ilhas é mantida, embora ajustada para se adaptar a um formato mais cómodo e apresentável.

As variáveis ambientais são produzidas ilha a ilha, e de seguida através do programa ArcView 3.2., com a finalidade de criar o *layout*, utilizou-se a ferramenta View Frame, de modo a reajustar todas as ilhas num único mapa.

Este *layout* também inclui a origem de citação bibliográfica, os logotipos de financiamentos, apoios e instituição e a fonte de dados para a produção de cada carta.

Cartografia em tamanho alargado inclusa no Anexo desta dissertação.

I.2.3. Hardware e Software:

❖ **Hardware:**

- Fabricante: TOSHIBA;
- Modelo: Satellite A33-244 System Unit;
- Processador: Inter(R) Core (TM)2 Duo CPU; P8700 @ 2.53GHz 2,53GHz;
- Memória (RAM): 4,00 GB;
- Tipo de Sistema: Sistema Operativo de 32 bits;
- Monitor: 15'

❖ **Software:**

- Sistema Operativo: Windows Vista;
- ArcGIS 10 com as extensões seguintes:
 - 3D Analyst
 - Spatial Analyst
 - Geostatistical Analyst
- Microsoft Excel;
- Microsoft Access;
- SPSS 17.0

I.3. Resultados: Análise e Discussão

Tendo por objectivo a concepção em SIG das variáveis ambientais para o Arquipélago dos Açores, de seguida apresenta-se as cartas elaboradas para cada um dos factores modelados e respectiva análise.

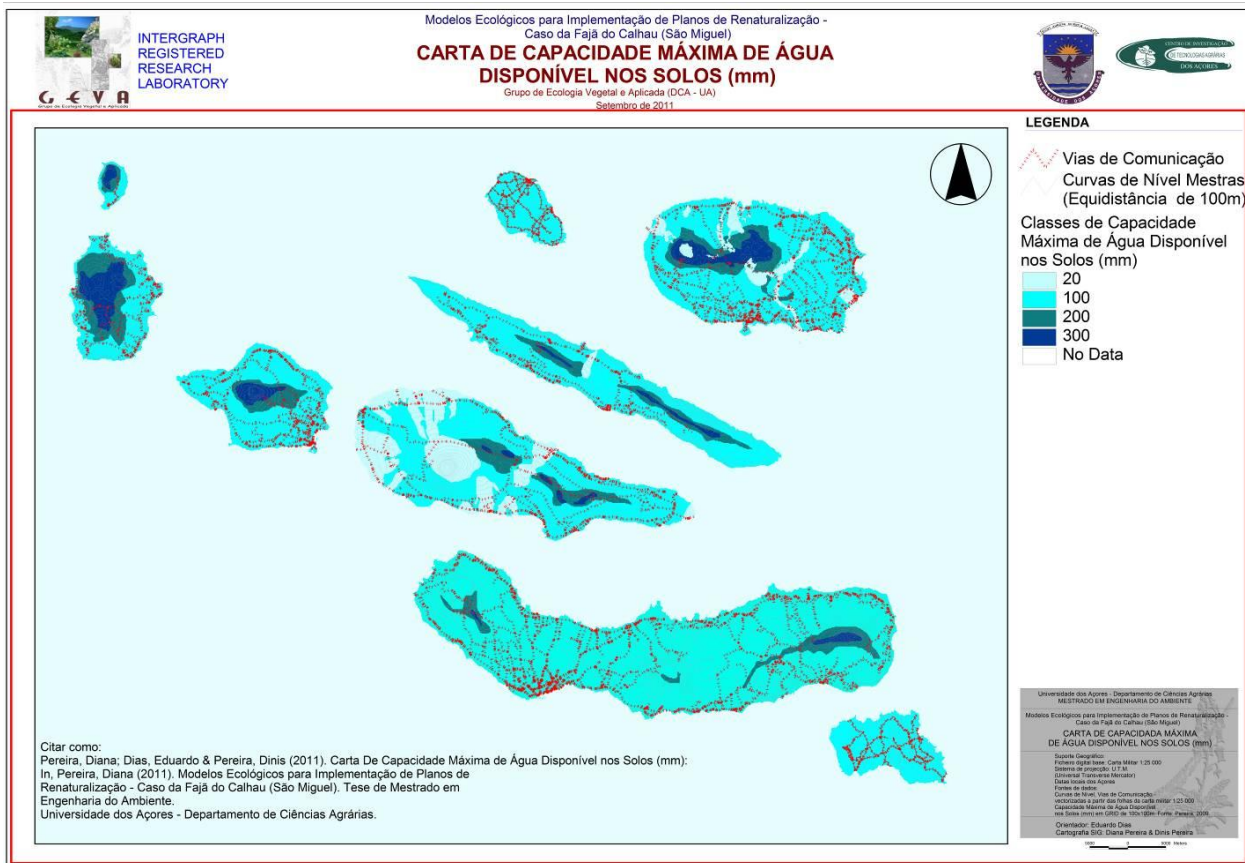


Figura 6 – Carta de Capacidade Máxima de Água Disponível nos Solos (mm). (DIAS & PEREIRA, 2009a)

Este índice tem como finalidade determinar a disponibilidade de água no solo para as comunidades vegetais, tendo em conta a precipitação e a evapotranspiração. Deste modo, foi possível analisar pela carta de capacidade máxima de armazenamento de água no solo, que as áreas a uma maior cota possuem os maiores valores de índice. Tipicamente as áreas onde o valor de índice é mais elevado correspondem, geralmente, a habitats de turfeiras e prados encharcados. Mais perto das zonas litorais, o valor de índice é mais baixo, devido ao aumento da temperatura, menos pluviosidade e menor altitude.

Verifica-se uma distribuição de diferentes espécies ao longo do gradiente de valores deste índice, que se considera resultarem de diferentes capacidades adaptativas.

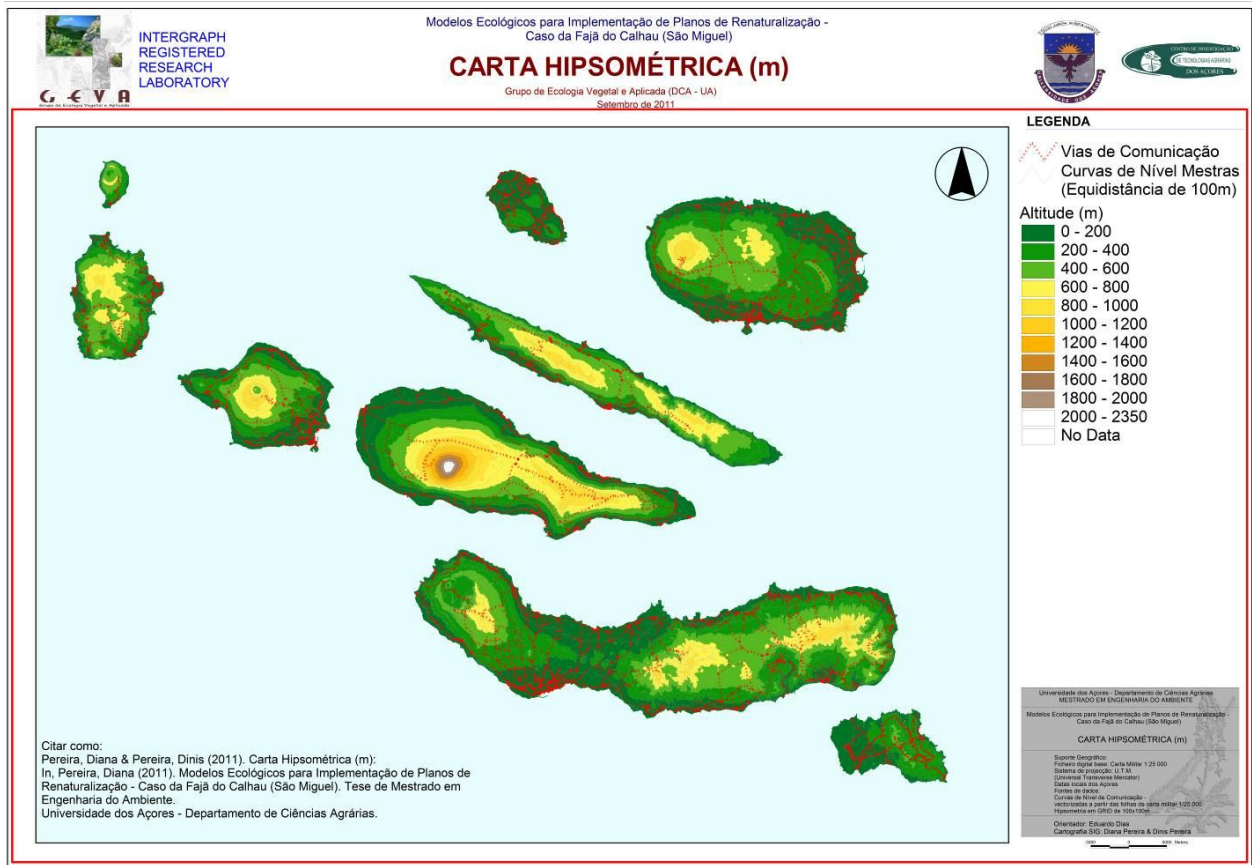


Figura 7 – Carta hipsométrica (m)

A altitude nos Açores varia em média entre os 0-100 metros, sendo as altitudes de zero perto do mar, e com excepção da Graciosa e Santa Maria que só chegam aos 404 metros e 586,84 metros de altitude, respectivamente, enquanto que o cone da ilha do Pico atinge os 2350 metros de altitude.

Isto faz com que as ilhas dos Açores sejam orográficas e climatologicamente semelhantes entre si, e relativamente homogéneas em termos de clima, com excepção da ilha do Pico que ascende a zonas alpinas, com temperaturas negativas no Inverno e, de Santa Maria que já apresenta tendências mediterrânicas.

Enquanto a altitude é tida como o “primeiro” factor ecológico nos primordiais estudos dos Açores, em que tentam fazer um zonamento altitudinal da distribuição das espécies, autores mais recentes, como DIAS, 1996, excluem este parâmetro devido à falta de correlação significativa com outras variáveis ambientais.

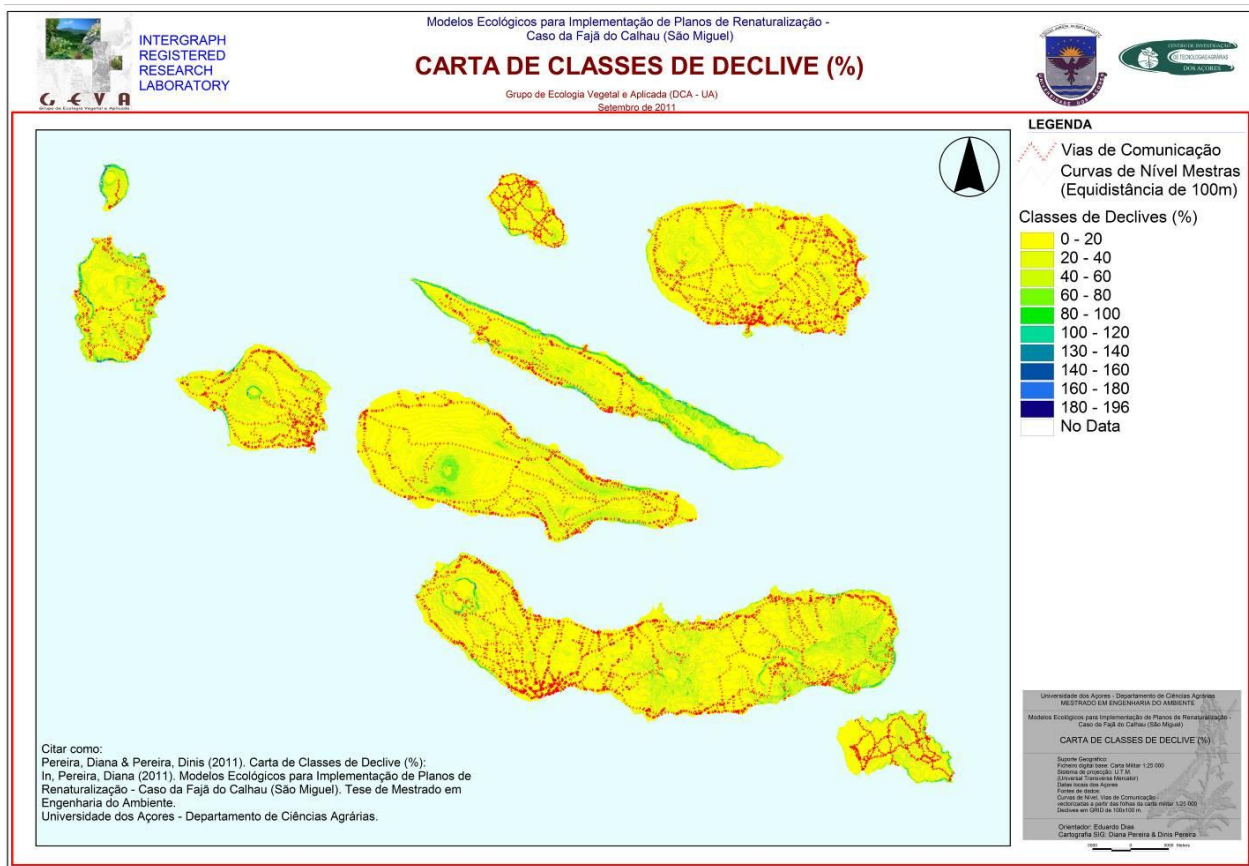


Figura 8 – Carta de Classes de Declives (%).

Segundo HUGGETT & CHEESMAN, 2002, o declive afecta o clima local e microclima, luz, vento e condições do solo. Estes factores ambientais influenciam por sua vez o zonamento da vegetação. Os botânicos analisam a distribuição de plantas em relação ao declive e topografia desde meados do século XIX, com os primeiros trabalhos de BRAUN-BLANQUET, 1932.

No hemisfério Norte, os declives virados a Sul podem receber até seis vezes mais radiação do que os declives virados a Norte. Assim, as encostas viradas a sul possuem um ambiente mais xerófito, ou seja, mais quente, seco e um microclima mais variável do que a norte. Embora localizados a apenas algumas centenas de metros de distância e a partilhar a mesma zona macroclimática, as condições microclimáticas nas encostas variam drasticamente, afectando a biologia das espécies em todos os níveis. (AUSLANDER, *et al*, 2003)

Por exemplo, é muito visível nesta carta de declives, que em São Jorge, as encostas e falésias a Norte com altos valores, atingindo o valor máximo de 165% de inclinação.

Porém, os maiores valores de declive ocorrem na ilha das Flores, chegando a cerca de 195%, o que vai de encontro à fisionomia da ilha, dado que a ilha é maioritariamente constituída por terreno montanhoso, caracterizado por grandes ravinas e gigantescas falésias.

Por outro lado, a ilha da Graciosa é a que apresenta menores valores de declive por toda a sua extensão, o que revela a sua estrutura, dado que é a ilha menos montanhosa dos Açores e com menor elevação, fazendo com que possua a menor pluviosidade em todo o arquipélago. Esta realidade, afectando toda a vegetação que possa ocorrer, e restringindo, mesmo, a capacidade de sobrevivência de muitas espécies endémicas dos Açores.

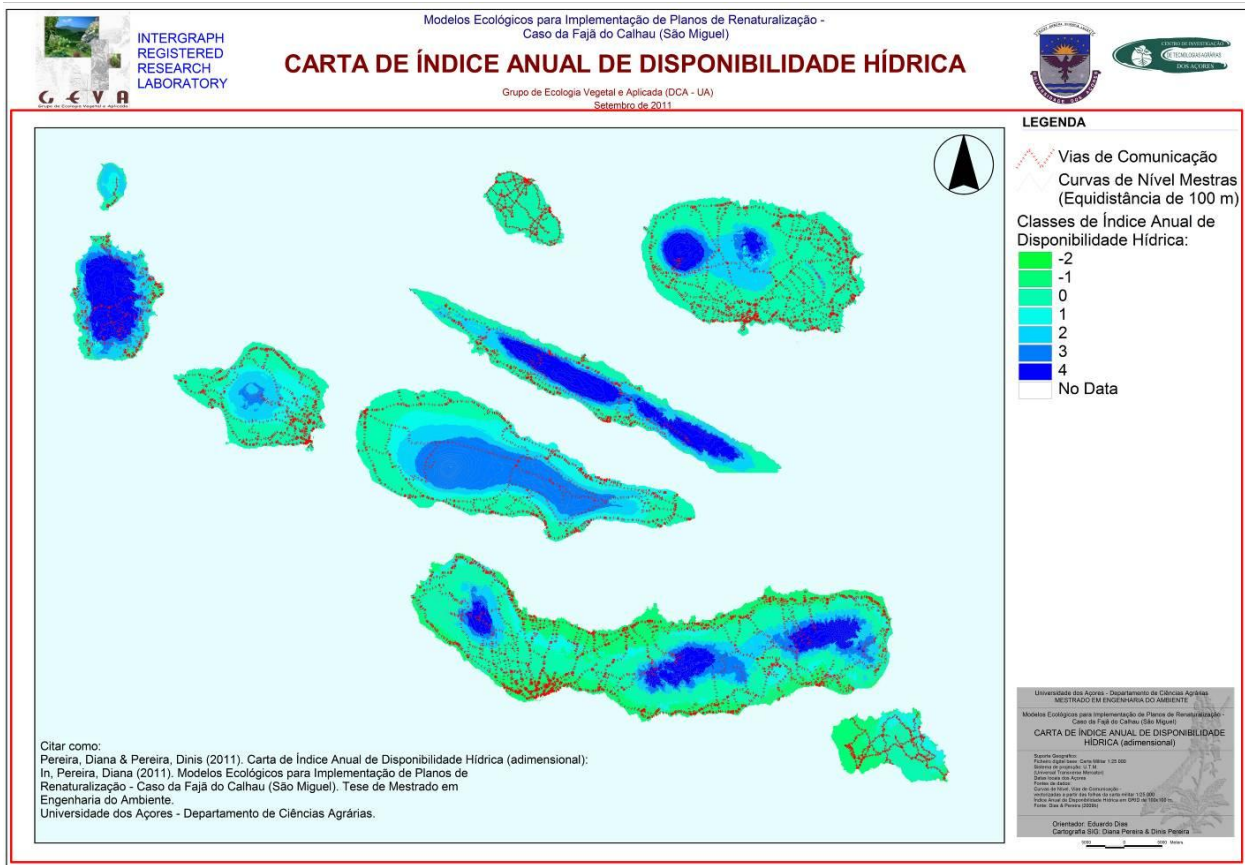


Figura 9 – Carta de Índice Anual de Disponibilidade Hídrica (adimensional). (PEREIRA & DIAS, 2009b)

Este índice é sensível às zonas de lavas recentes, porque tem baixa capacidade de retenção de água, tal como é sensível às zonas de maior precipitação horizontal, porque recarrega de forma significativa a água disponível para os ecossistemas ao longo do ano.

O Índice Anual de Disponibilidade Hídrica surge porque no trabalho de DIAS, 1996, ocorre com uma forte correlação com o encharcamento e mostrou-se, deste modo, uma variável ambiental com potencial ecológico para explicar a distribuição das espécies. Mais tarde aparece no estudo de PEREIRA, 2009, onde se revelou um factor importante na percepção do tipo de *habitats* e na distribuição de espécies.

Este índice tem a vantagem de resumir num valor a disponibilidade hídrica para os ecossistemas num único valor representativo do balanço anual, o que se revela uma grande vantagem quando se tem de lidar com múltiplas variáveis ambientais. O modelo baseia-se no conceito de que para as plantas, o período climático mais determinante em termos de disponibilidade hídrica no solo, é o número de dias seguidos que a planta está a suportar com forte *stress*, quer seja de carência, quer seja de excesso de água. Por isso, o índice é construído por classes negativas que indicam períodos de carência hídrica, e classes positivas que indicam progressivamente excesso de água no solo.

Assim, supõe-se que nos extremos das classes existam condições determinantes para o aparecimento de estratégias xerófitas (extremo negativo) e estratégias hidrófitas (extremo positivo). Como seria de esperar, a componente mais negativa está presente em Santa Maria e em algumas zonas da costa sul do Grupo Central, onde se manifestam tendências supra-mediterrânicas, enquanto se expressa para condições de encharcamento permanentes nas zonas montanhosas do Grupo Central e em quase todo o grupo Ocidental, o que aponta para situações de turfeiras.

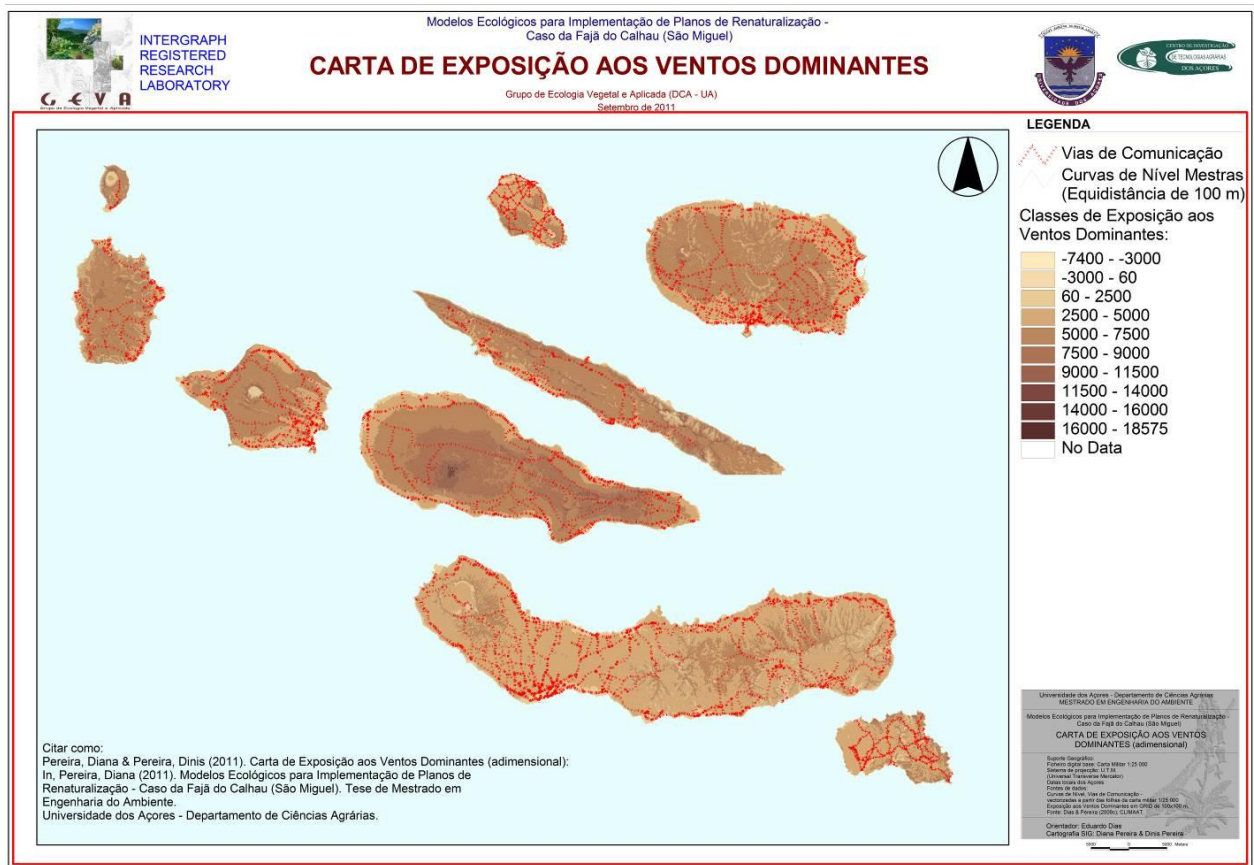


Figura 11 – Carta de Exposição aos Ventos Dominantes (adimensional). (PEREIRA, 2009)

Este factor engloba duas variáveis discutidas posteriormente, ou seja, é uma associação entre a exposição topográfica e a velocidade de deslocação das massas de ar.

Consoante LINDSAY & RATHWELL, 2008, a topografia afecta o vento local, desviando e canalizando o movimento do ar. Em casos extremos de deflexão do vento, a topografia pode agir como um obstáculo ou barreira, resultando em abrigar do vento. O nível a que um local está exposto ou abrigado influencia os processos de evaporação, e, portanto, a abundância de água no solo e os padrões de vegetação, sobretudo das espécies arbóreas e arbustivas, bem como o potencial eólico para transporte e deposição de sedimentos finos, solo e sementes.

Por uma análise nos Açores, é possível assinalar um gradiente em altitude, isto é, os valores de exposição aos ventos dominantes aumentam à medida que aumenta a altitude, o que também explica o zonamento de espécies nos Açores. Sendo assim, e em anuência com DIAS, 1996, as condições morfológicas de adaptação das espécies ao vento começam por ser semelhantes às de xeromorfismo, com redução do tamanho das folhas, sulcos estomáticos ou folhas enroladas e hábito em *cushion*. No entanto, para ventos intensos distinguem-se duas estratégias: a de exposição a ventos pouco húmidos com o aumento das características xeromórficas, nomeadamente uma estrutura de copa em funil que permita a canalização da água intersectada aos nevoeiros para o tronco e deste para a raiz (como o caso da *Erica azorica*); a de exposição a ventos húmidos, mais adaptado a resistir a condições de encharcamento do solo e à exportação da água recolhida dos nevoeiros para longe do tronco central (como o caso da planta dos ramos pendentes, nas copas alargadas do *Juniperus brevifolia* (de montanha)).

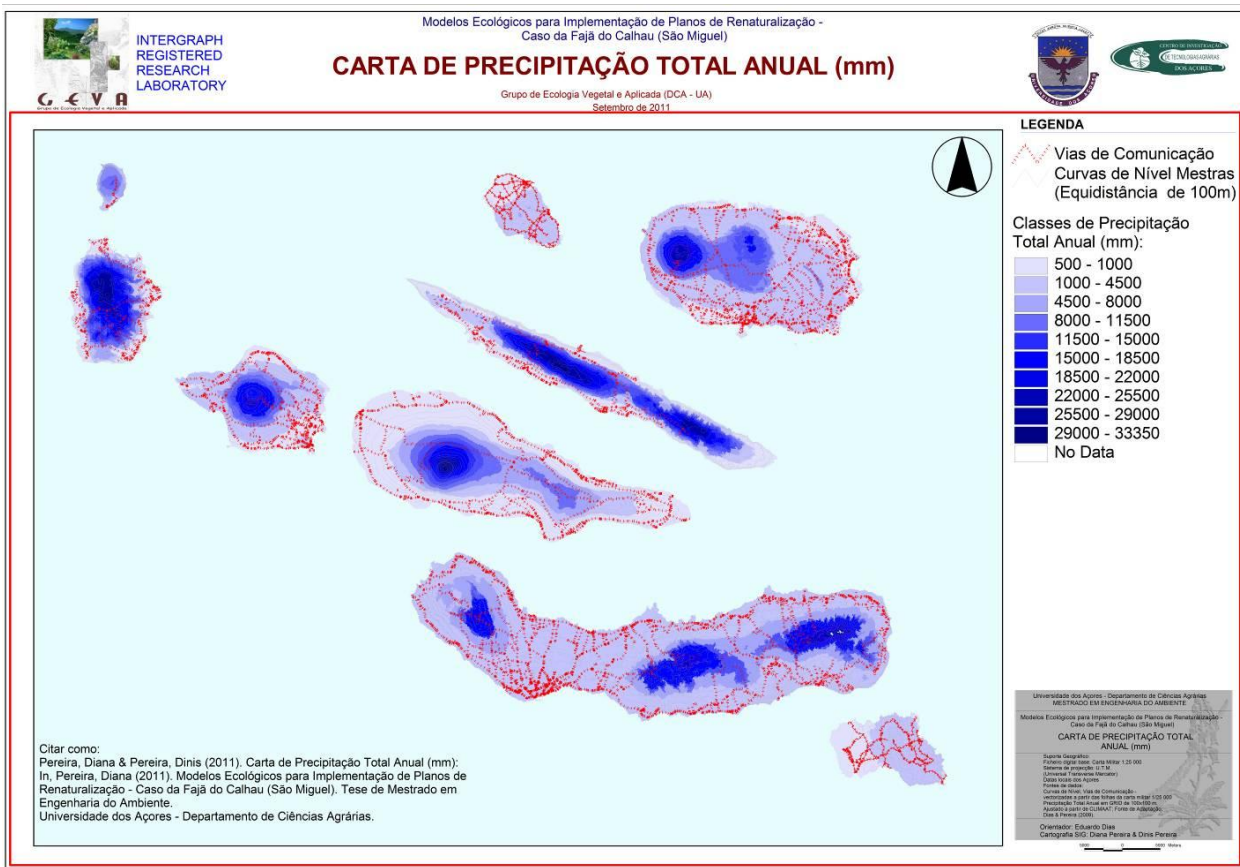


Figura 12 – Carta de Precipitação Total Anual (mm). (CLIMAAT; DIAS, 1996; PEREIRA, 2009)

A precipitação aumenta consideravelmente em altitude, influenciando o zonamento das espécies vegetais.

A precipitação média anual ao nível do mar para a zona do Atlântico Norte, onde se localiza o Arquipélago dos Açores varia entre os 700 mm e os 900 mm. Contudo, o impulso orográfico sofrido pelo ar aquando da proximidade das ilhas faz com que junto ao litoral de cada ilha a precipitação anual seja já superior a estes valores. A precipitação observada ao nível do mar aumenta da Leste para Oeste, variando, segundo AZEVEDO, 2002, entre os 775 mm observados na ilha de Santa Maria até aos 1700 mm observados na ilha das Flores, tendo tendência a ser mais elevados nas encostas viradas a Norte, isto, para a mesma altitude.

A distribuição da pluviosidade nos Açores durante todo o ano não é homogénea, verificando-se conforme AGOSTINHO, 1940, o seu máximo nos meses de Dezembro até Janeiro.

Esta variável, na presente modelação, também inclui a precipitação horizontal, o que faz aumentar significativamente a quantidade de pluviosidade medida. Deste modo, a vegetação em altitude poderá ter esta amplitude fortemente compensada pela precipitação horizontal, resultante do *Efeito de Föhn*, exigindo sempre a presença de superfícies de intercepção, que só um coberto arbóreo pode fornecer.

Com este completar e acréscimo de informação ao factor ambiental – precipitação, verifica-se que a Precipitação Total Anual nos Açores atinge o seu valor máximo na ilha do Pico, com 33 350 mm, enquanto que pela maioria das restantes ilhas, o valor máximo varia entre 10000 - 15000 mm. As ilhas da Graciosa e Santa Maria adquirem os menores valores de precipitação, o que é visivelmente explicado pela orografia e altitude das mesmas.

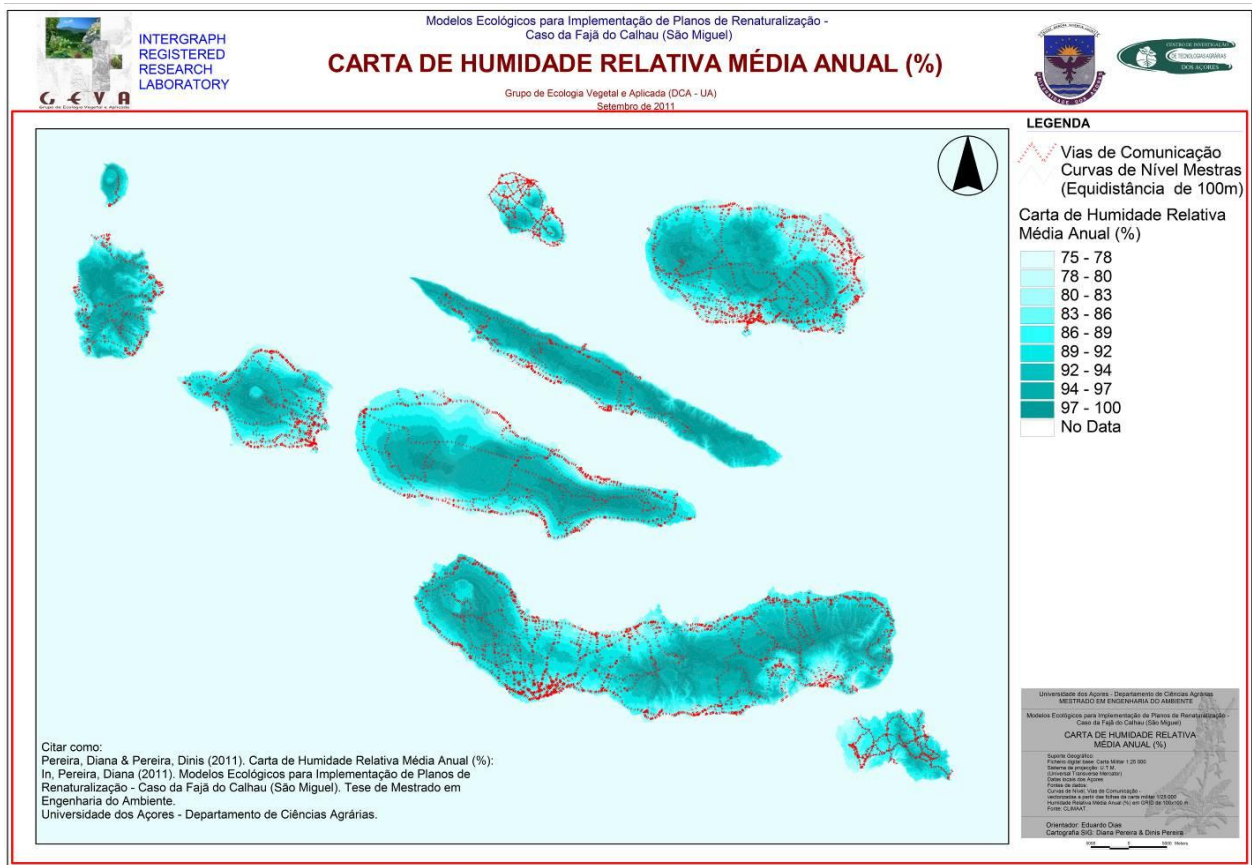


Figura 13 – Carta de Humidade Relativa Média Anual (%). (CLIMAAT)

A humidade relativa do ar dos Açores é caracterizada por ser elevada durante todo o ano. Os valores médios mensais rondam os 80%. São raros os dias em que se observam valores abaixo dos 50%. A humidade relativa atinge no litoral valores superiores a 90% em mais de 60 dias por ano. A humidade do ar tende a ser inferior na costa norte quando comparada com a observada nas costas viradas a sul, devido à predominante origem tropical das massas de ar que chegam às ilhas pelo sul, em oposição ao ar mais seco que provém da circulação atmosférica que chega de norte. (AZEVEDO, 2002)

A humidade relativa é um factor muito importante no crescimento das plantas, dado que é crucial para o processo de transpiração das mesmas. O processo de transpiração atinge o seu pico em dias quente, ventosos e secos, e diminui expressivamente durante dias frios e húmidos.

Deste modo, a humidade relativa influencia directamente as relações hídricas das espécies vegetais, e indirectamente, afecta o crescimento da folha, a fotossíntese e até a polinização. Portanto, a humidade relativa muito alta ($\approx 100\%$): reduz a evapotranspiração e fecho dos estomas. (SMITHSON, *et al*, 2002)

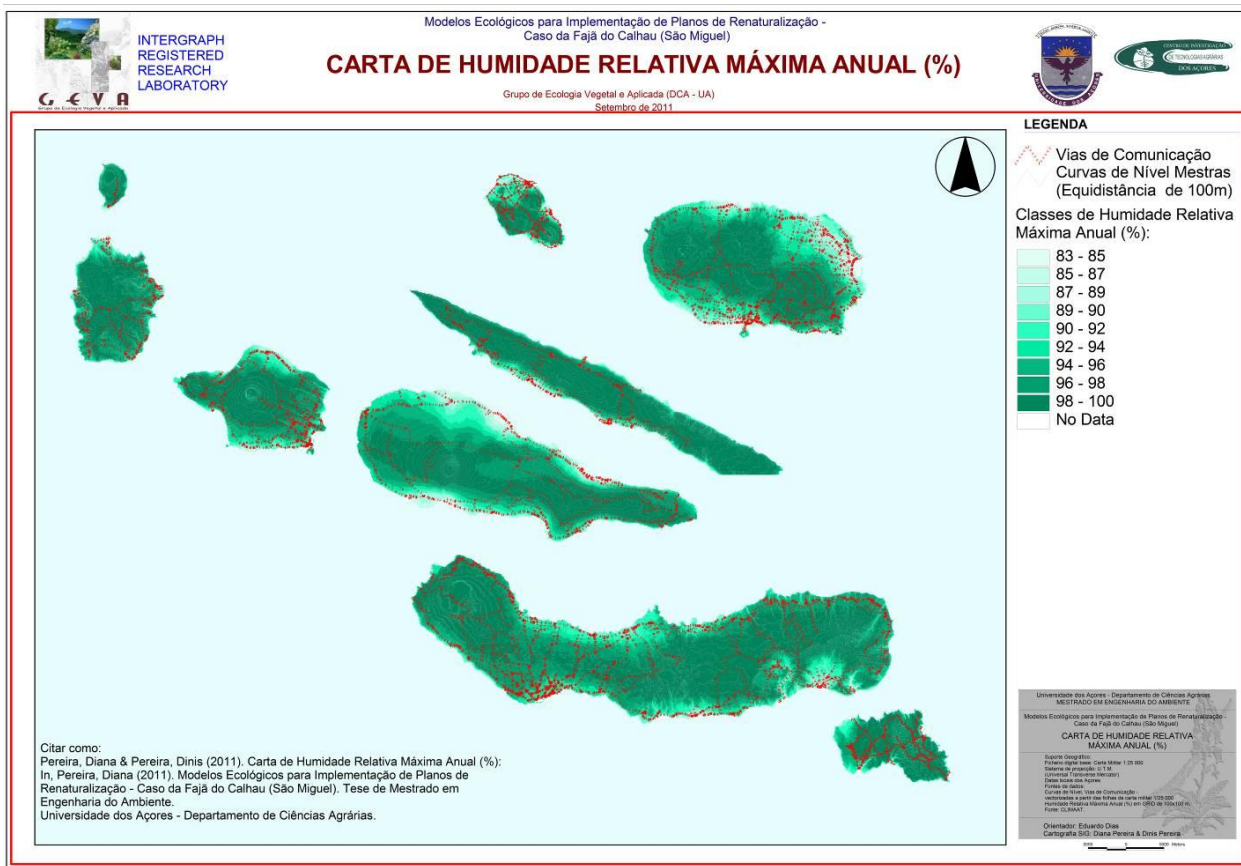


Figura 14 – Carta de Humidade Relativa Máxima Anual (%). (CLIMAAT)

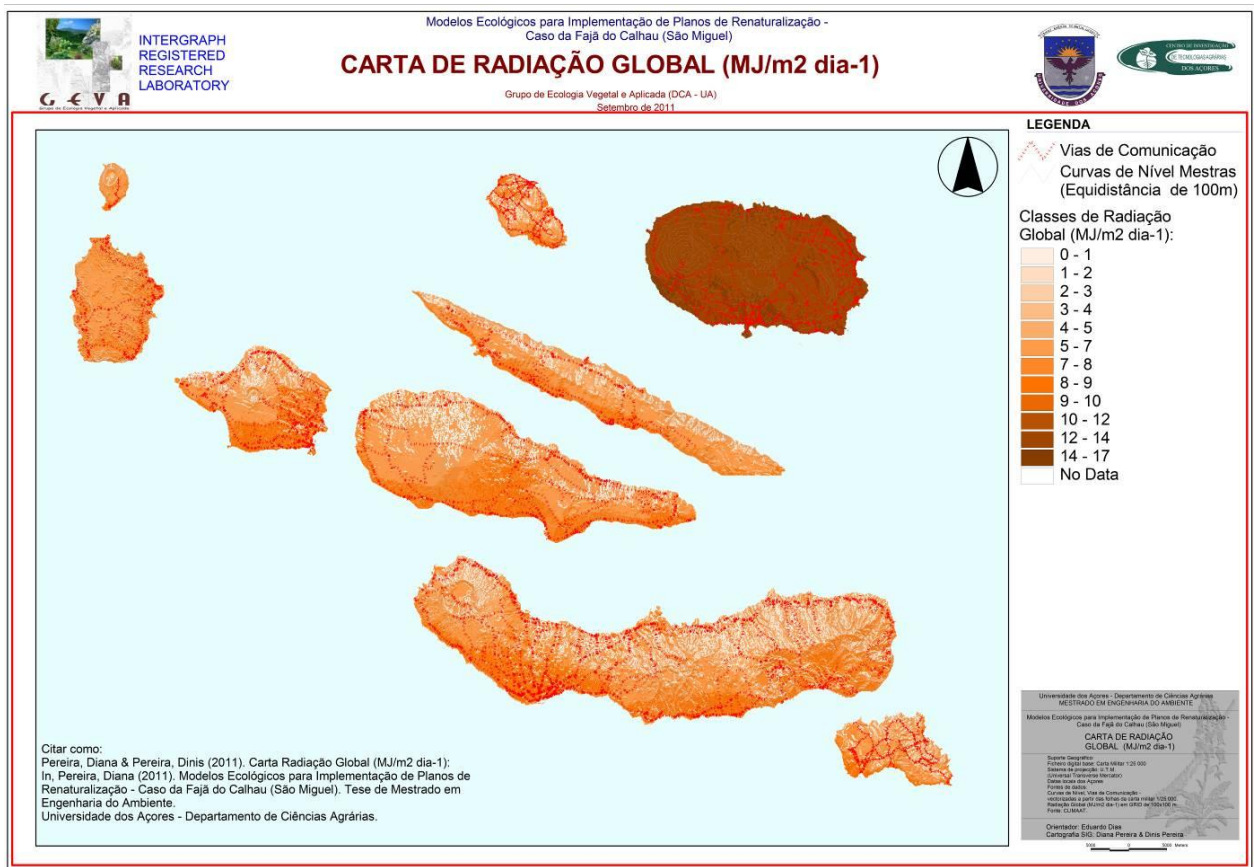


Figura 15 – Carta de Radiação Global (MJ/m² dia⁻¹). (CLIMAAT)

O modelo para a ilha Terceira deu uns valores significativamente elevados, relativamente às restantes. A justificação só poderá estar na construção do modelo, que na presente versão deve ter ajustes diferentes para esta ilha.

Esta variável, tal como os cones de sombra influencia a taxa de fotossíntese das plantas, e por conseguinte, a taxa de crescimento e produção.

Segundo AZEVEDO, 2002, a quantidade de energia proveniente da radiação solar calculada para uma superfície horizontal no topo na atmosfera à latitude média dos Açores é da ordem dos 42 MJ por m²/dia por altura do solstício de Verão, mas diminui para 15 MJ por m²/dia durante o solstício de Inverno. Por se encontrar numa zona de choque de massas de ar com características distintas, o arquipélago dos Açores está durante grande parte do tempo sujeito a nebulosidade de origem frontal. Além das ilhas se apresentarem como obstáculos à passagem de massas de ar húmido que, devido à orografia característica, é obrigado a contornar o relevo em altitude, as ilhas estão grande parte do tempo sob a influência da nebulosidade de origem orográfica.

Logo, a radiação e insolação são significativamente superiores junto ao litoral quando comparada com a observada em altitude, e portanto, tende a ser superior nas ilhas mais baixas.

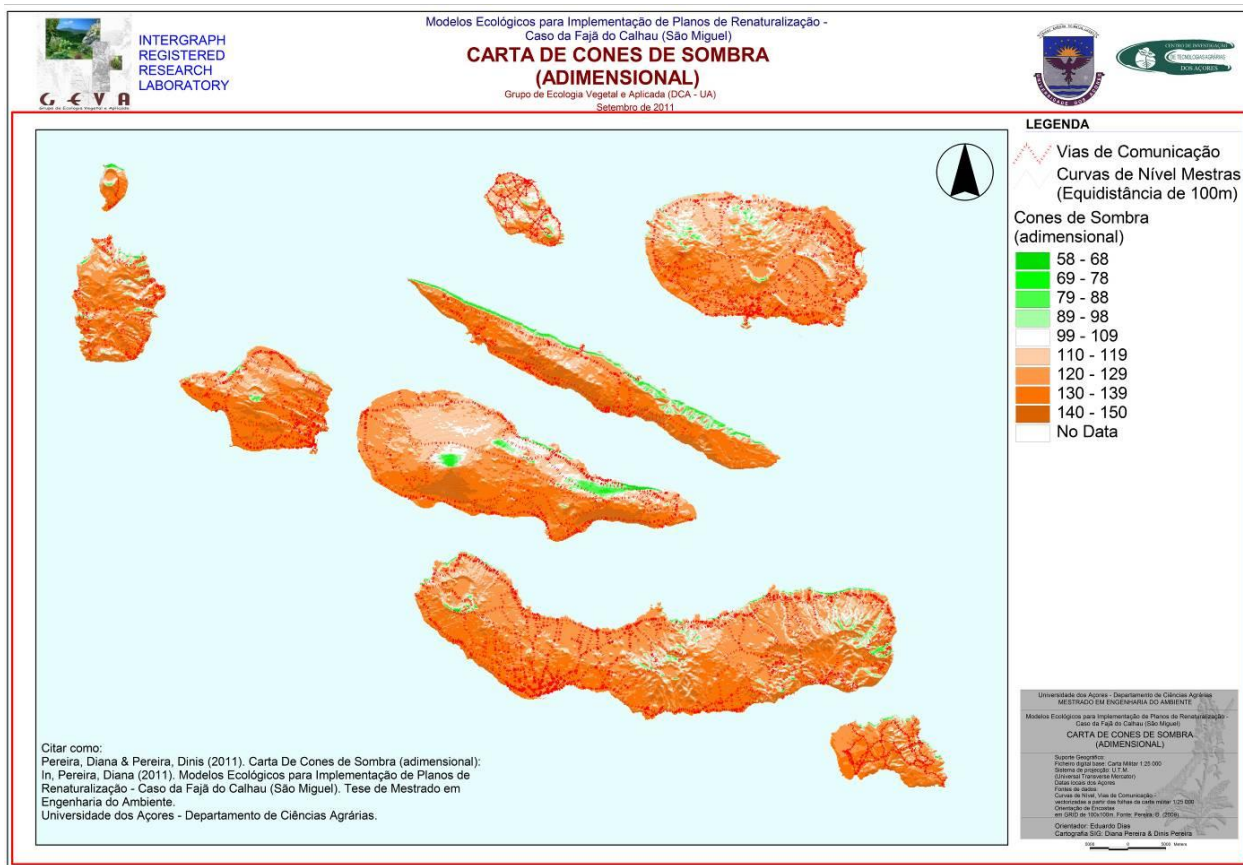


Figura 16 – Carta de Cones de Sombra (adimensional). (PEREIRA, 2004)

Esta variável ambiental tem consequência para as plantas em algumas vertentes, como o balanço da radiação global anual, o que tem impacto na fotossíntese e na taxa de crescimento das espécies. Portanto, zonas de sombra permanente, como é habitual nas encostas Norte, exigem estruturas fotossintéticas adaptadas, logo o modelo permite identificar estas zonas, que dificulta a estratégia de algumas espécies. Também, os cones de sombra, como representam um balanço energético influenciam na temperatura e na disponibilidade hídrica, devido à falta de evapotranspiração, podendo aumentar o encharcamento nessas zonas.

Foi encontrado em DIAS, 1996, uma forte correlação entre o padrão de distribuição do *Ilex azorica* e os bosques de azevinho, com os cones de sombra.

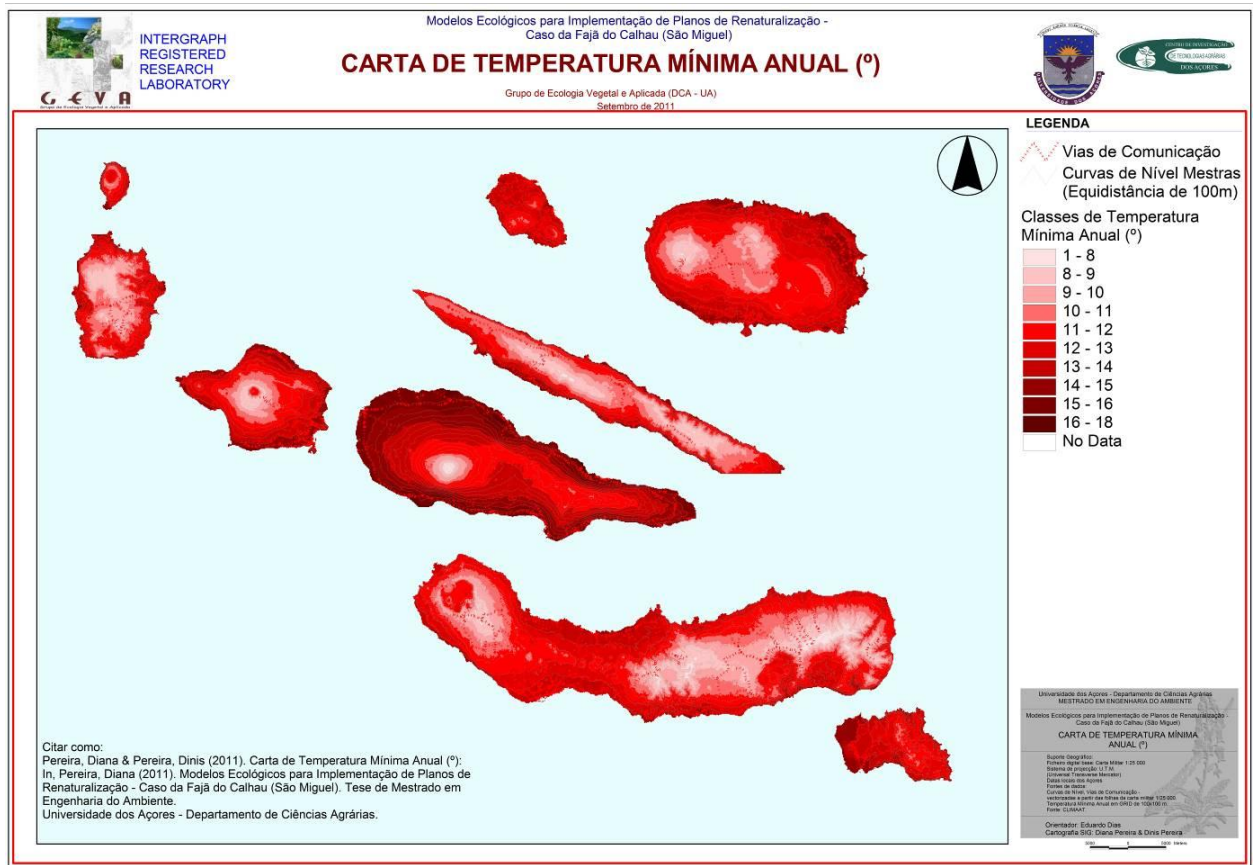


Figura 17 – Carta de Temperatura Mínima Anual (°). (CLIMAAT)

O valor máximo e mínimo da Temperatura Mínima modelada neste estudo ocorre na ilha do Pico, tendo os valores de 17,532°C e 0,995°C, respectivamente.

As taxas de desenvolvimento de muitas espécies, e portanto, o momento dos estágios fenológicos, são fortemente dependentes da temperatura. Assim, pode-se afirmar que esta variável ambiental é um elemento crucial que influencia o crescimento das plantas. Segundo, JONES, 1992, a temperatura óptima é um dos pré-requisitos para muitos dos processos das plantas, como a fotossíntese, respiração, germinação e floração. No entanto, as faixas de temperaturas óptimas para a fotossíntese e respiração variam de espécie para espécie e dependendo das suas necessidades individuais.

Numa análise mais centrada deste factor ambiental, destaca-se, e em anuência com AZEVEDO, 2002, que ao longo da zona litoral a temperatura média anual em todo o arquipélago ronda os 17,5°C. Para a mesma localização os valores da temperatura média mensal são sempre superiores a 10°C.

É de salientar a diminuição da temperatura em altitude, nomeadamente acima dos 400-500 metros, facto que se deve à grande ocorrência de nevoeiros orográficos, e que reduzem a insolação, mantendo a temperatura em valores baixos.

A escolha da temperatura mínima neste estudo, deve-se à correlação positiva que esta tem com outros factores e consequentemente no desenvolvimento das espécies vegetais, facto este já comprovado pelos estudos de DIAS, 1996 e PEREIRA, 2009.

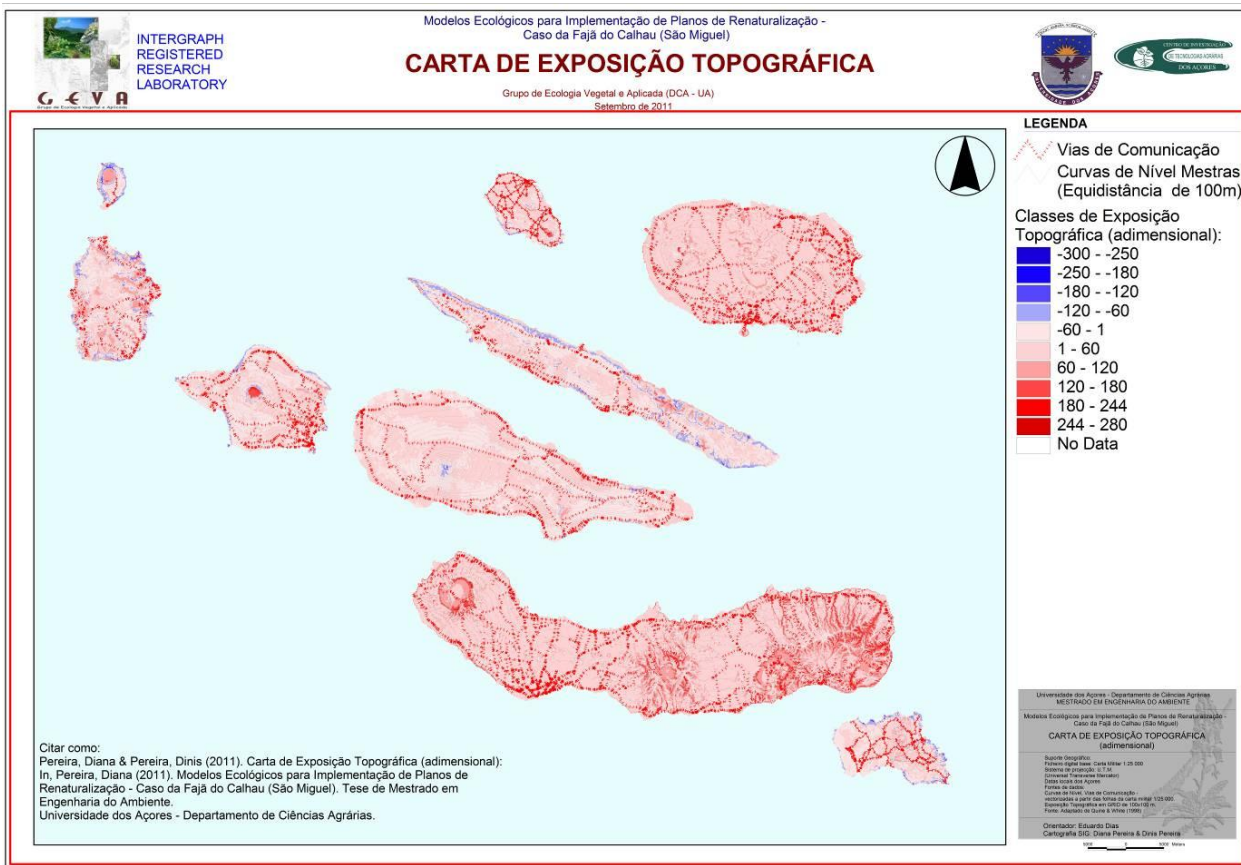


Figura 18 – Carta de Exposição Topográfica (adimensional).

Quando se considera a exposição é mais importante determinar o impacto real da topografia sobre um determinado local, relativamente à velocidade do vento e direcção do mesmo. A velocidade do vento aumenta com a altitude e não é incomum para alguns locais expostos, como falésias e zonas montanhosas expostas alterarem mais a velocidade do vento. (CHAPMAN, 2000)

O TOPEX revela melhor o padrão de distribuição das espécies, do que a velocidade de deslocação das massas de ar, por evidenciar melhor as zonas de exposição e abrigo aos ventos.

Isto é, o vento é medido sem ter em conta o relevo, enquanto que a Exposição Topográfica revela os lugares mais e menos expostos, dado que avalia o vento, tendo em conta a orografia.

As características topográficas dominam o fluxo de ar a nível local, e os danos resultantes do comportamento do vento estão estritamente ligadas à influência da topografia circundante. Deste modo, o conhecimento de como a exposição topográfica pode produzir mapas da distribuição das áreas abrigadas e expostas, faz com que este factor ambiental possa ser usado em tomadas de decisão, como a localização de espécies vegetais sensíveis. Ou seja, é um factor decisivo para determinar a localização exacta de áreas expostas e áreas protegidas, para consequente introdução de plantas e renaturalizações.

Por exemplo, a ilha do Pico apresenta os valores de maior exposição dos Açores, o que claramente se compreende, pela orografia, e altitude, dado ser o ponto mais alto de Portugal.

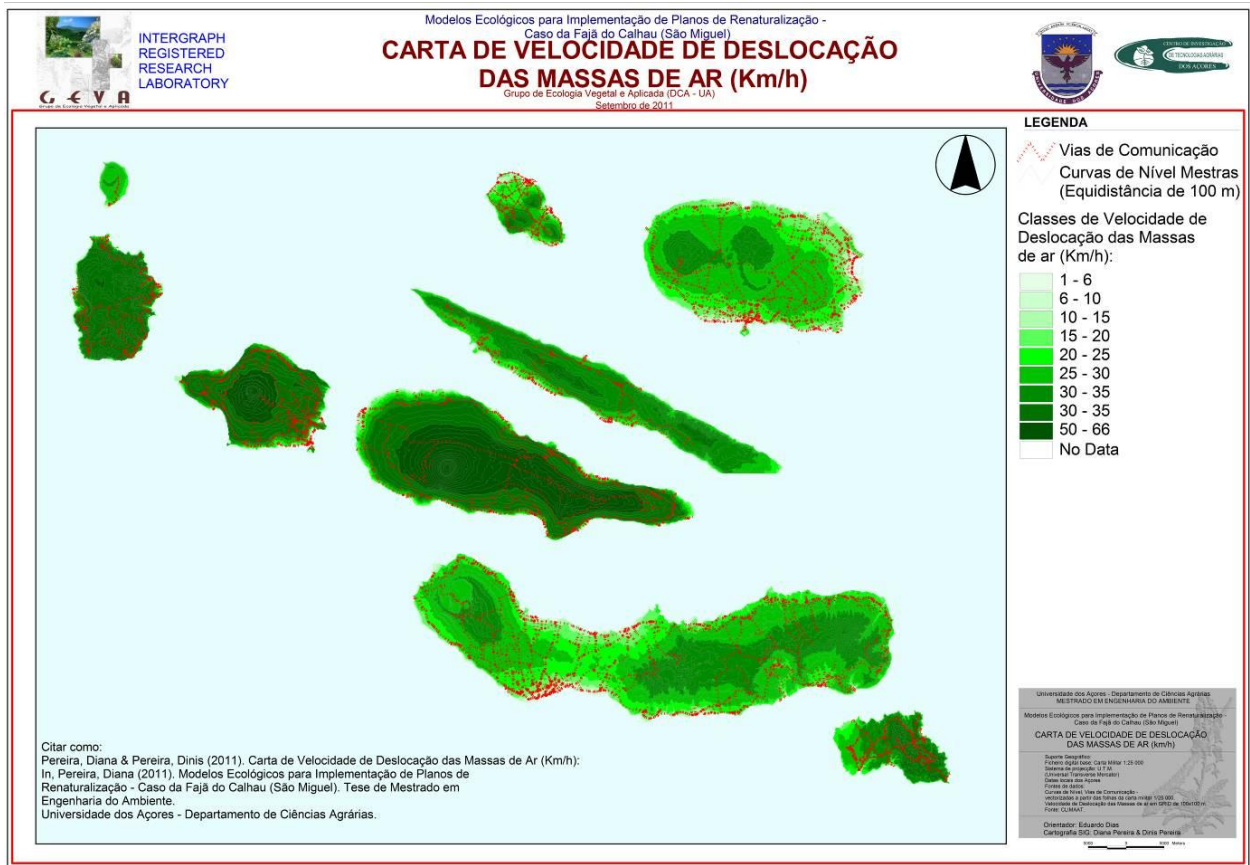


Figura 19 – Carta de Velocidade de Deslocação das Massas de Ar (Km/h). (CLIMAAT)

No arquipélago predominam os ventos do quadrante Oeste e regra geral verifica-se um aumento dessa predominância das ilhas do grupo Oriental para as do grupo Ocidental. A velocidade média do vento aumenta das ilhas do Grupo Oriental para as do Grupo Ocidental. Em todas as ilhas a velocidade do vento aumenta com a altitude. A velocidade média anual dos ventos ronda os 17 Km/h. Nos meses de Inverno, a velocidade média aproxima-se dos 20 Km/h, enquanto que, nos meses de Verão, a velocidade média diminui para valores próximos dos 10 Km/h (AZEVEDO, 2002).

Este parâmetro ambiental pode influenciar o crescimento das plantas, reprodução, distribuição, dispersão do pólen e sementes. Embora, possa também deformar fisicamente as plantas em zonas mais expostas e com maiores valores de vento. (NOBEL, 2009)

De acordo com os resultados obtidos para os estudos da floresta de DIAS, 1996, o vento é o factor determinante na distribuição das espécies arbóreas, condicionando as espécies de folhas mais largas para zonas mais abrigadas e privilegiando as folhas mais pequenas, para as zonas mais expostas. Assim, o principal efeito que o vento provoca é o chamado efeito fisiológico. Este efeito resulta da permanente destruição das condições micro-ambientais de saturação no ar junto da face adaxial das folhas e que provoca, conseqüentemente, um aumento da transpiração que pode levar à sua murchidão, desde que estas não possuam adaptações especiais a este efeito, como enrolamento da margem das folhas que podem chegar a tocar-se.

Assim, ventos de alguma intensidade, mas saturados de humidade, podem ter efeito fisiológico diminuto, enquanto ventos amenos, mas de massas de ar seco, podem provocar graves danos nas folhas.

As espécies adaptadas a condições particulares de ventos intensos, tem a ver com o efeito físico da desfoliação ou mesmo quebra dos ramos jovens emergentes da copa. Este efeito faz-se sentir, em particular, nas zonas de cristas, cumeadas e planaltos montanhosos. (DIAS, 1996)

Como já foi referido, o vento aumenta com altitude, deste modo é possível verificar que a ilha do Pico atinge os maiores valores de deslocação das massas de ar, chegando aos 66 Km/h, enquanto que no outro extremo estão as ilhas de Santa Maria e Graciosa, obtendo os valores máximos de vento à volta de 35 Km/h, o que se deve à sua baixa altitude.

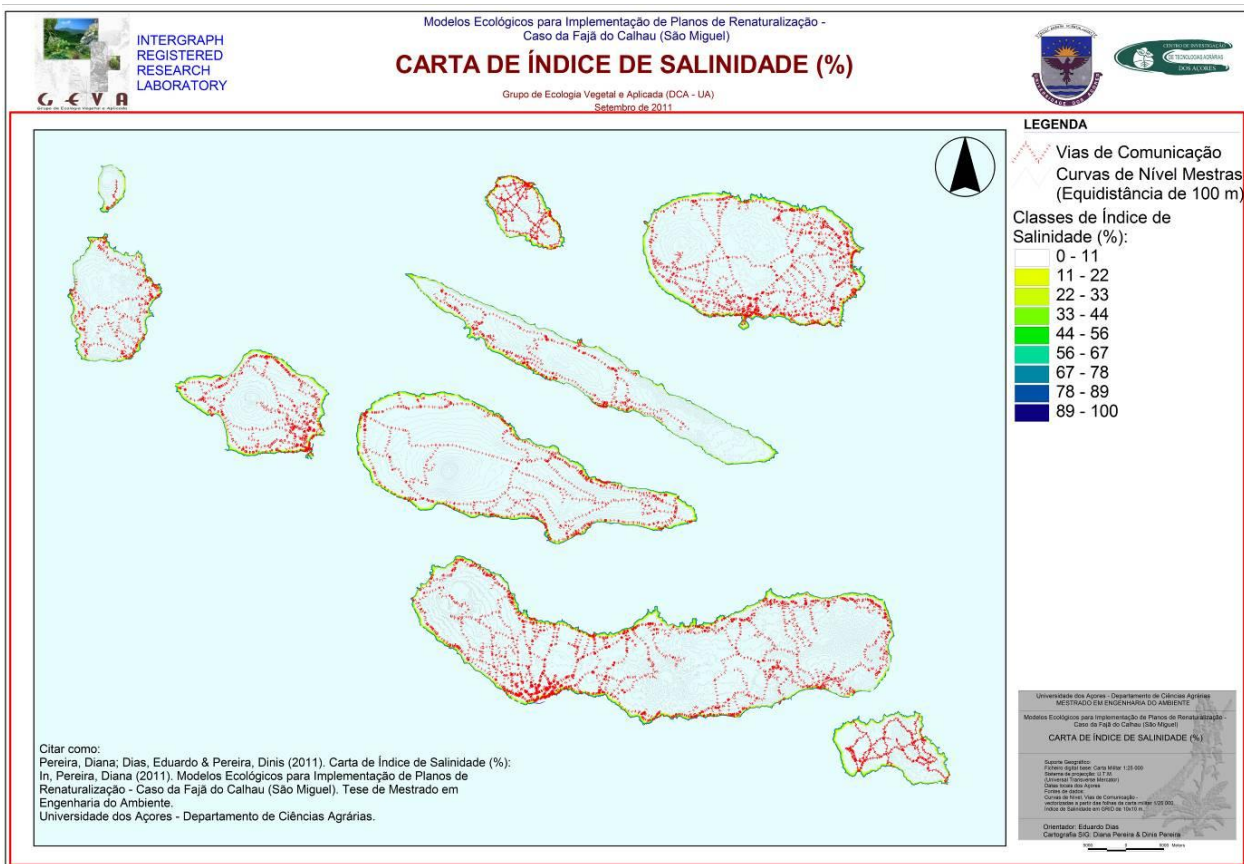


Figura 20 – Carta de Índice de Salinidade (%).

Esta variável ambiental demonstra um modelo de previsão da distribuição da salinidade ao longo da costa açoriana, até a um limite de 400 metros de distância da linha de costa. O panorama geral do arquipélago mostra que há uma diminuição de sal à medida que se afasta do mar, podendo-se, assim, evidenciar as áreas halófitas (onde fazem parte um conjunto de espécies, como *Euphorbia azorica*, *Limonium vulgare*) e as áreas não halófitas.

Segundo os estudos de DIAS, 1996, há uma variação espacial da influência da salinidade, desenvolvendo-se um contínuo de povoamentos, de tendências dulçaquícolas até às tendências halófitas.

Dadas as condições da costa açoriana há um conjunto de espécies adaptadas a esses ambientes, sendo a salinidade um dos factores determinantes das áreas litorais. Porém, há outras espécies não tolerantes ao sal, fazendo com que altos valores de salinidade na zona radicular afecte o crescimento total e da área foliar, e aumento da suculência das folhas ou caule e até emurchimento.

Contudo, este índice de sal desempenha um papel muito importante na determinação da distribuição da vegetação costeira, e embora este gradiente de salinidade tenha sido frequentemente observado, raramente foi estudado e determinado quantitativamente.

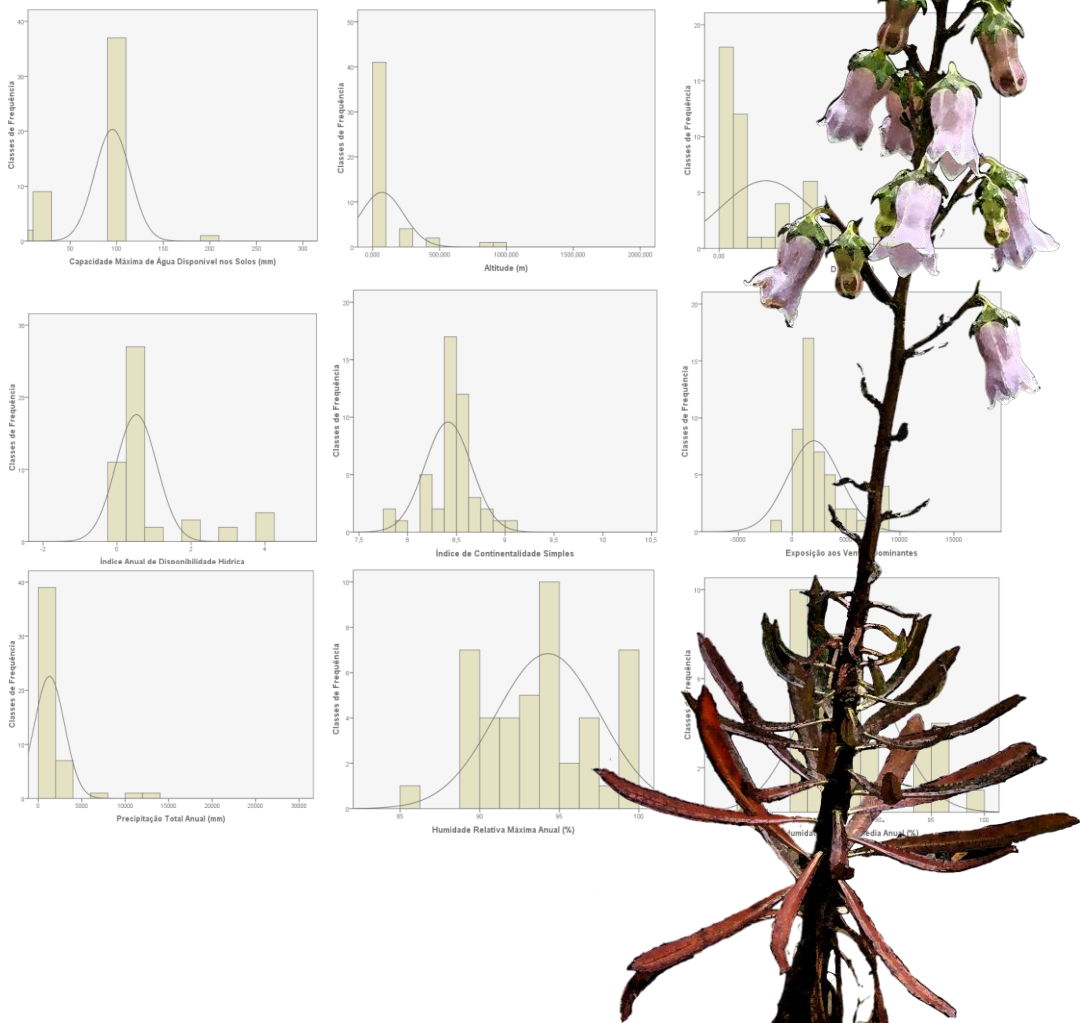
Em suma, para o crescimento das plantas ser bem-sucedido, e segundo SMITHSON, *et al.*, 2002, requer seis factores essenciais: luz, humidade, temperatura, vento, nutrientes e suporte físico.

Os factores ambientais não são eles mesmos variáveis independentes, mas são tipicamente influenciados uns pelos outros, assim como a comunidade de plantas. No entanto, antes de chegar a este nível de complexidade, torna-se necessário estudar a acção individual de cada uma das variáveis com efeitos ecofisiológicos comprovados. Por outro lado, torna-se muito difícil, na maioria dos casos, a simulação em SIG das variáveis conjugadas. Foram desenvolvidos métodos matemáticos no sentido de avaliar o peso das variáveis ambientais, nomeadamente os processos de ordenação. Neste trabalho, optou-se por utilizar trabalhos já realizados para a vegetação natural dos Açores, sobre o estudo das variáveis ambientais na ecologia da vegetação e das plantas (DIAS, 1996; PEREIRA, 2004), como forma de seleccionar os factores mais pertinentes a serem aplicados neste estudo.

Assim, ao caracterizar biofísicamente cada uma das áreas em termos dos seus factores ambientais, poder-se-á associar as tipologias de vegetação adaptadas a essas condições.

Capítulo II

Avaliação das Condições Biofísicas, na dimensão Ecológica das Espécies Seleccionadas



II.1. Introdução

A flora natural dos Açores é composta por poucas espécies de plantas vasculares devido às características específicas insulares do arquipélago, mas as comunidades vegetais naturais têm uma componente importante de endémicas e “reliquias”, que são agora reconhecidas pela União Europeia. A Macaronésia (ilhas dos Açores, Madeira e Canárias) foi umas das primeiras regiões a receber protecção para as áreas naturais ao abrigo da Directiva Habitats (92/43/CEE). (DIAS & MELO, 2010)

Desde as primeiras explorações botânicas aos Açores, iniciadas no início do século XIX, tem sido reconhecido para a flora indígena dos Açores, cerca de 300 plantas vasculares. A flora actual contém 1116 plantas, sendo que, o incremento de 816 foi feito por plantas introduzidas pelo Homem, a maioria nos últimos 50 anos. As espécies classificadas como endémicas têm sofrido importantes revisões, quer por razões taxonómicas, quer por melhor conhecimento de outras áreas. Curiosamente, o seu número total tem-se mantido estável em torno das 70 plantas (taxa de endemidade de 23%). (DIAS, *et al.*, 2005; DIAS, 2001).

A maioria das espécies endémicas, e de acordo com DIAS, 2001, são “fósseis vivos”, filogeneticamente primitivos, relacionados com as famílias dominantes na flora europeia Terciária, parcialmente extinta durante as últimas glaciações.

Mais tarde, e conforme DIAS, 1996, concluiu-se que os principais factores determinantes para a conservação das espécies endémicas são de dois tipos: (1) o impacto, presente e passado, da actividade humana, factor que terá importância para o maior grupo das espécies, e (2) os efeitos da auto-ecologia da espécie que, em alguns casos, parecem dever ser considerados. A intersecção destes dois componentes permitirá compreender o comportamento destas espécies e constituir um valioso instrumento na percepção do seu papel no âmbito sinecológico e na sua conservação.

Deste modo, o limite natural da distribuição de uma espécie em particular é alcançado quando, como resultado de mudanças físicas pelos factores ambientais, a sua capacidade de competir é tão reduzida que pode ser deposta por outras espécies. Sem dúvida, outras interacções bióticas, tais como herbivoria e polinização, também afectam a distribuição das espécies. (BARBOUR, *et al.*, 1987)

Deve ser enfatizado que a explicação de um único factor ambiental geralmente revela-se inadequada como descrição do ambiente de uma planta. Na maioria das comunidades, o desempenho de uma espécie é afectado pela interacção de vários tipos de factores ambientais. As condições em que as plantas ocorrem na sua abundância máxima no campo é designado por **ótimo ecológico**. (CRAWLEY, 1997)

Segundo, CRAWLEY, 1997, as interacções das espécies vegetais em conjunto com os factores ambientais moldam o desempenho da estrutura das populações. Isto pode ser visto como uma expressão de oportunidades para o crescimento realizado por cada membro da população no percurso do seu desenvolvimento.

De acordo com DIAS & MELO, 2010, compreender as relações entre as variáveis ambientais e a vegetação tem sido uma questão central em ecologia vegetal e é de primordial importância como ferramenta de pesquisa na autoecologia e sinecologia. Recentemente, a análise da relação “vegetação-ambiente” ganhou importância, como um instrumento, para medir o impacto da aceleração do uso da terra e mudanças que proporcionem prioridades de conservação. Como a maioria das áreas terrestres da Rede Natura 2000 nos Açores são em zonas de montanha, é essencial entender os factores ambientais que influenciam a distribuição da vegetação.

No entanto, para se compreender a distribuição e abundância de uma espécie necessitamos de perceber, entre outras coisas, as suas necessidades em termos de condições e recursos ambientais, que constituem duas dimensões do nicho e definem em grande medida, juntamente com o resultado das interações bióticas (principalmente a herbivoria/predação e competição), o nicho ecológico realizado de uma espécie. A performance das plantas com ampla distribuição geográfica é limitada, em primeiro lugar, pela variação geográfica dos factores climáticos. Têm sido propostos vários padrões de resposta com valor adaptativo, quando a variação nas condições abióticas é pronunciada: as espécies podem possuir uma grande plasticidade fenotípica como resultado de uma elevada tolerância à variação das condições ambientais; por outro lado, podem existir genótipos localmente adaptados, responsáveis por características fenotípicas apropriadas apenas para um conjunto restrito de condições ambientais (ELIAS, 2006).

Consoante GRIME *et al*, 1988, a amplitude ecológica é determinada não apenas pela variabilidade genética e plasticidade fenotípica, mas também pela flexibilidade regenerativa. De facto, a existência de uma dada espécie num determinado local está igualmente dependente das necessidades ambientais dos juvenis, que possuem usualmente limites de tolerância mais estreitos do que os adultos. Neste aspecto, assume particular relevância a existência ou não de condições propícias à germinação das plântulas e posterior recrutamento de novos indivíduos. (ODUM, 1971; ELIAS, 2006).

Segundo DORNER, 2002, o uso de plantas nativas para restauro ou como um substituto para plantas exóticas e ornamentais pode ajudar a inverter a tendência de perda de espécies. Embora os métodos possam ser diferentes, as plantas nativas exigem o mesmo nível de cuidado na instalação e estabelecimento como as plantas ornamentais. Se o ambiente foi alterado significativamente pelas actividades antrópicas, algum trabalho será necessário para recriar um ambiente mais “hospitaleiro” para as espécies nativas.

No entanto, a longo prazo, as espécies nativas, na maioria dos casos, formam comunidades auto-sustentáveis que não exigem muita manutenção, uma vez que estas estão adaptadas a uma determinada região e local, tendendo assim a resistir a danos como a seca, doenças comuns, entre outros.

As espécies de plantas endémicas fornecem elementos-chave para o restauro de ecossistemas.

Assim, a condição de um local é um factor crítico para o sucesso de um projecto de restauro. As plantas que são inadequadas para as condições de crescimento de um determinado local vão ter dificuldade em sobreviver. Consequentemente, as condições do local precisam ser conhecidas antes de fazer um plano detalhado de revegetação. Deste modo as características importantes a serem consideradas, segundo DORNER, 2002, são as seguintes:

- Solos
- Topografia
- Hidrologia
- Comunidades Ecológicas Existentes
- Presença de espécies exóticas
- Abundância ou ausência de espécies endémicas
- Distúrbios
- Factores de clima e microclima

II. 1.1. Curvas de Resposta das Espécies

Segundo DIEKMANN, 2003, tem sido muitas vezes estudada a hipótese (e ocasionalmente demonstrada) que a abundância das espécies vegetais ao longo das variáveis ambientais se aproxima de uma curva em forma de sino com um “pico” único (ótimo ecológico), assemelhando-se a curvas de distribuição Gaussiana.

A previsão de distribuição de espécies é um aspecto fundamental na biologia da conservação. Modelos de adaptação do habitat das espécies com base em um conjunto de factores ambientais fornece informação significativa para a gestão de espécies ameaçadas e reintrodução das mesmas. Esses modelos também podem ser usados para avaliar os impactos do clima e uso da terra na distribuição das plantas. (SANTIKA & HUTCHINSON, 2009)

A visão canonizada em ecológica vegetal é que as espécies têm respostas, aos gradientes ecológicos, simétricas e unimodais. Porém, isto leva a um modelo irrealista, onde todas as espécies são assumidas como tendo respostas Gaussianas com altura e largura idênticas, mas com um ótimo localizado uniforme. AUSTIN, 1999, 2002, e outros artigos mais recentes, mostram claramente que esta visão é baseada em provas muito escassas. Na verdade, a teoria prevê que as formas de resposta das espécies devem diferir entre os tipos de gradientes ambientais. Além disso, a interação das espécies podem mudar a forma de resposta, mesmo que a resposta fundamental seja simétrica. Portanto, a análise da forma de resposta das espécies é de grande interesse teórico. Além disso, ela tem interesse prático para os ecologistas por causa das suas implicações para a metodologia de ordenação. A função de resposta simétrica Gaussiana tem sido o único modelo de resposta ecológica para as quais os parâmetros podem ser estimados de forma eficaz. Embora a evidência para o modelo de Gauss possa ser criticado fortemente, todos os métodos propostos até ao momento para testar a significância de assimetria de resposta foram inadequados, ineficientes ou tendenciosos: por exemplo, o modelo de resposta Beta confunde a localização do máximo e a assimetria dos pontos finais de resposta são fixos; e a forma suavizada dos modelos aditivos generalizados (GAM) deve ser avaliada subjectivamente. (OKSANEN & MINCHIN, 2002)

❖ Modelo de resposta em forma de sino ou de Gauss:

O modelo de Gauss define uma resposta simétrica ao longo de um gradiente (x) com três parâmetros interpretáveis: localização do ótimo u); altura da resposta (h) e tolerância ou largura da resposta (t). (Ver **Figura 21**)

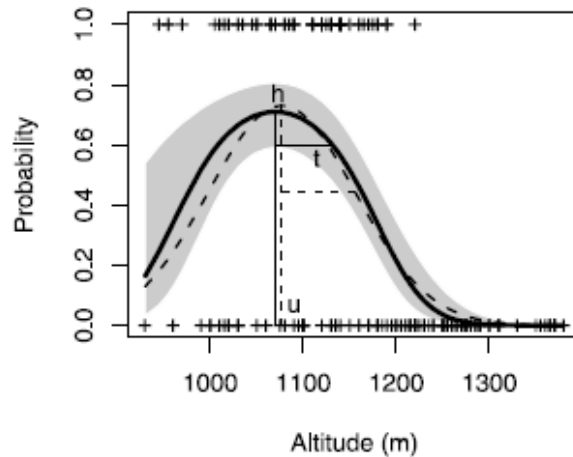


Figura 21 – Curva de Resposta de Gauss (OKSANEN & MINCHIN, 2002)

❖ Modelo de resposta BETA:

AUSTIN, 1976; e AUSTIN, *et al.*, 1994, propôs a substituição da função de resposta de Gauss com a função de resposta Beta (Figura 22).

A função Beta foi encontrada útil para simulação de respostas de variáveis, porque pode assumir uma grande variedade de formas unimodais.

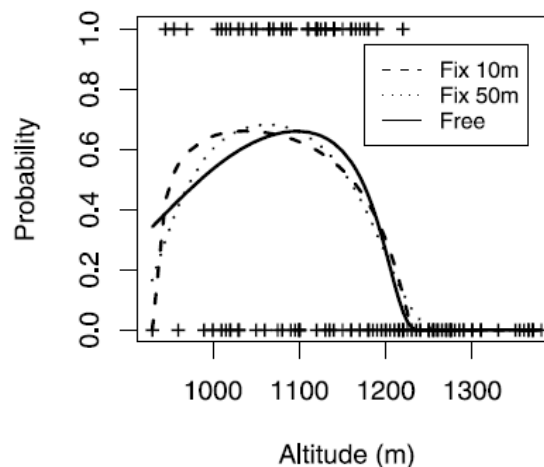


Figura 22 – Modelo de Resposta Beta (OKSANEN & MINCHIN, 2002)

❖ Modelos Aditivos Generalizados (GAM):

Este modelo GAM não especifica qualquer função paramétrica rígida, mas sim para usar dados não-paramétricos mais suaves. Consequentemente, o GAM pode ser capaz de produzir formas que diferem de qualquer modelo paramétrico que se estudou até ao momento. Deste modo, usa-se o GAM para verificar ou falsificar os “nossos” modelos paramétricos e na busca de possíveis formas paramétricas (Figura 23). (OKSANEN & MINCHIN, 2002)

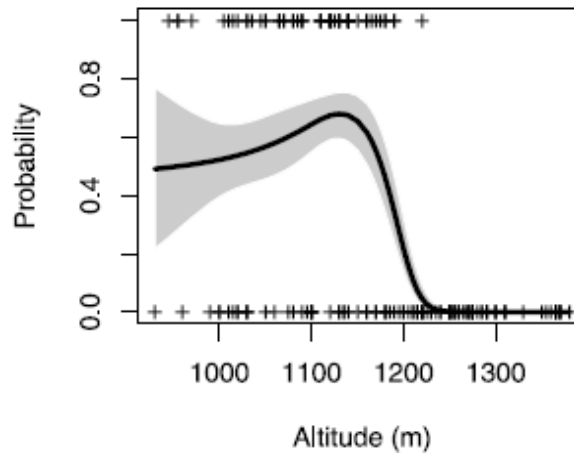


Figura 23 – Modelo aditivo generalizado com aproximadamente 95% de intervalos de confiança (OKSANEN & MINCHIN, 2002).

A posição do óptimo da espécie ao longo do gradiente ecológico parece ter uma influência sobre a derivação das curvas das espécies. De facto, o cálculo do óptimo ecológico perto das extremidades dos gradientes das diferentes variáveis ambientais é uma tarefa difícil, dado que, e de acordo com COUDUN & GÉGOUT, 2006, a resposta das espécies tende a ser assimétrica quando o seu óptimo está perto do final do gradiente da variável estudada.

Todavia, a resposta das espécies às condições ambientais podem ser resolvidas e reunidas num conjunto de conceitos gerais. Estes incluem a tolerância, o ótimo ecológico e amplitudes ecológicas. Se o desempenho de uma espécie vegetal é analisado ao longo de alguns factores ambientais a que é sensível, tais como humidade ou radiação, certos fenómenos podem ser observados. (KELLMAN, 1975)

Para cada factor ambiental, há um limite inferior abaixo do qual uma espécie não pode viver, uma faixa óptima em que vive e um limite superior acima do qual não pode viver (Figura 24). Os limites superiores e inferiores definem o intervalo de tolerância de uma espécie para um determinado factor ambiental. Os limites variam de espécie para espécie, isto é, uma espécie irá desenvolver-se dentro da sua faixa ideal e tolerância; sobreviver, mas mostrar sinais de *stress* fisiológico próximo do limite de tolerância; e não sobreviver fora do seu intervalo de tolerância. (HUGGETT, 2002)

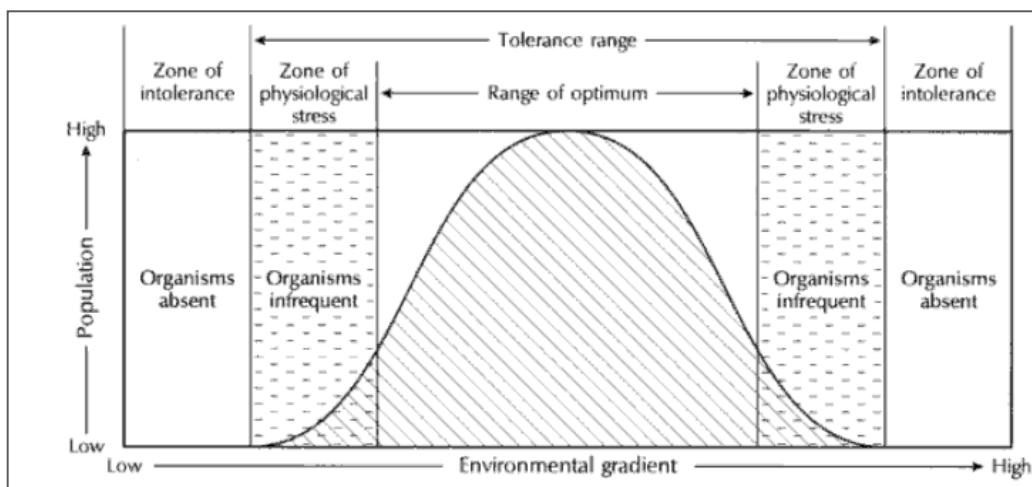


Figura 24 - Faixa de tolerância e Limites de uma espécie. (HUGGETT, 2002)

Há uma longa tradição na ciência vegetal para a ligação da vegetação e distribuição das plantas ao ambiente físico, assumindo que as comunidades vegetais estão em equilíbrio com os parâmetros ambientais. Muitos estudos bioclimáticos têm considerado a distribuição de espécies vegetais em ambos os espaços, ambientais e geográficos. O espaço ambiental de uma espécie corresponde ao seu nicho fundamental (ou seja, a combinação de condições ecológicas que uma espécie pode tolerar em um ambiente multidimensional). Por outro lado, o espaço geográfico de uma espécie é a sua real distribuição geográfica (dependente dos factores históricos; factores bióticos e influência do Homem). Deste modo, e em estudos de modelação estática, uma tentativa de relacionar o espaço geográfico de uma espécie, ou unidade de vegetação com as variáveis ambientais, é o que melhor define o nicho realizado. (GUISAN, *et al*, 1998).

O nicho realizado de uma espécie vegetal é muitas vezes considerado uma função da sua tolerância fisiológica ou nicho ecológico fundamental e das suas interacções competitivas com outras espécies. Portanto, o nicho realizado é parte do nicho ecológico fundamental, onde uma espécie pode autocompetir com os seus rivais. Quando aplicado ao nível da comunidade, este modelo de nicho, em teoria, pode prever a composição da vegetação, em qualquer ponto ao longo dos gradientes ambientais da comunidade. Tais modelos também podem ser usados para prever a composição da vegetação que se estabelece em habitats restaurados ou para prever as mudanças na distribuição de espécies consoante a alteração dos factores ambientais. (DE SWART, *et al*, 1994)

A previsão de distribuição de espécies é um aspecto fundamental na biologia da conservação. Modelos de adaptação do habitat das espécies com base em um conjunto de factores ambientais fornece informação significativa para a gestão de espécies ameaçadas e reintrodução de espécies. Esses modelos também podem ser usados para avaliar os impactos do clima e uso da terra na distribuição das plantas.

II.2. Material e Métodos

Fase 1

Pretende-se com este capítulo determinar as diferentes componentes do nicho ecológico de uma espécie nas suas componentes ambientais, de forma a poder determinar o óptimo ecológico.

Em função destes objectivos realizou-se os seguintes procedimentos:

- Estruturou-se um critério de selecção das espécies escolhendo um conjunto das mesmas que obedecesse aos critérios abaixo indicados, dado que se trata de uma situação modelo:
 - a) Espécies estruturantes, pioneiras ou com capacidade de crescer em habitats jovens e incipientes;
 - b) Espécies que possam ser facilmente colhidas em habitats costeiros e circundantes;
 - c) Espécies com potencial valor ornamental e estético;
 - d) Espécies que recriem populações que estejam em perigo de extinção ou raras;

Deste modo, e de acordo com o critério de triagem (**tabela 6**) de espécies seleccionou-se as seguintes:

- ✓ *Asplenium marinum* L.;



Figura 25 – *Asplenium marinum* L.

Foto: Eduardo Dias

- ✓ *Azorina vidalii* (Wats.) Feer;



Eduardo Dias / GEVA

Figura 26 – *Azorina vidalii* (Wats.) Feer.

Foto: Eduardo Dias

- ✓ *Erica azorica* Hochst;



Figura 27 – *Erica azorica* Hochst.

Foto: Eduardo Dias

✓ *Euphorbia azorica* Seub.;



Figura 28 – *Euphorbia azorica* Seub.

Foto: Eduardo Dias

✓ *Festuca francoi* Fdez. Prieto, C. Aguiar & E. Dias;



Figura 29 – *Festuca francoi* Fdez. Prieto, C. Aguiar & E. Dias.

Foto: Eduardo Dias

✓ *Festuca petraea* Guthn. ex Seub.



Figura 30 – *Festuca petraea* Guthn. ex Seub.

Foto: Eduardo Dias

✓ *Juniperus brevifolia* (Seub.) Antoine;



Eduardo Dias / GEVA

Figura 31 – *Juniperus brevifolia* (Seub.) Antoine.

Foto: Eduardo Dias

- ✓ *Laurus azorica* (Seub.) Franco;



Figura 32 – *Laurus azorica* (Seub.) Franco.

Foto: Eduardo Dias

- ✓ *Limonium eduardi-diasii* Fdez. Prieto & C. Aguiar;



Figura 33 – *Limonium eduardi-diasii* Fdez. Prieto & C. Aguiar.

Foto: Diana Pereira

✓ *Myrica faya* Ait.;



Eduardo Dias/GEVA

Figura 34 – *Myrica faya* Ait.

Foto: Eduardo Dias

✓ *Picconia azorica* (Tutin) Knobl.;



Figura 35 – *Picconia azorica* (Tutin) Knobl.

Foto: Eduardo Dias

✓ *Woodwardia radicans* (L.) J. E. Sm.



Figura 36 – *Woodwardia radicans* (L.) J. E. Sm.

Foto: Eduardo Dias

Tabela 6 - Critério de selecção do estudo do óptimo ecológico das espécies vegetais a introduzir na área de estudo. A) Espécies estruturantes, pioneiras ou com capacidade de crescer em habitats jovens e incipientes; B) Espécies que possam ser facilmente colhidas em habitats costeiros e circundantes; C) Espécies com potencial valor ornamental e estético; D) Espécies que recriem populações que estejam em perigo de extinção ou raras.

1. *Asplenium marinum*; 2. *Azorina vidalii*; 3. *Erica azorica*; 4. *Euphorbia azorica*; 5. *Festuca francoi*; 6. *Festuca petraea*; 7. *Juniperus brevifolia*; 8. *Laurus azorica*; 9. *Limonium eduardi-diasii*; 10. *Myrica faya*; 11. *Picconia azorica*; 12. *Woodwardia radicans*

Espécies Vegetais		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Critérios	A		✓	✓			✓				✓		✓
	B	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	C		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	D		✓							✓			

- Seguidamente tirou-se partido da base de dados **Atlântida** e dos dados que esta forneceu, dando uma visão exaustiva dos Açores e dos habitats onde as espécies se distribuem. Deste modo, retirou-se todos os dados referentes às espécies seleccionadas anteriormente, com o propósito de se calcular o óptimo ecológico de cada espécie, para os diferentes factores ambientais.

- *Atlântida*:

Um programa de estudos de plantas endémicas e raras nos Açores teve início em 1985 quando foram apresentados na Universidade dos Açores e ao Governo Regional projectos de uma linha de investigação, então iniciada no Departamento de Ciências Agrárias, sobre este tema. O primeiro trabalho aparece em 1989 (DIAS, 1989), já com uma recolha de dados de campo e cartografia. Por essa altura é criado um herbário, que é aprovado em 1987 como “Herbário da Universidade dos Açores), baseado nas colecções de Ilídio Gonçalves e na recolha de endémicas feitas para o trabalho anterior. (CATARINO, *et al.*, 2001)

O desafio colocado aos investigadores portugueses para a recolha de informação que permitisse o estabelecimento da Rede Natura 2000, levou, nos Açores, a que esta linha de investigação realizasse um esforço de maior detalhe. Assim, teve início em 1994 um programa de campo para inventário e cartografia das populações das espécies raras dos Açores, co-financiado pelo programa LIFE (94/P/A221.). Desenvolveu-se, então, por 3 fases:

1. Ajustamento de metodologias de recolha de dados, para o meio insular, com parâmetros que permitissem avaliar a estrutura populacional, descrição quantitativa do(s) habitats, biologia reprodutiva, condições e causas de risco (Dias, *et al.*, 1996).
2. Inventários de campo de 1994 a 1996, pelas nove ilhas dos Açores, utilizando os locais históricos como ponto de partida para 54 espécies. Foram recolhidos dados de 2200 populações e estas cartografadas recorrendo a SIG (Sistemas de Informação Geográfica).
3. Tratamento e análise dos dados, com particular incidência nos seguintes tópicos:
 - i) distribuição espacial;
 - ii) biologia de crescimento e biologia da reprodução;
 - iii) estrutura e fenologia das actuais populações e consequências na conservação;
 - iv) caracterização quantitativa do(s) habitat natural e grau de dependência a este;
 - v) ameaças actuais e potenciais à sobrevivência da espécie.

A compilação global destes dados foi feita numa base de dados, (inicialmente REFLEX, depois em ACCESS), designada “**Atlântida**”, associada a um SIG (ver **figura 37**), desenvolvida para o efeito, em ambiente Windows. (CATARINO, *et al.*, 2001)

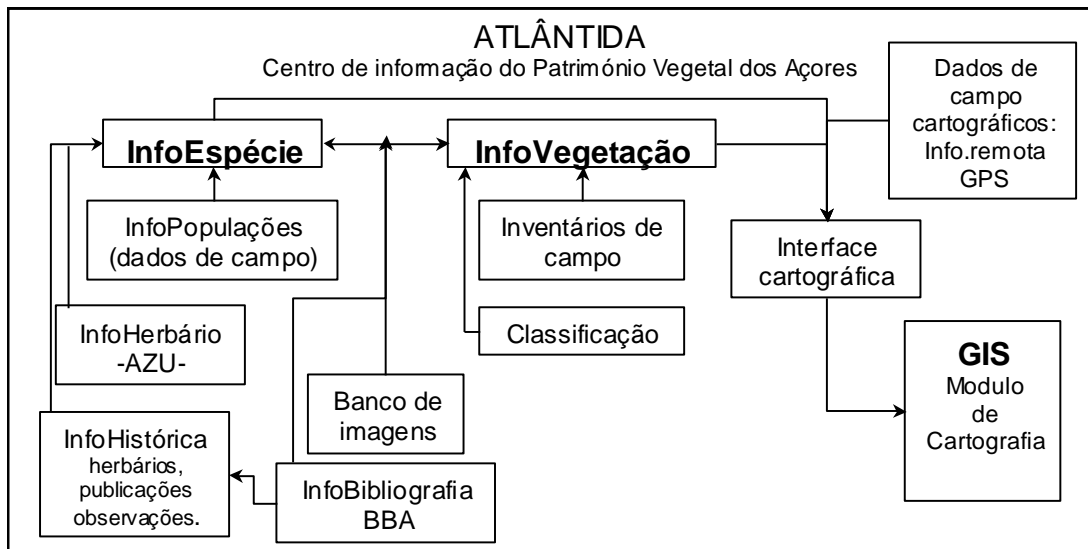


Figura 37 - Estrutura funcional da “Atlântida”, base de dados com cartografia digital do património vegetal dos Açores (em desenvolvimento em Windows utilizando Access e SIG Intergraph). (CATARINO, *et al.*, 2001)

- A partir dos dados alfanuméricos da ATLÂNTIDA transpõem-se os mesmos para Sistemas de Informação Geográfica para obter a informação geográfica dos inventários.

A ATLÂNTIDA, além de informação alfanumérica, funciona simultaneamente como *Warehouse*, com ligação a SIG, obtendo-se *online* e em tempo real a informação pretendida, desde que esteja inserida na base de dados. Neste caso seleccionou-se as espécies vegetais acima indicadas, mostrando a distribuição das mesmas pelos Açores, associando no ArcMap 10, através da ferramenta Join, bem como as respectivas coberturas das espécies, para análise posterior do óptimo ecológico.

Fase 2

- Montagem em SIG das variáveis ambientais geradas no Capítulo I para as 9 ilhas, e adicionando os *shapes* de inventários das espécies retiradas da Atlântida, já com as respectivas coberturas.

Fase 3

- Intercepção dos *shapes* de inventários com as variáveis ambientais produzidas, obtendo uma matriz com valores médios ambientais para cada população estudada, através da ferramenta de SIG - Extract by GRID.

- Abrir o *dbase* dos shapes, já com os dados dos factores ambientais e respectivas coberturas de cada espécie, de forma a se organizar os dados para o cálculo da curva do óptimo das espécies.
- Construção das curvas de resposta das espécies aos factores ambientais através de ajustamento estatístico da distribuição dos pontos, às equações que melhor explicam o padrão de distribuição, obtendo assim os espaços ecológicos que melhor concentram as condições para o desenvolvimento e estratégia das espécies.

Fase 4

- Metodologia para zonamento do espaço ecológico das espécies:

Há vários modelos de resposta para determinação do óptimo ecológico e para interpretação das curvas de resposta aos factores ambientais. Neste trabalho, a questão colocava-se não do ponto de vista teórico, segundo HEIKKINEN & MÄKIPÄÄ, 2010, mas do ponto de vista prático, dado que se trata de encontrar as zonas de melhor ajustamento das espécies para o restauro ecológico. Porém, um facto assumido por quase todos os autores, é que a faixa terminal da curva são zonas de *stress*, já no limite de tolerância da espécie e, por isso, é necessário assinalar esse espaço ecológico, dado ser desajustado para o esforço e sucesso do restauro ecológico de uma determinada espécie.

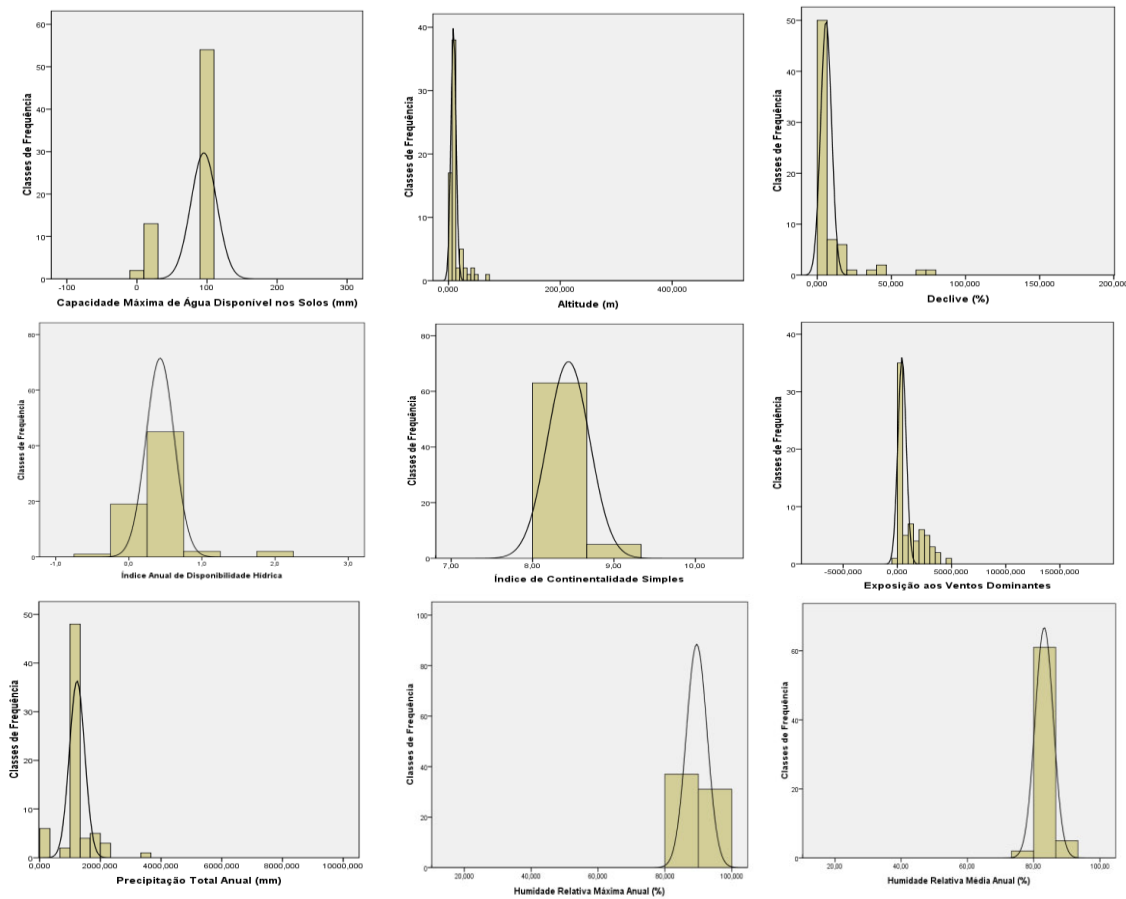
Considerou-se, assim, como pertencente a esta zona de *stress* os 20% de menor cobertura da média do máximo do óptimo ecológico da espécie. O restante espaço ecológico corresponde à zona onde o crescimento da espécie será feito com cada vez menor restrição, sendo assim estimado a 50 %, ou seja, considerou-se metade desse espaço ecológico como área possível, mas de menor viabilidade, e a outra metade como a de óptimo ecológico e a que representa maior esforço no restauro ambiental. Estas duas classes corresponderão, portanto, a 40% do máximo do óptimo, cada uma delas.

II.3. Resultados: Análise e Discussão

Tendo por objectivo a concepção de curvas de determinação do óptimo ecológico para as espécies vegetais seleccionadas, procedeu-se à junção de cada variável ambiental, determinada no capítulo I, com as respectivas coberturas de cada espécie vegetal, realizando assim as curvas de resposta de espécie que se seguem.

No entanto, para as espécies: *Asplenium marinum*, *Azorina vidalii*, *Euphorbia azorica* e *Limonium eduardi-diasii* optou-se por classes de frequências, porque estas espécies ocupam faixas de altitude muito estreitas e com percentagens de cobertura muito baixas, pelo que esta quase não apresenta variações relacionáveis com as variáveis estudadas e muito mais associada a micro-condições do substrato.

▪ ***Asplenium marinum* L.:**



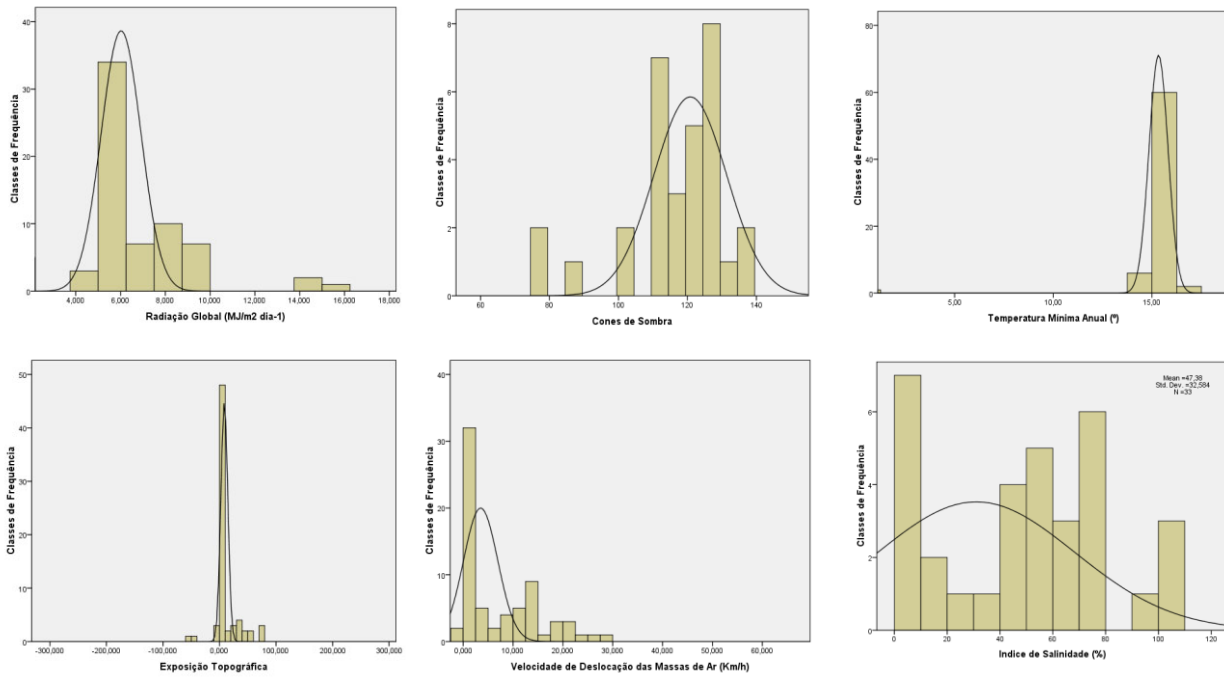
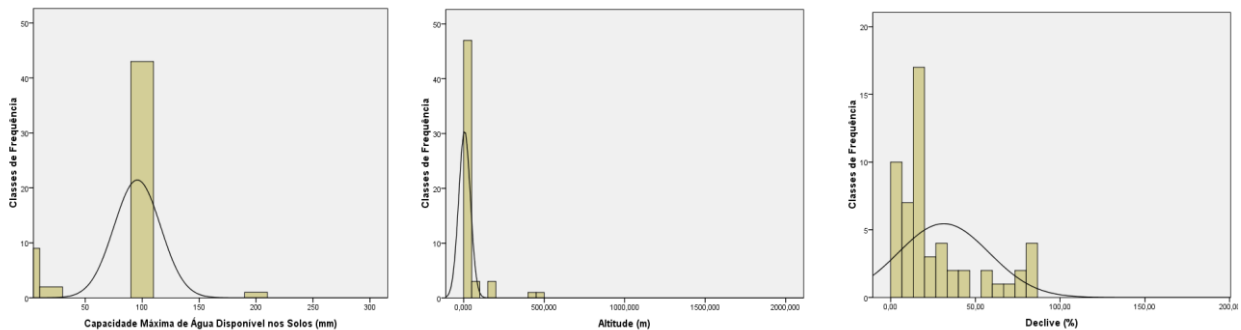


Figura 38 – Curvas de resposta significativa da espécie *Asplenium marinum*, ao conjunto das variáveis ambientais (Capacidade máxima de água disponível nos solos; Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Índice de Continentalidade Simples; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Humidade Relativa Máxima Anual; Humidade Relativa Média Anual; Radiação Global; Temperatura Mínima; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade).

▪ *Azorina vidalii* (Wats.) Feer:



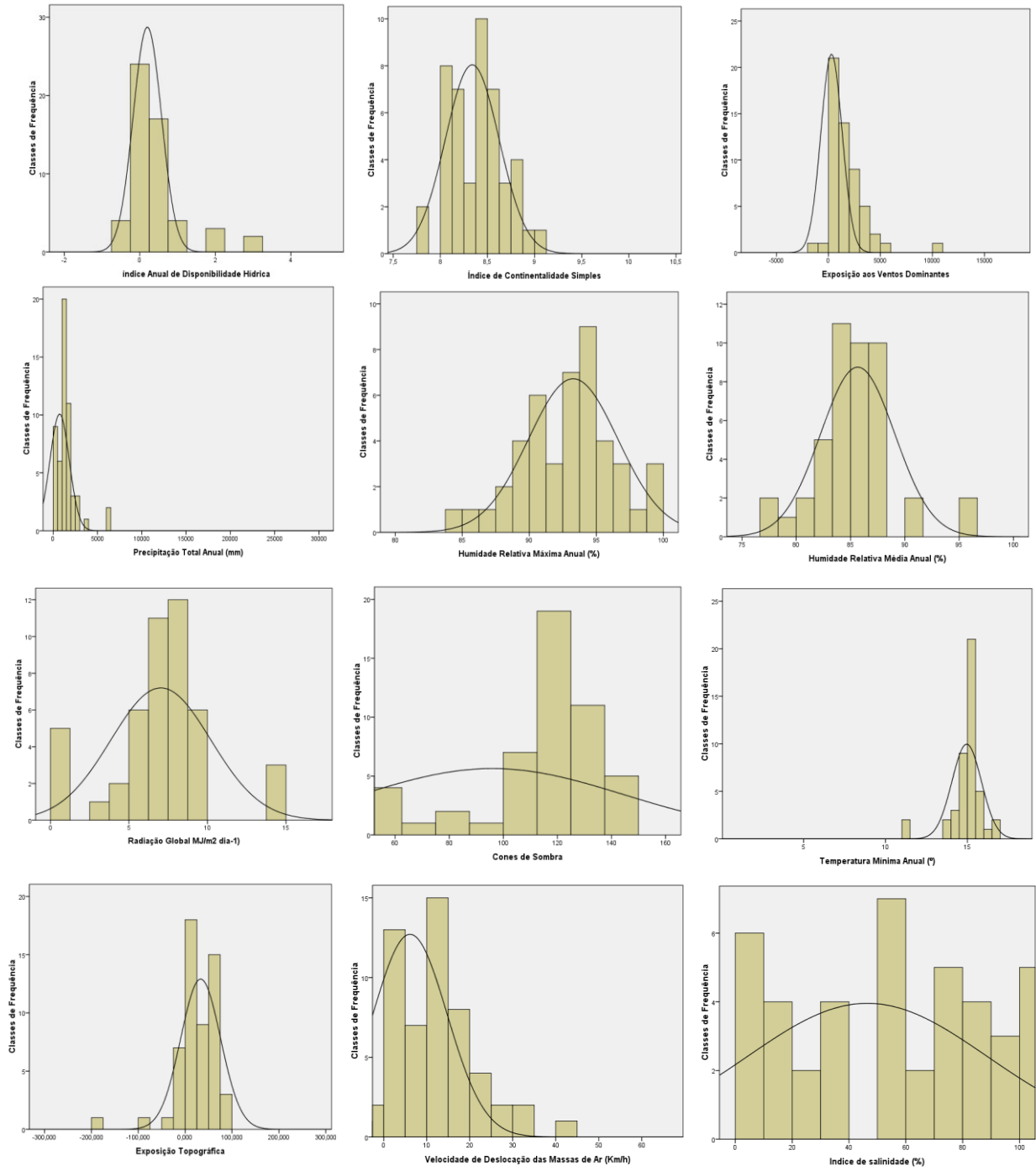
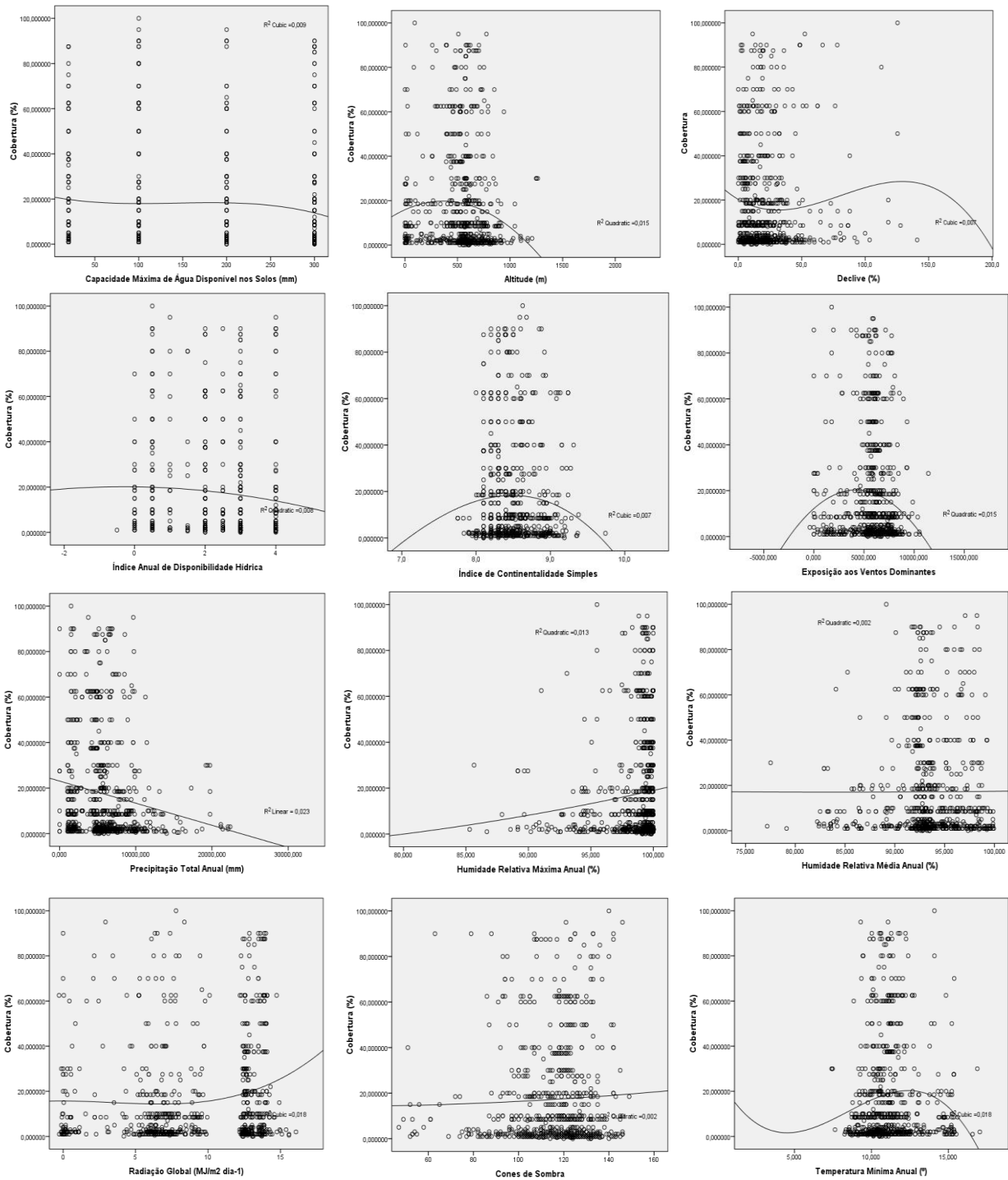


Figura 39 – Curvas de resposta significativa da espécie *Azorina vidalii*, ao conjunto das variáveis ambientais (Capacidade máxima de água disponível nos solos; Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Índice de Continentalidade Simples; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Humidade Relativa Máxima Anual; Humidade Relativa Média Anual; Radiação Global; Temperatura Mínima; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade).

■ *Erica azorica* Hochst:



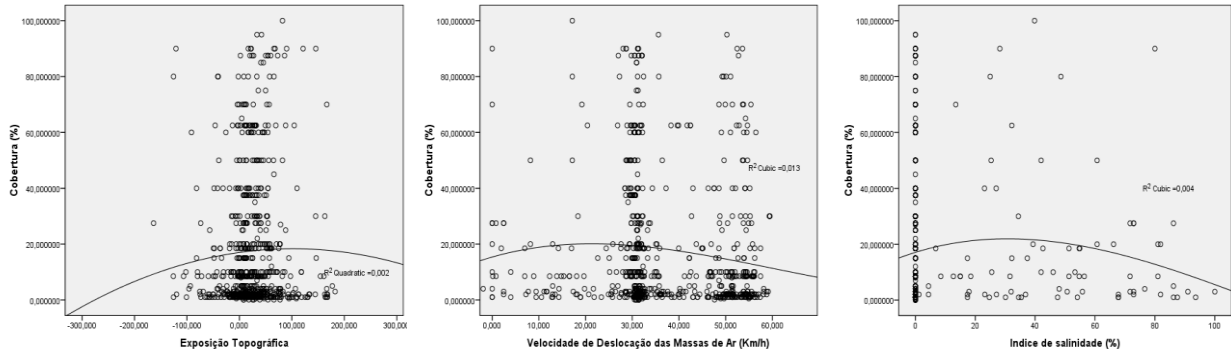
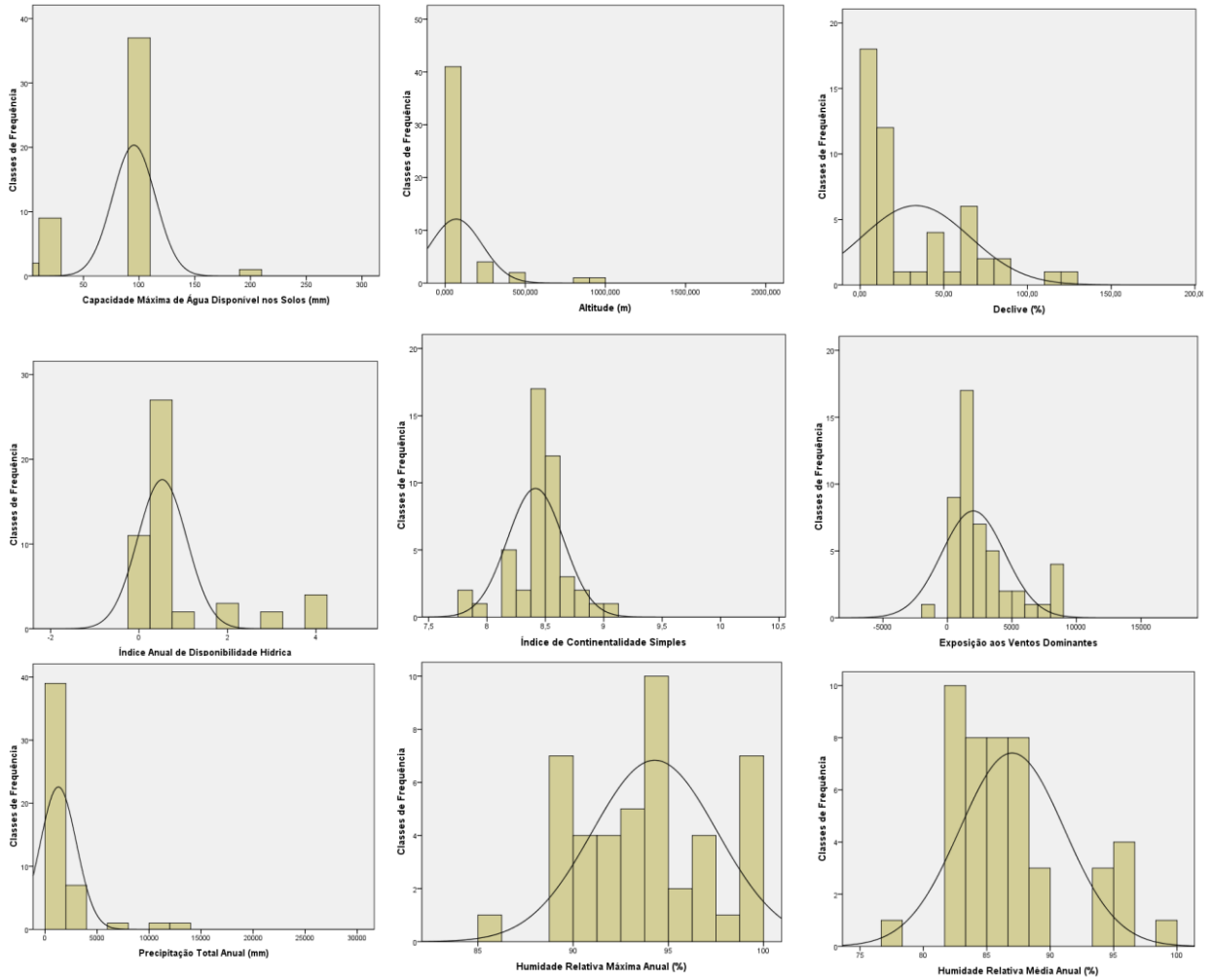


Figura 40 - Curvas de resposta significativa da espécie *Erica azorica*, ao conjunto das variáveis ambientais (Capacidade máxima de água disponível nos solos; Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Índice de Continentalidade Simples; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Humidade Relativa Máxima Anual; Humidade Relativa Média Anual; Radiação Global; Temperatura Mínima; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade).

■ *Euphorbia azorica* Seub.:



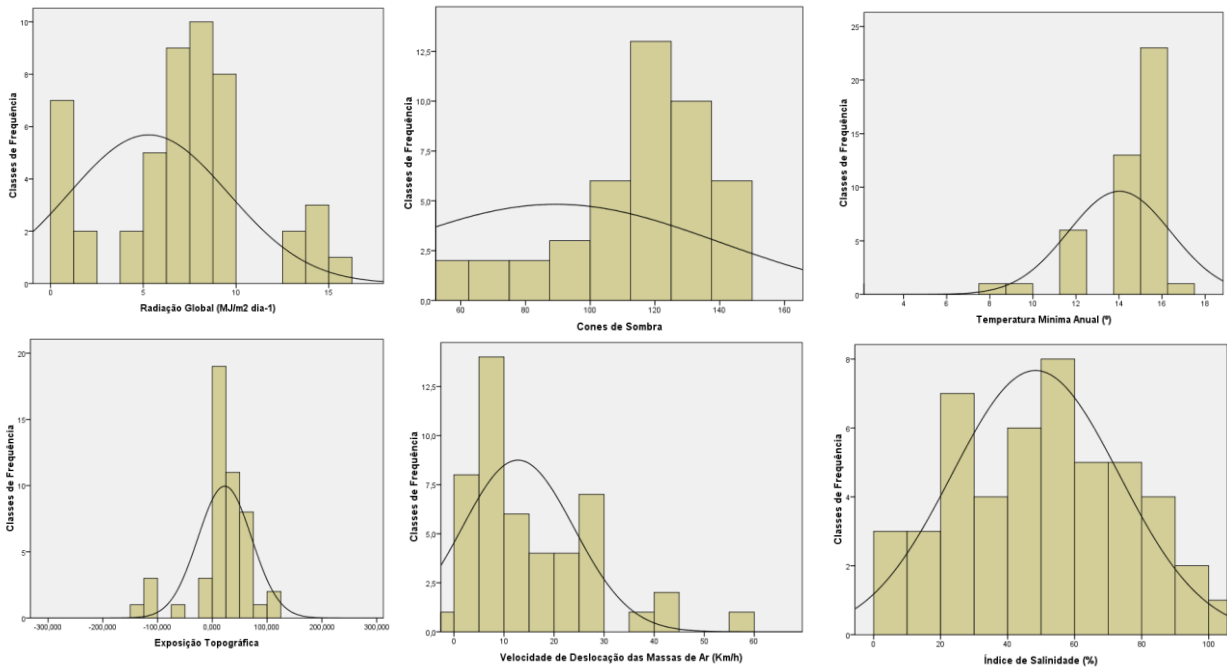
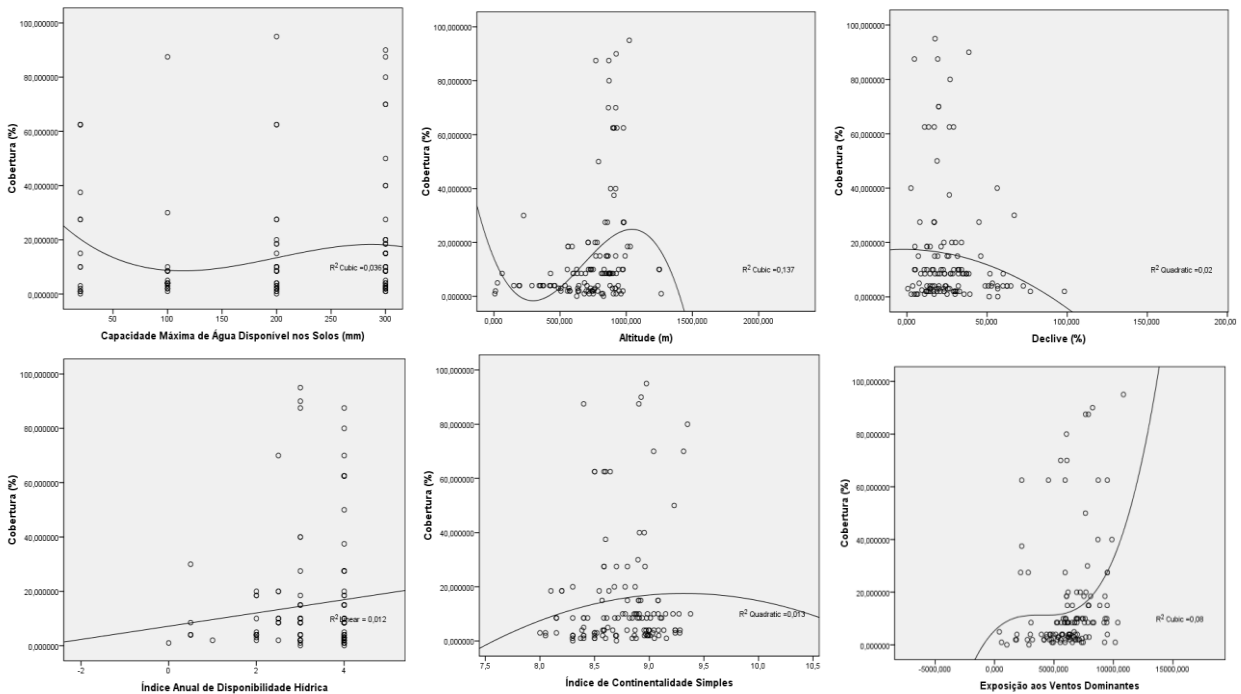


Figura 41 - Curvas de resposta significativa da espécie *Euphorbia azorica*, ao conjunto das variáveis ambientais (Capacidade máxima de água disponível nos solos; Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Índice de Continentalidade Simples; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Humidade Relativa Máxima Anual; Humidade Relativa Média Anual; Radiação Global; Temperatura Mínima; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade).

▪ *Festuca francoi* Fdez. Prieto, C. Aguiar & E. Dias:



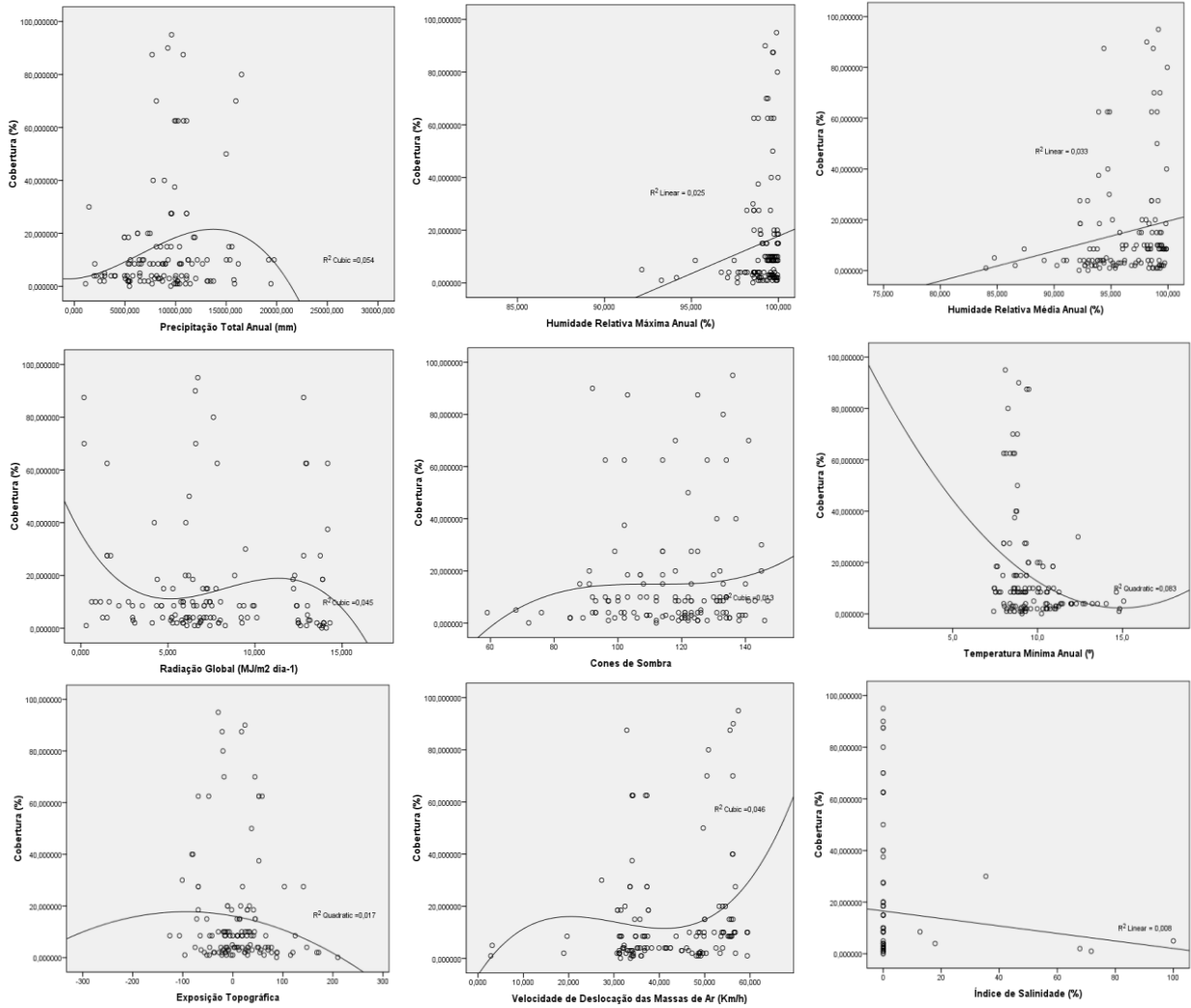
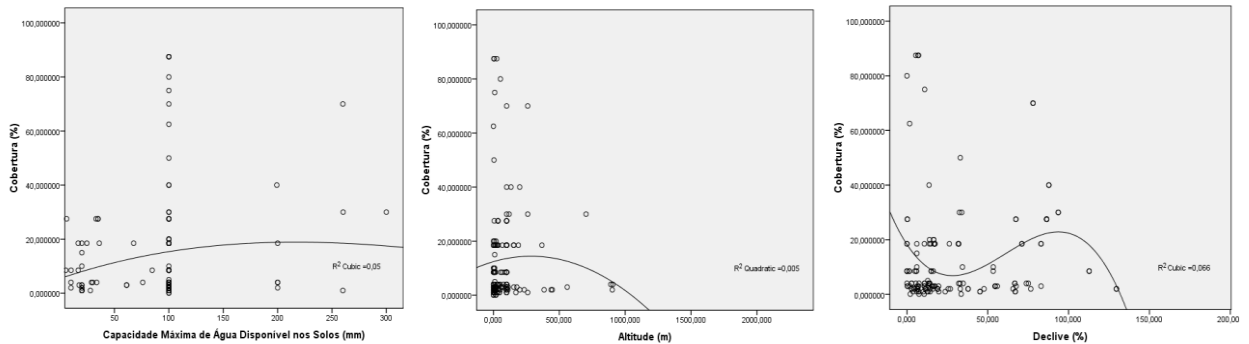


Figura 42 - Curvas de resposta significativa da espécie *Festuca francoi*, ao conjunto das variáveis ambientais (Capacidade máxima de água disponível nos solos; Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Índice de Continentalidade Simples; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Humidade Relativa Máxima Anual; Humidade Relativa Média Anual; Radiação Global; Temperatura Mínima; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade).

■ *Festuca petraea* Guthn. ex Seub.:



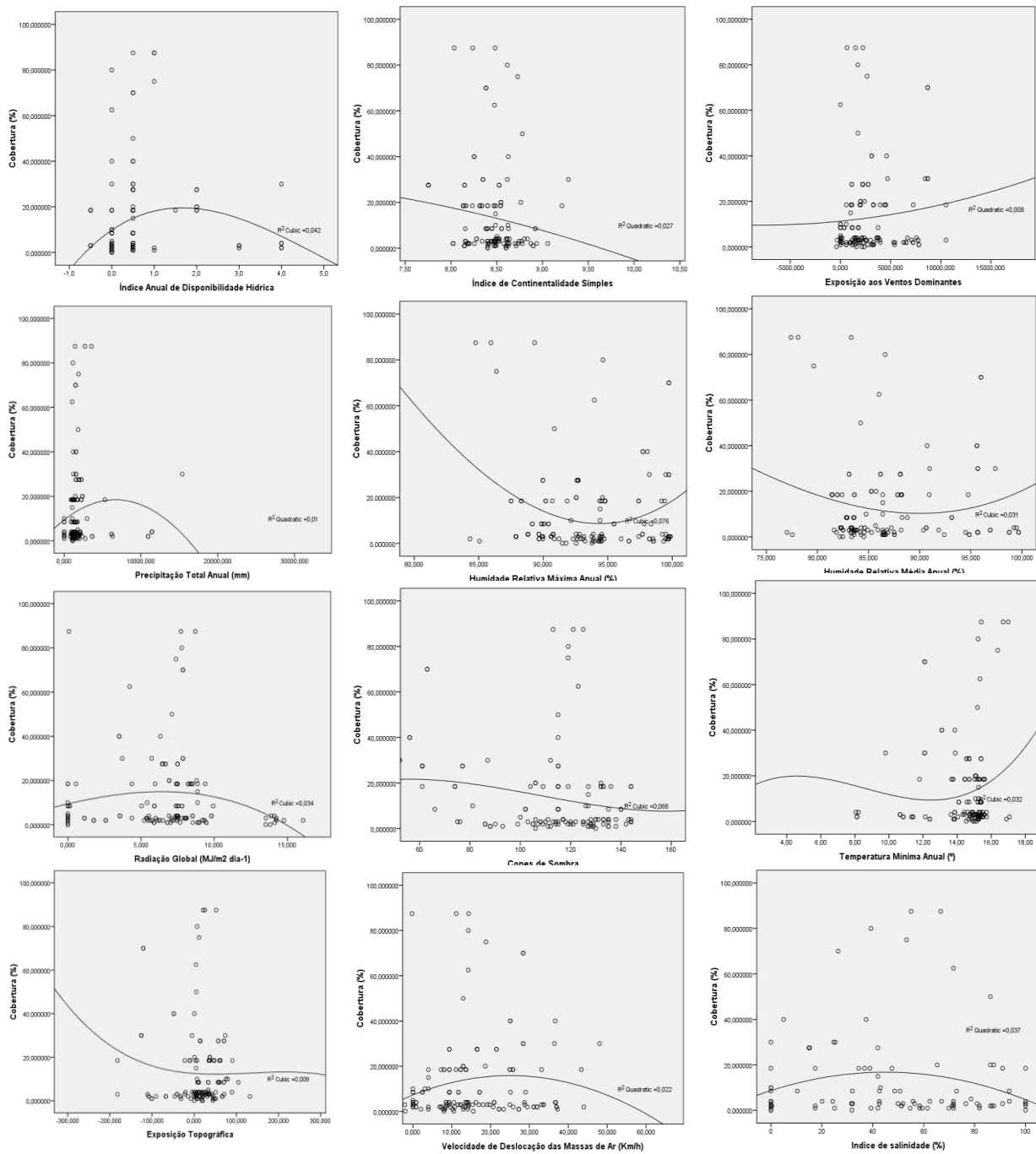
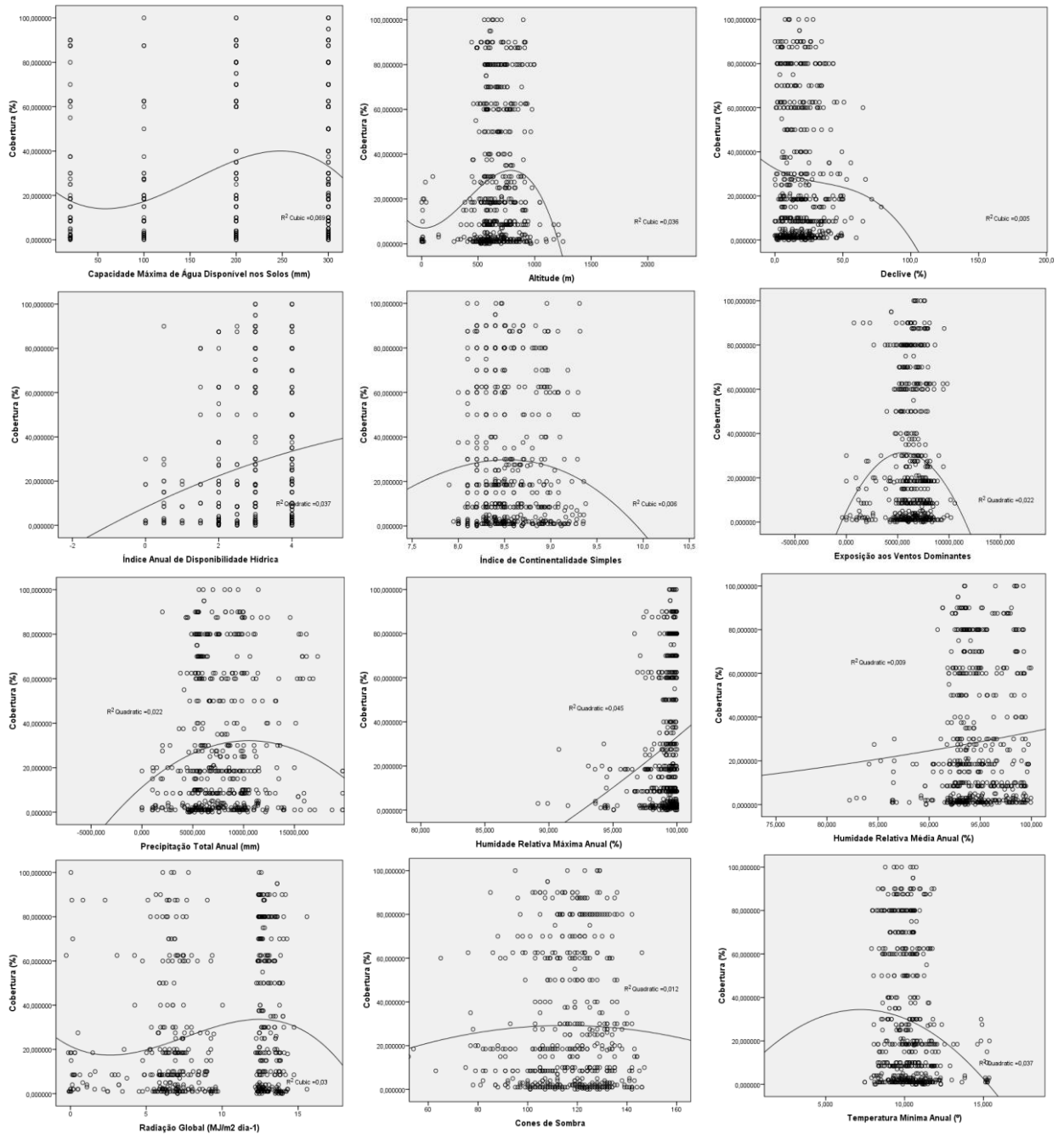


Figura 43 - Curvas de resposta significativa da espécie *Festuca petraea*, ao conjunto das variáveis ambientais (Capacidade máxima de água disponível nos solos; Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Índice de Continentalidade Simples; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Humidade Relativa Máxima Anual; Humidade Relativa Média Anual; Radiação Global; Temperatura Mínima; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade).

■ *Juniperus brevifolia* (Seub.) Antoine:



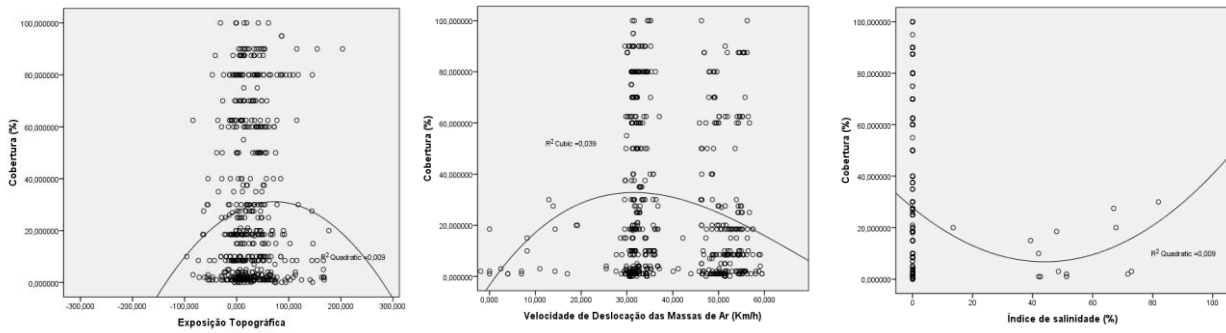
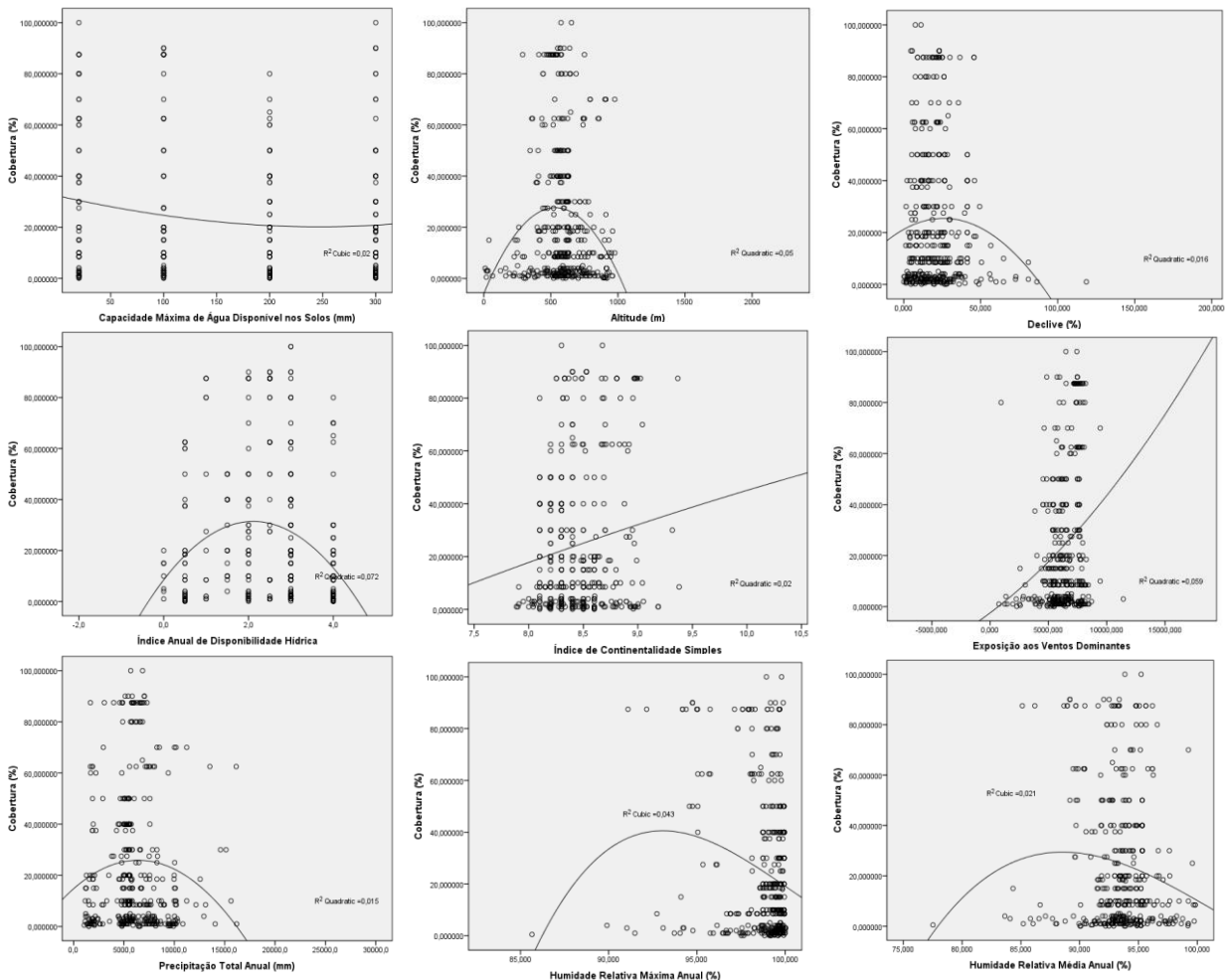


Figura 44 - Curvas de resposta significativa da espécie *Juniperus brevifolia*, ao conjunto das variáveis ambientais (Capacidade máxima de água disponível nos solos; Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Índice de Continentalidade Simples; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Humidade Relativa Máxima Anual; Humidade Relativa Média Anual; Radiação Global; Temperatura Mínima; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade).

■ *Laurus azorica* (Seub.) Franco:



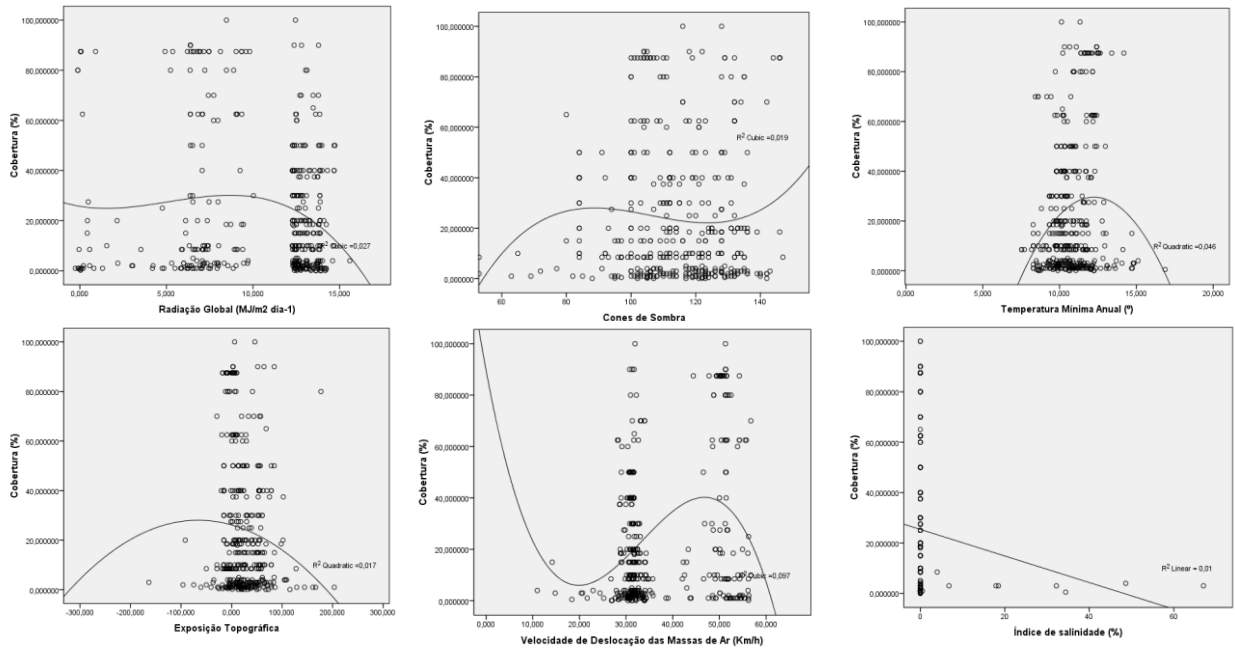
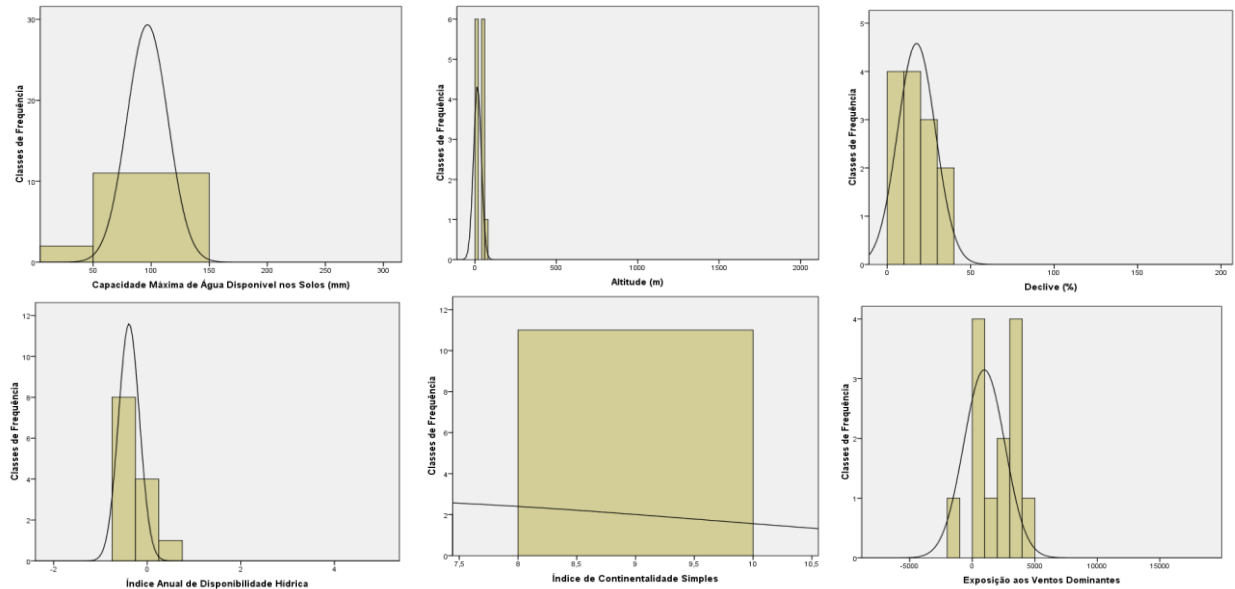


Figura 45 - Curvas de resposta significativa da espécie *Laurus azorica*, ao conjunto das variáveis ambientais (Capacidade máxima de água disponível nos solos; Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Índice de Continentalidade Simples; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Humidade Relativa Máxima Anual; Humidade Relativa Média Anual; Radiação Global; Temperatura Mínima; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade).

■ *Limonium eduardi-diasii* Fdez. Prieto & C. Aguiar:



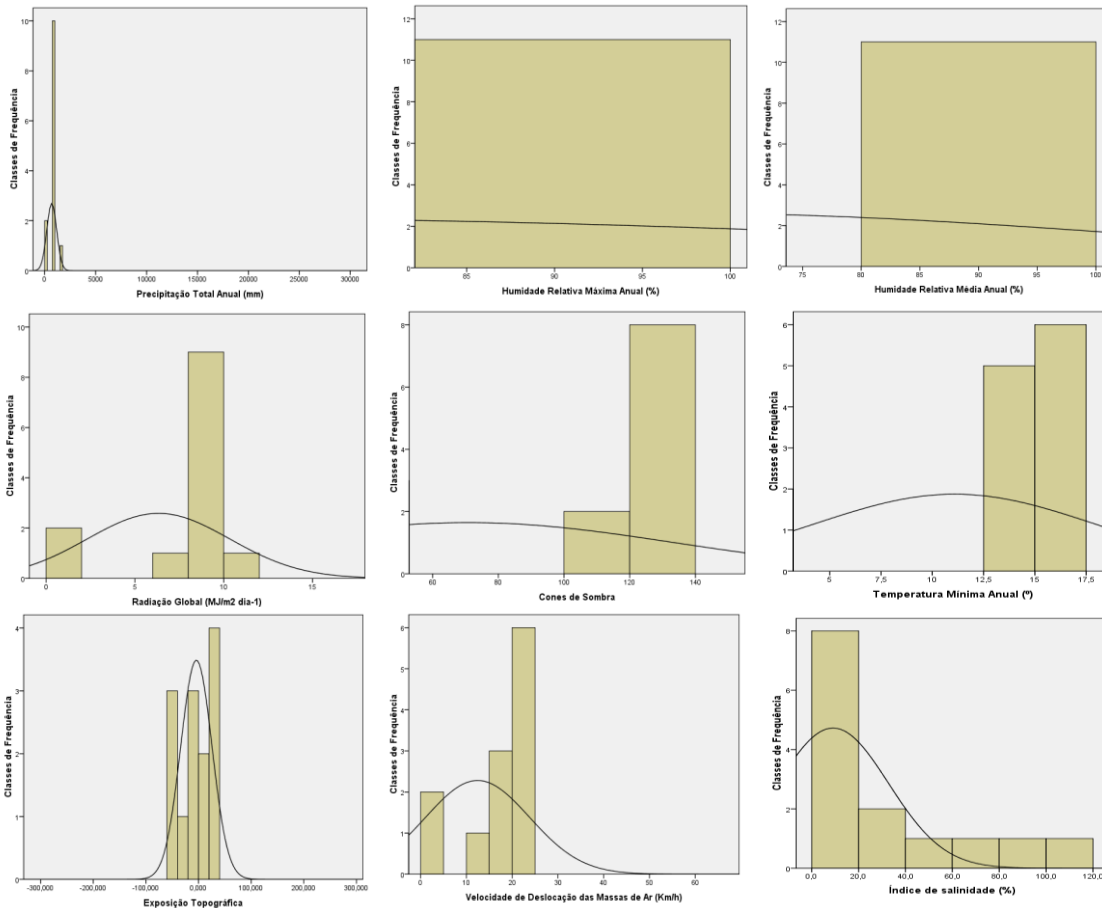
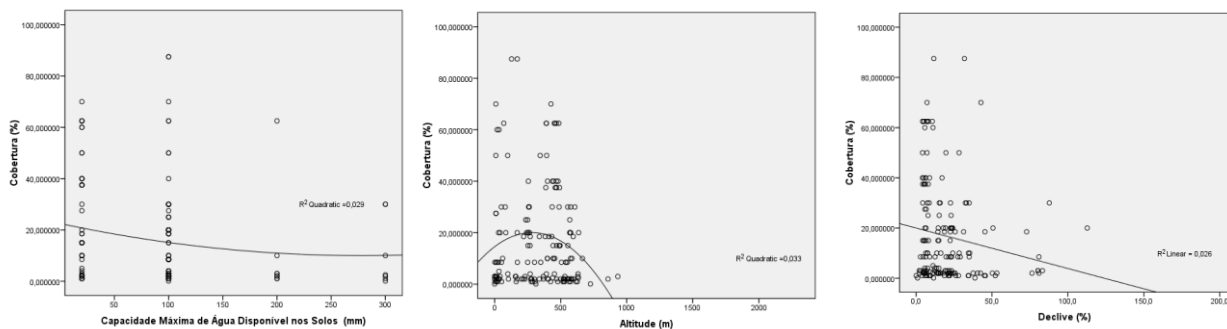


Figura 46 - Curvas de resposta significativa da espécie *Limonium eduardi-diasii*, ao conjunto das variáveis ambientais (Capacidade máxima de água disponível nos solos; Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Índice de Continentalidade Simples; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Humidade Relativa Máxima Anual; Humidade Relativa Média Anual; Radiação Global; Temperatura Mínima; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade).

■ *Myrica faya* Ait.:



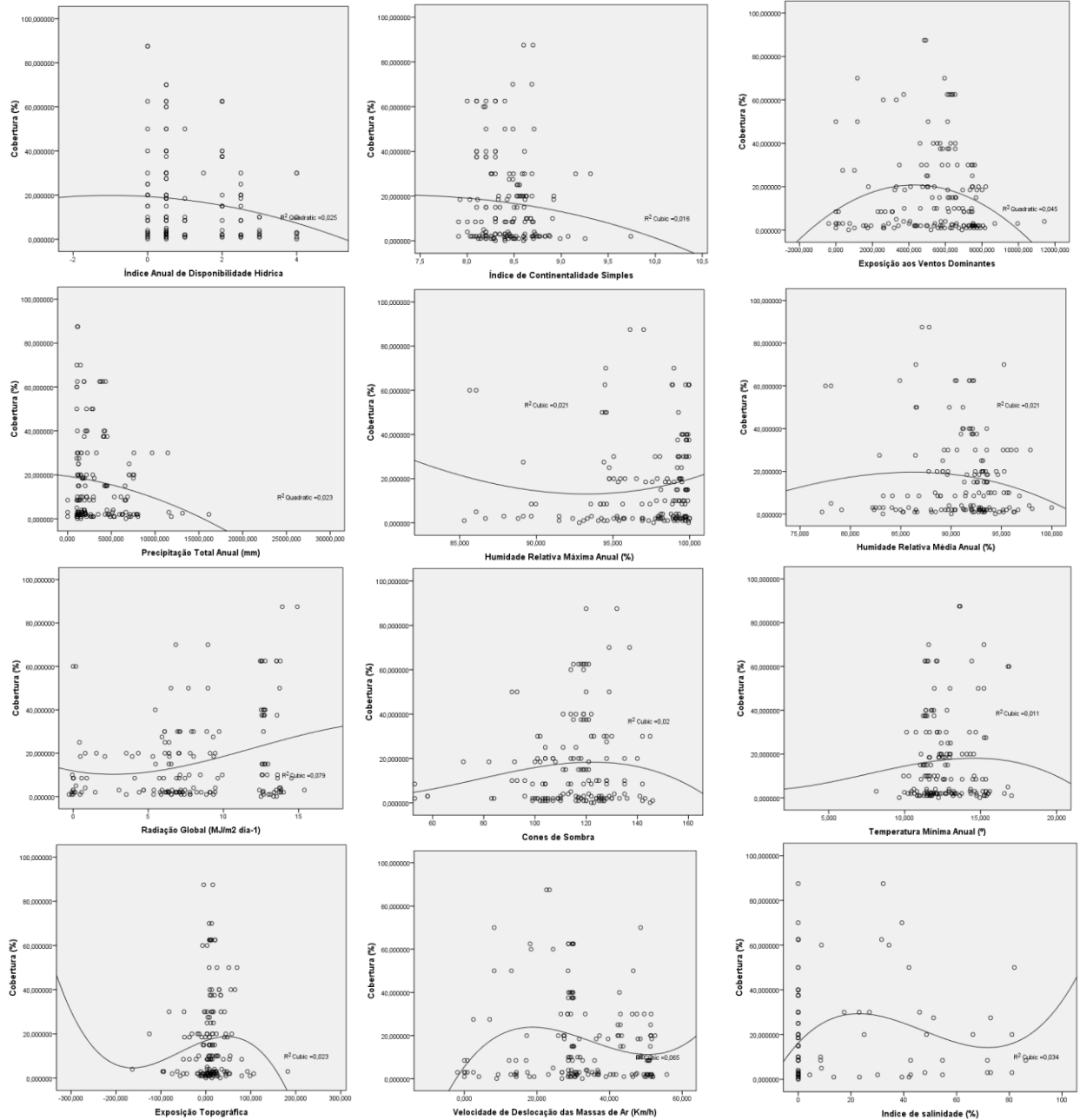
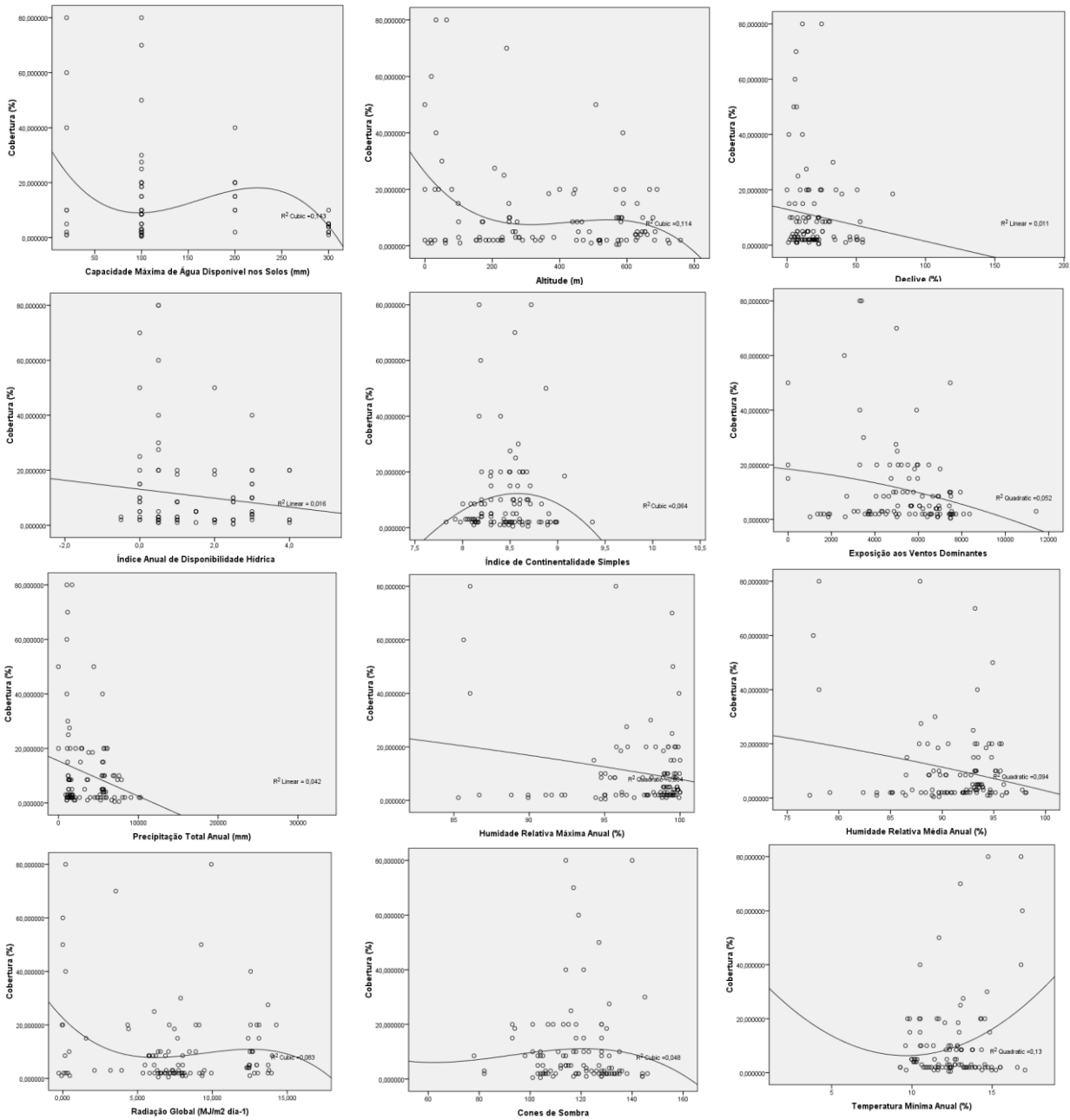


Figura 47 - Curvas de resposta significativa da espécie *Myrica faya*, ao conjunto das variáveis ambientais (Capacidade máxima de água disponível nos solos; Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Índice de Continentalidade Simples; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Humidade Relativa Máxima Anual; Humidade Relativa Média Anual; Radiação Global; Temperatura Mínima; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade).

▪ *Picconia azorica* (Tutin) Knobl.:



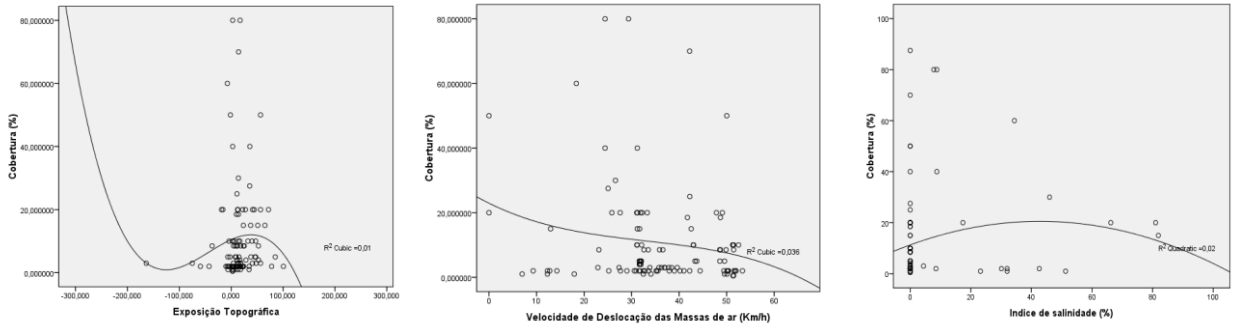
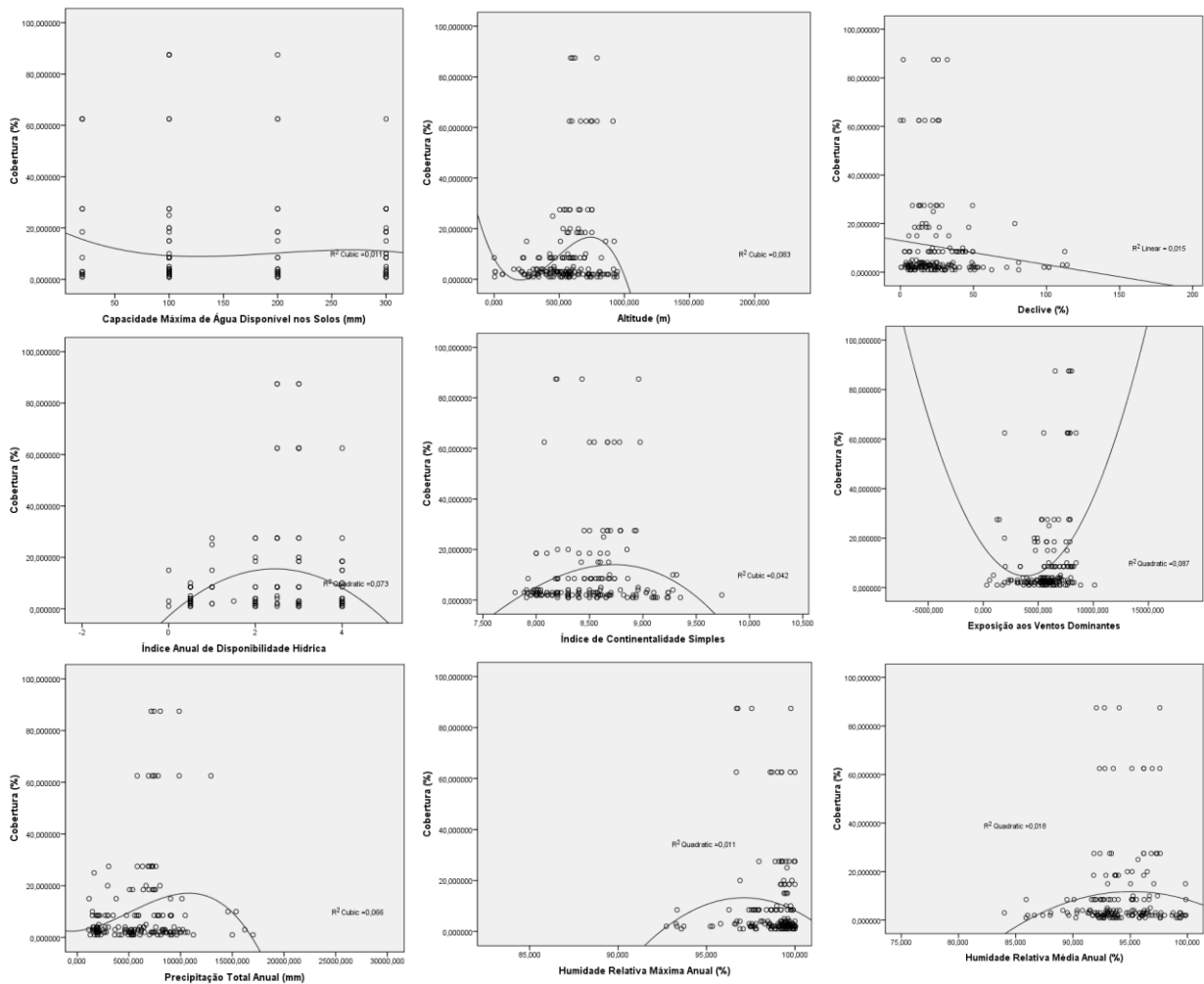


Figura 48 - Curvas de resposta significativa da espécie *Picconia azorica*, ao conjunto das variáveis ambientais estudadas (Capacidade máxima de água disponível nos solos; Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Índice de Continentalidade Simples; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Humidade Relativa Máxima Anual; Humidade Relativa Média Anual; Radiação Global; Temperatura Mínima; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade).

■ *Woodwardia radicans* (L.) J. E. Sm.:



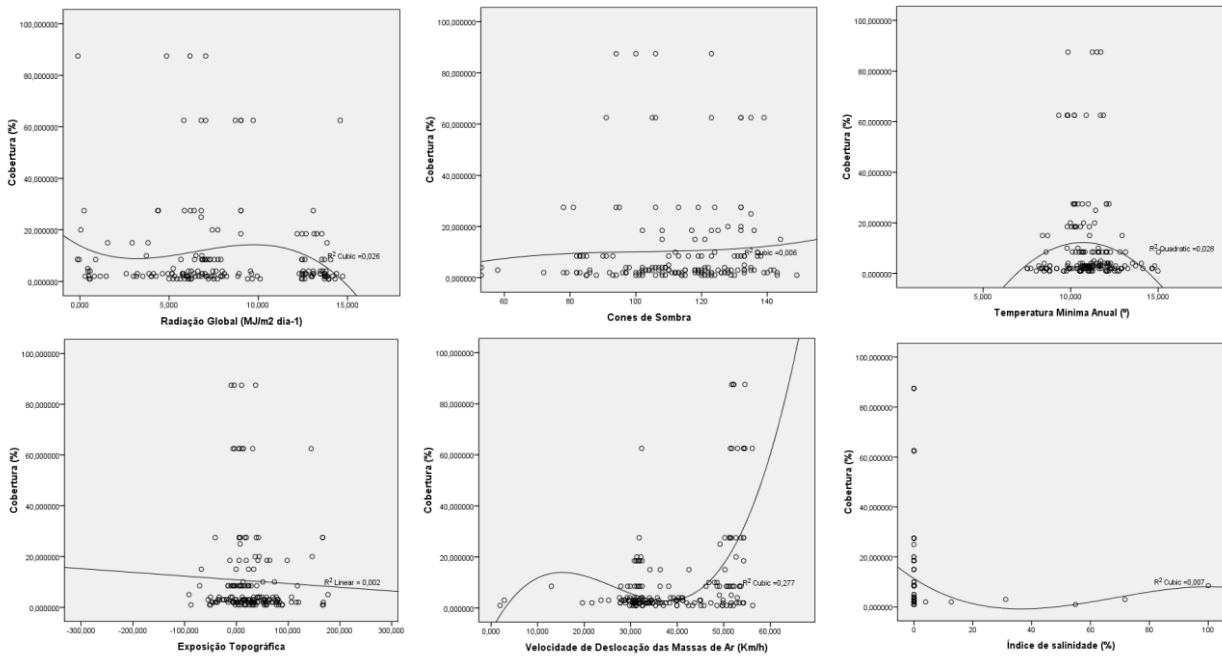


Figura 49 - Curvas de resposta significativa da espécie *Woodwardia radicans*, ao conjunto das variáveis ambientais estudadas (Capacidade máxima de água disponível nos solos; Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Índice de Continentalidade Simples; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Humidade Relativa Máxima Anual; Humidade Relativa Média Anual; Radiação Global; Temperatura Mínima; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade).

No passo seguinte, foram analisadas as curvas que melhor explicam o pacote de espécies em estudo, no seu conjunto, dado a necessidade prática de aplicar um único pacote, o mais restrito possível, na área em estudo. Optou-se por um modelo de selecção expresso na tabela que se segue e que evidencia as variáveis mais explicativas. Passam então a ser estas que, no conjunto melhor explicam as tendências ecológicas do pacote de espécies e, portanto passam sendo estas a ser seleccionadas e utilizadas em todas as análises seguintes.

Tabela 7 - Selecção das variáveis ambientais com curva de resposta às espécies (*Asplenium marinum*; *Azorina vidalii*; *Erica azorica*; *Euphorbia azorica*; *Festuca francoi*; *Festuca petraea*; *Juniperus brevifolia*; *Laurus azorica*; *Limonium eduardi-diasii*; *Myrica faya*; *Picconia azorica*; *Woodwardia radicans*) mais explicativas e pertinentes (cor azul).

	Asp.	Azor.	Eric.	Euph.	Fest. fr.	Fest.pet.	Junip.	Laur.	Limon.	Myr.	Piccon.	Woodw.
Capacidade Máxima de Água Disp. nos Solos												
Altitude												
Declive												
Índice Anual Disponib. Hídrica												
Índice de Continentalidade												
Exposição Ventos Dominantes												
Precipitação Total Anual												
Humidade Relat. Máxima												
Humidade Relat. Média												
Radiação Global												
Cones de Sombra												
Temperat. Mínima												
Topex												
Velocidade Deslocação Massas de Ar												
Índice de Salinidade												

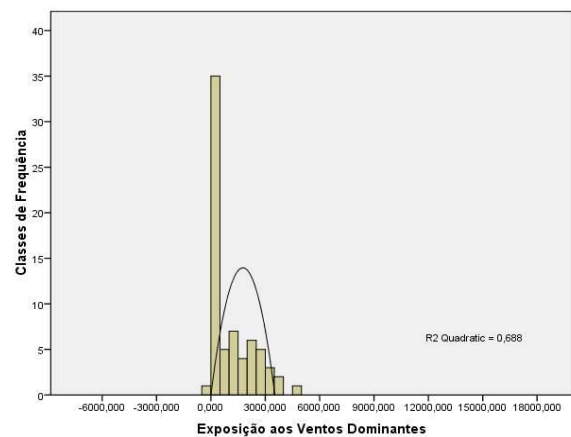
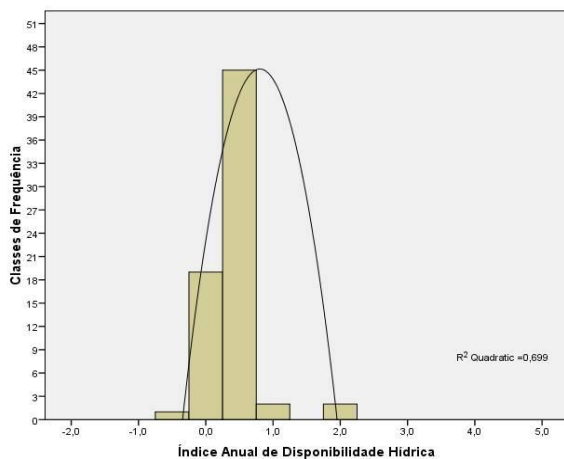
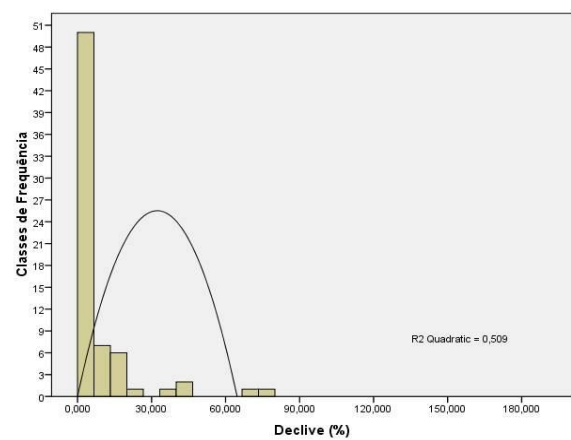
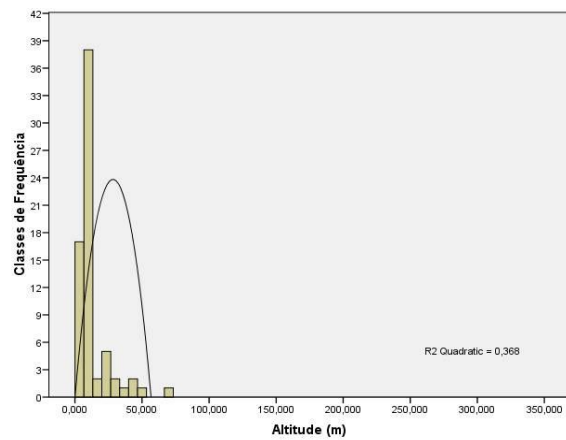
Deste modo, e pela análise da **tabela 7**, os factores ambientais seleccionados para o estudo do óptimo ecológico das espécies vegetais são os seguintes:

- Altitude;
- Declive;
- Índice Anual de Disponibilidade Hídrica;
- Exposição aos Ventos Dominantes;
- Precipitação Total Anual;
- Temperatura Mínima;
- Exposição Topográfica;
- Velocidade de Deslocação das Massas de Ar;
- Índice de Salinidade.

No entanto, e dada a natureza da obra, ou seja, uma zona costeira e de falésia rochosa, o declive, a altitude e o índice de salinidade, são determinantes para o êxito da renaturalização. Enquanto que a Temperatura Mínima e o Índice Anual de Disponibilidade Hídrica foram seleccionados estrategicamente, dado serem factores importantes para a análise global do habitat de cada espécie.

Para clarificação das tendências das variáveis ambientais, uniformizou-se cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.

■ ***Asplenium marinum* L.:**



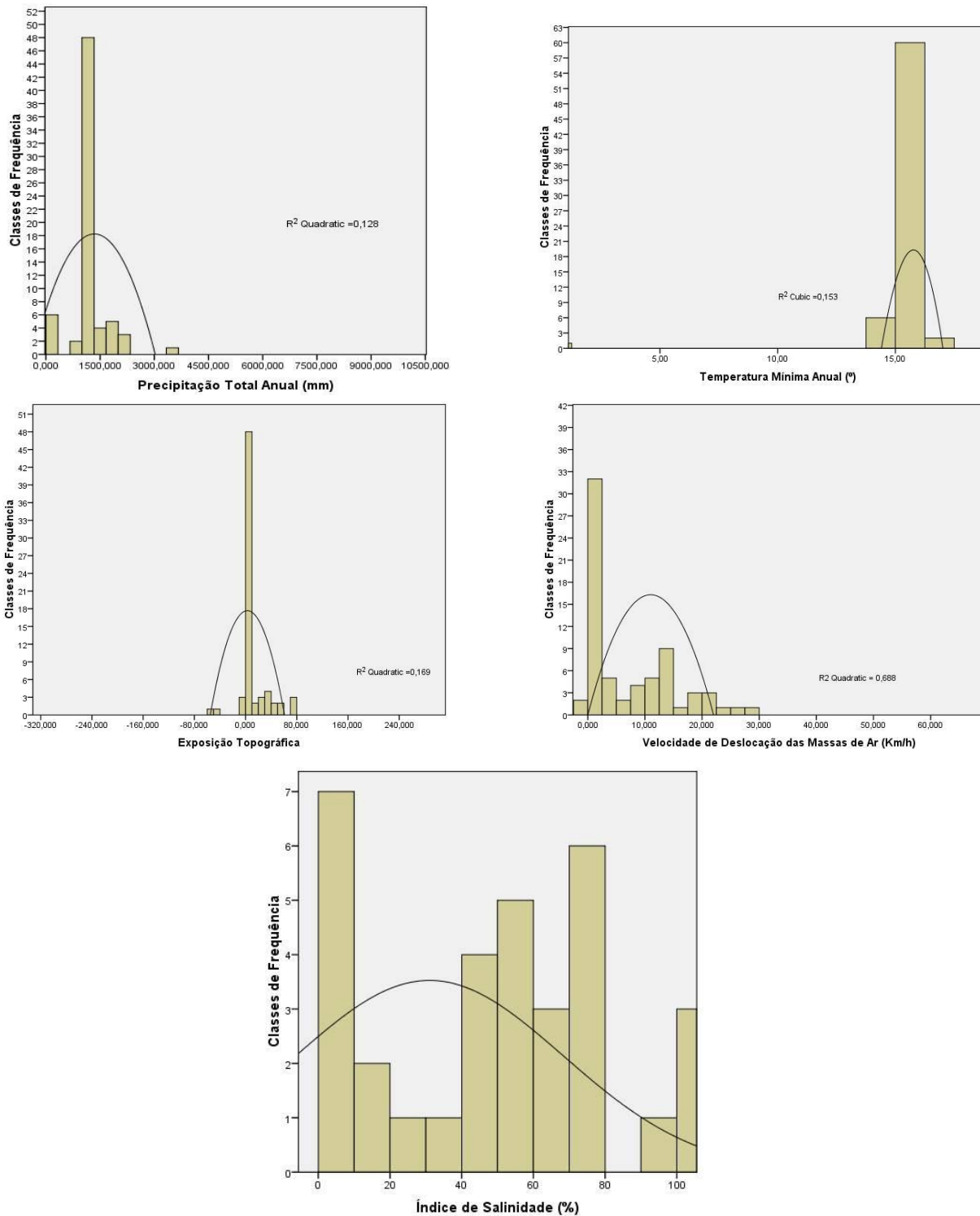
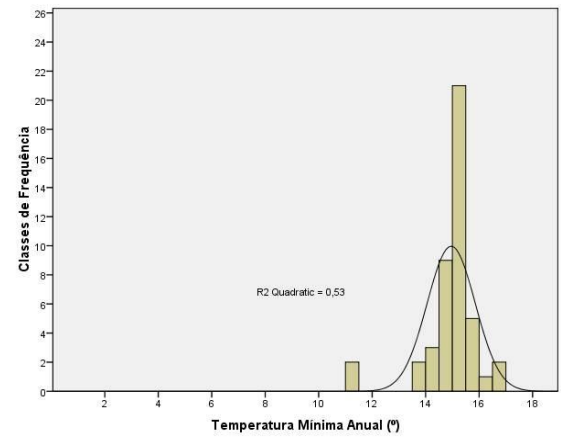
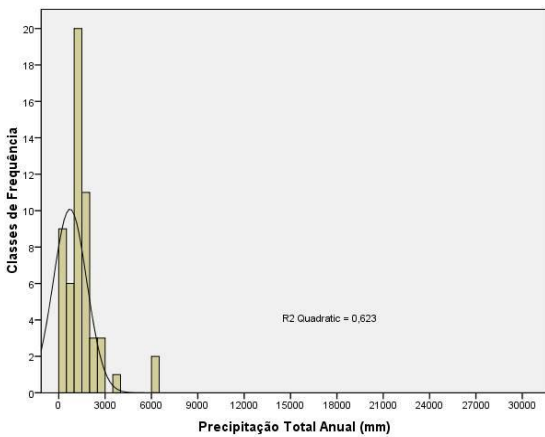
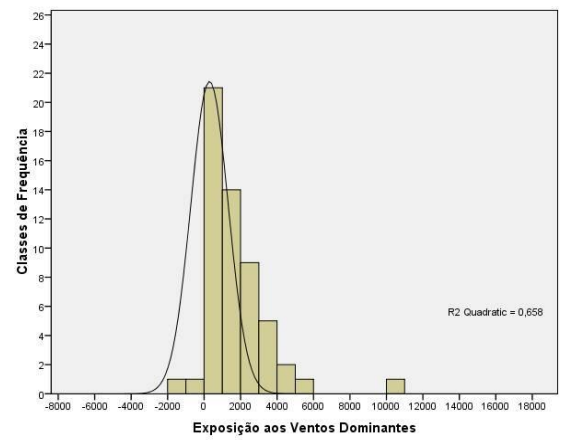
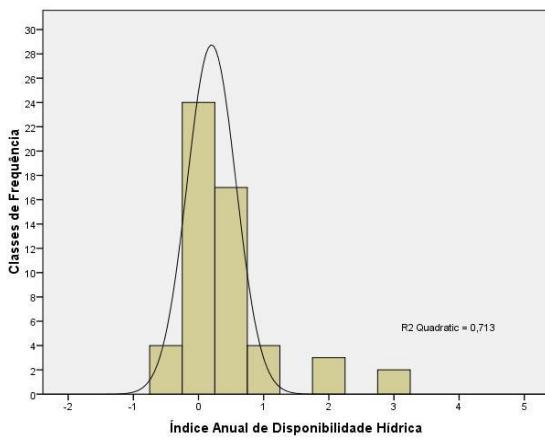
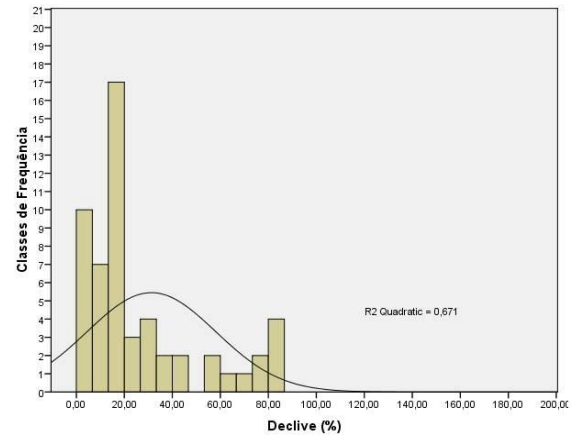
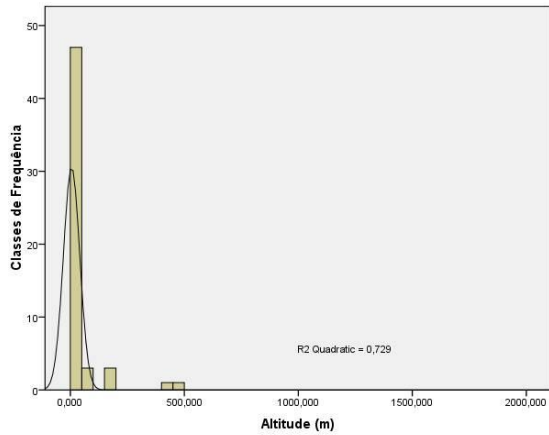


Figura 50 - Curvas de resposta significativa da espécie *Asplenium marinum*, ao conjunto das variáveis ambientais seleccionadas na Tabela 7 (Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar e Índice de Salinidade), em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.

▪ ***Azorina vidalii* (Wats.) Feer:**



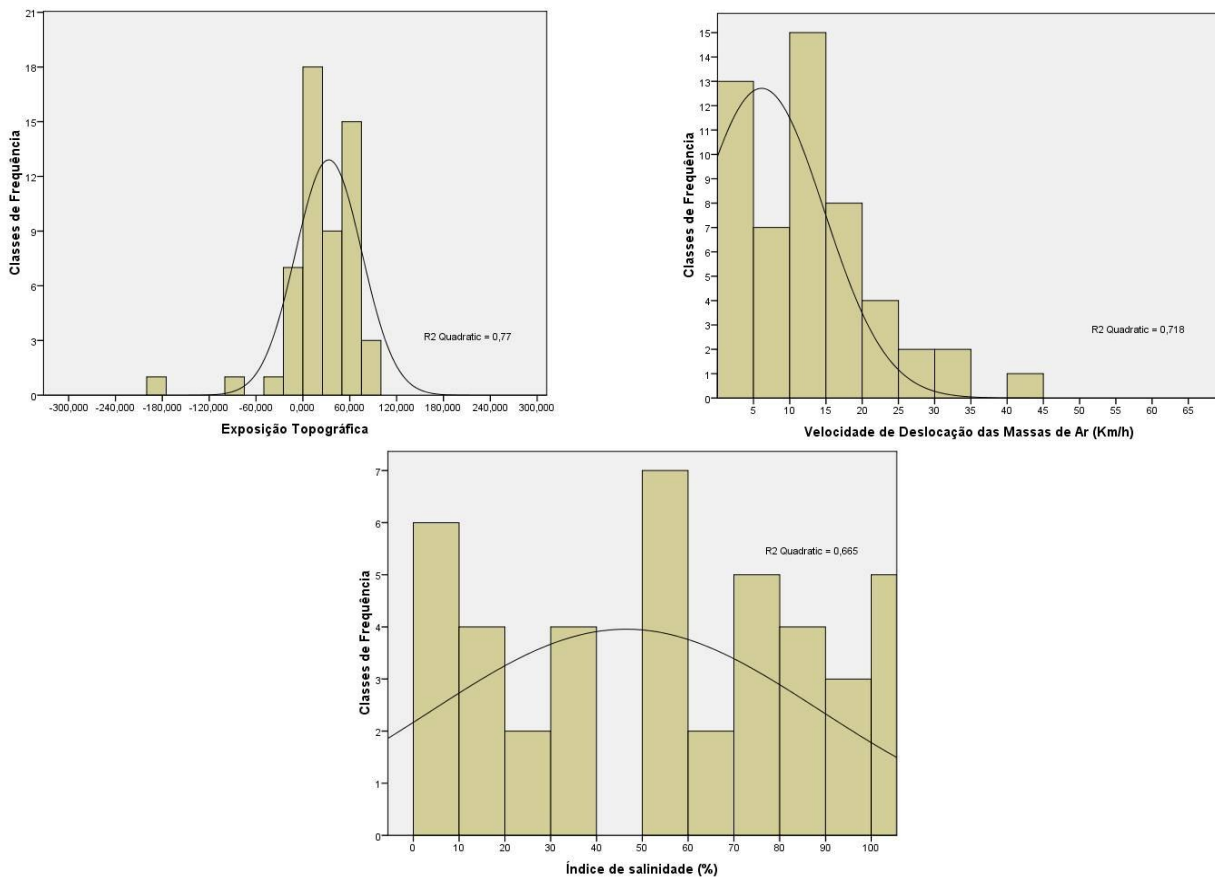
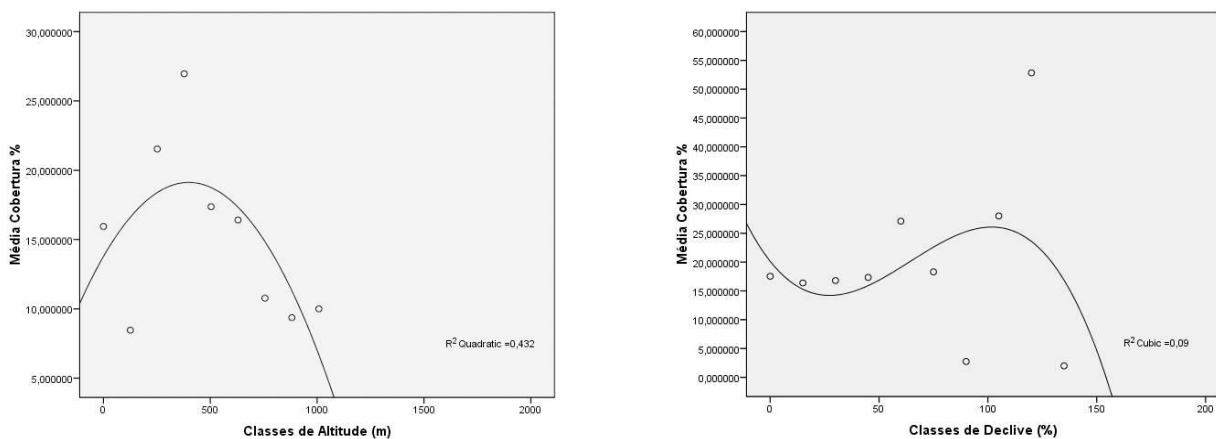


Figura 51 - Curvas de resposta significativa da espécie *Azorina vidalii*, ao conjunto das variáveis ambientais seleccionadas na Tabela 7 (Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar e Índice de Salinidade), em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.

▪ *Erica azorica* Hochst:



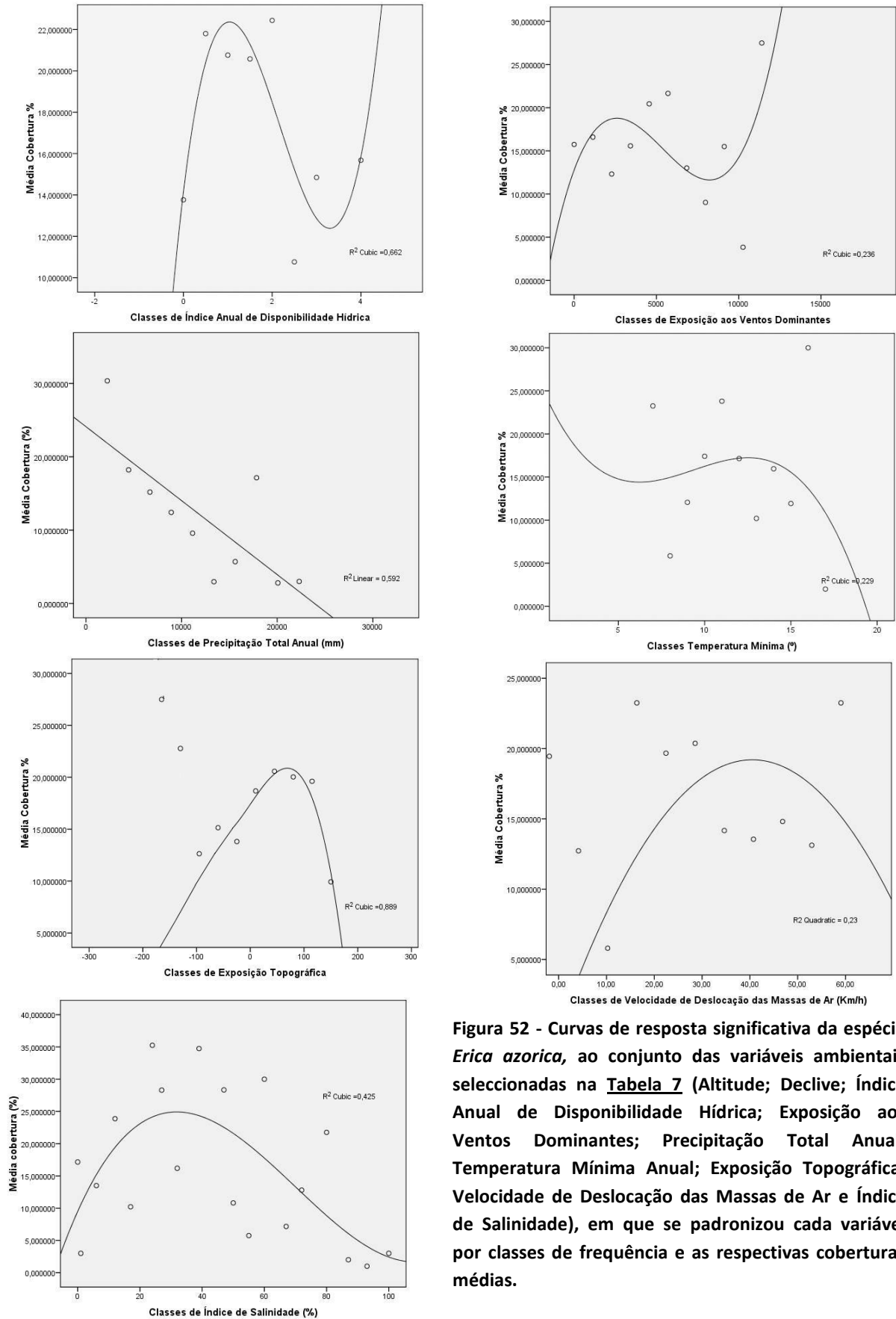
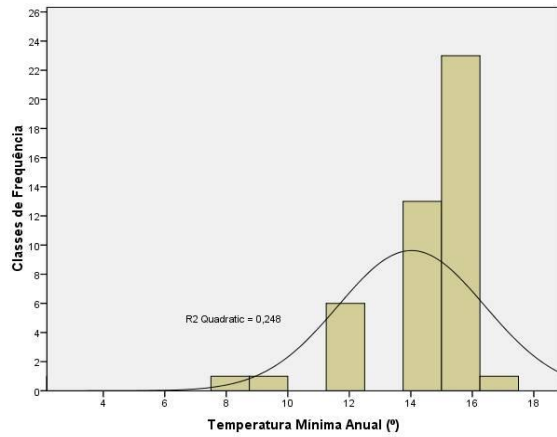
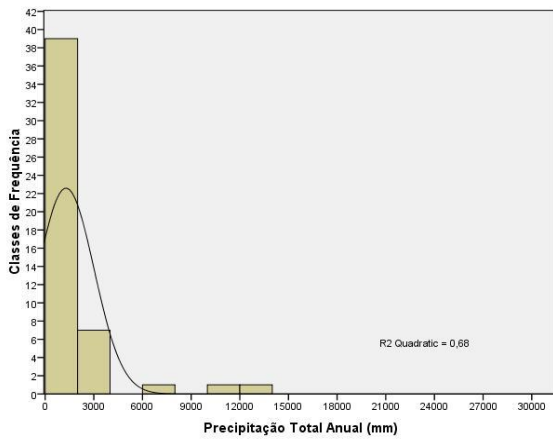
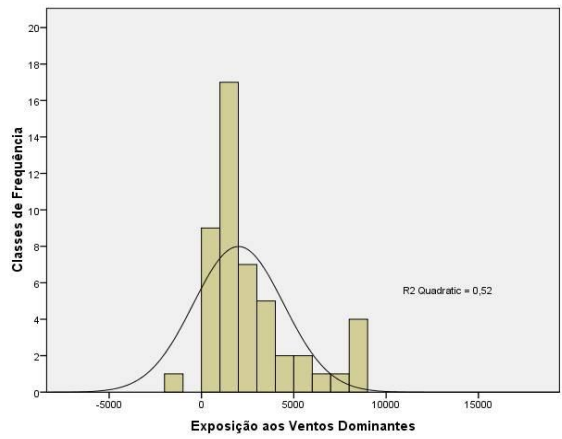
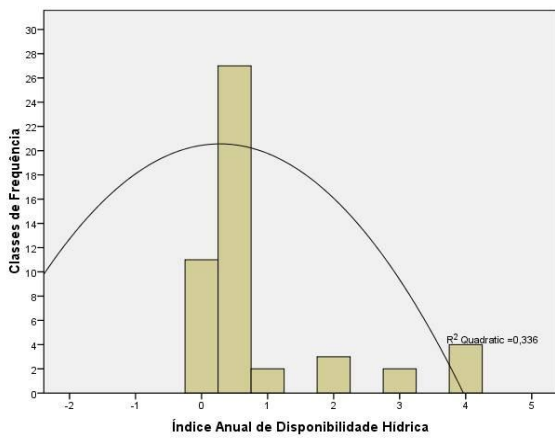
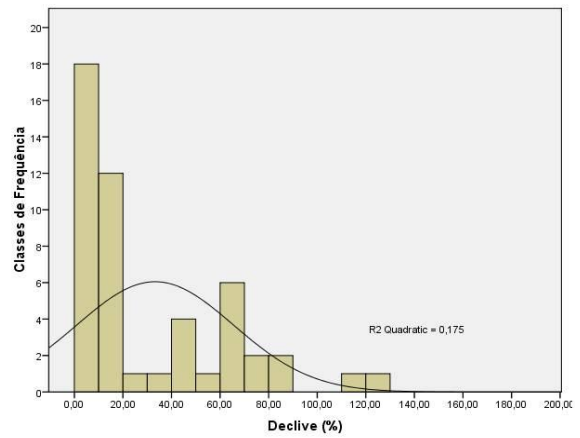
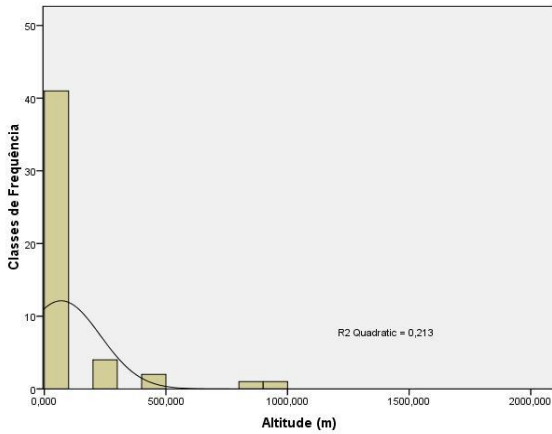


Figura 52 - Curvas de resposta significativa da espécie *Erica azorica*, ao conjunto das variáveis ambientais seleccionadas na Tabela 7 (Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar e Índice de Salinidade), em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.

▪ *Euphorbia azorica* Seub.:



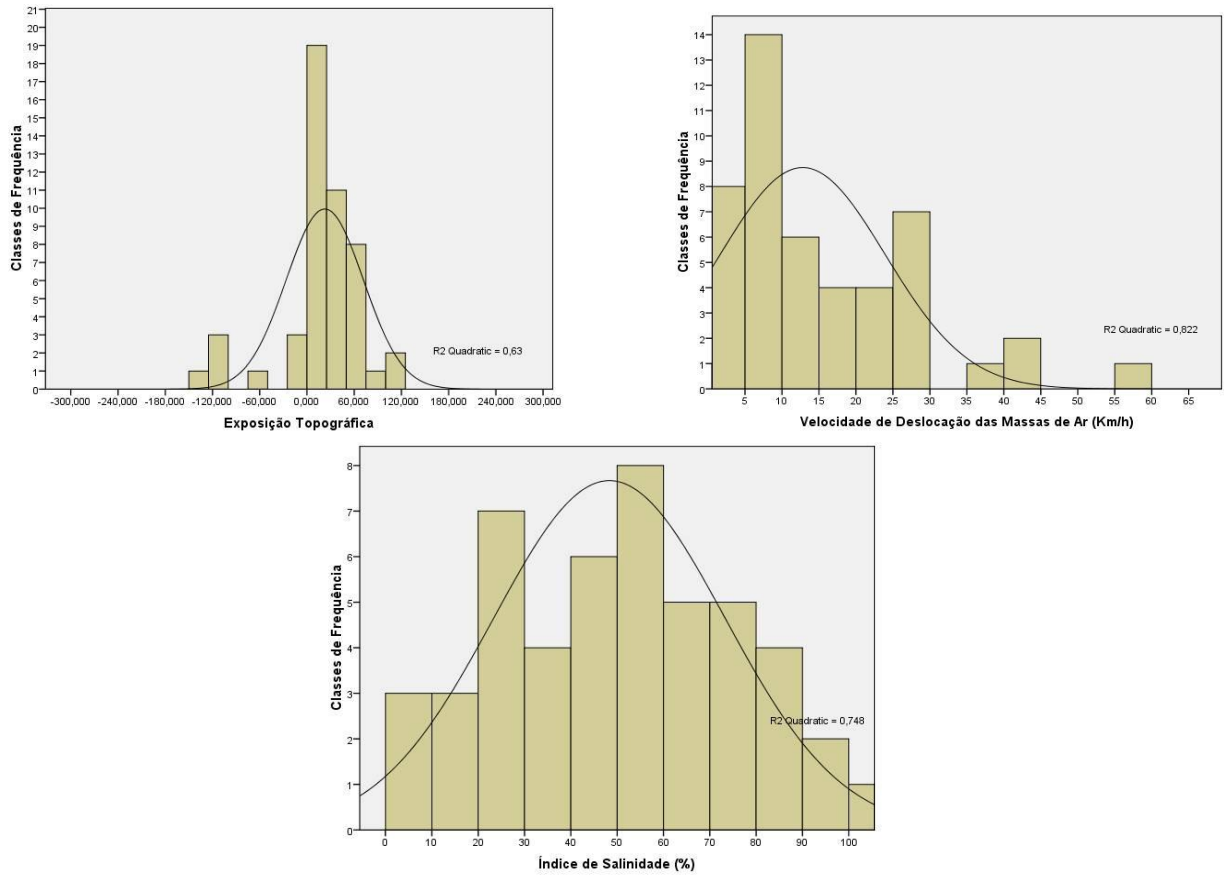
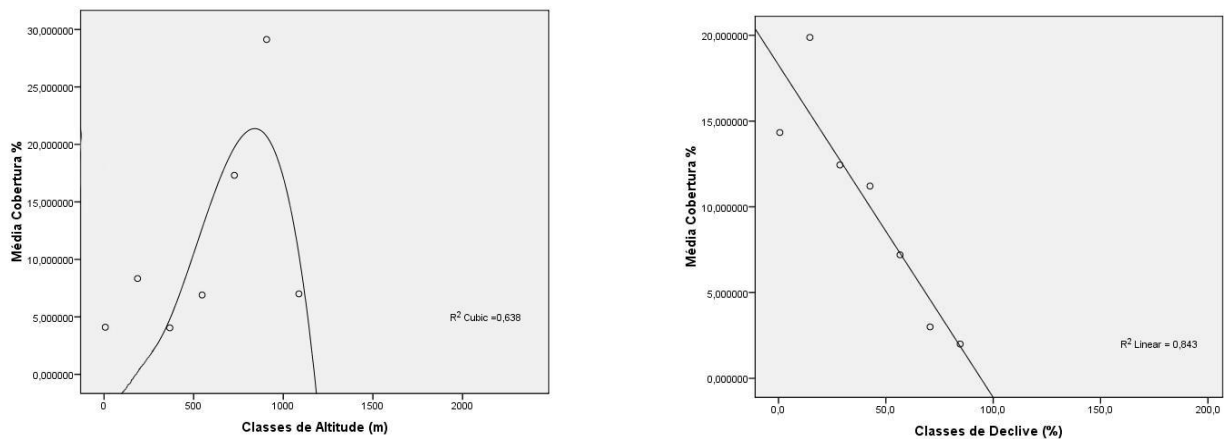


Figura 53- Curvas de resposta significativa da espécie *Euphorbia azorica*, ao conjunto das variáveis ambientais seleccionadas na Tabela 7 (Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar e Índice de Salinidade), em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.

▪ *Festuca francoi* Fdez. Prieto, C. Aguiar & E. Dias:



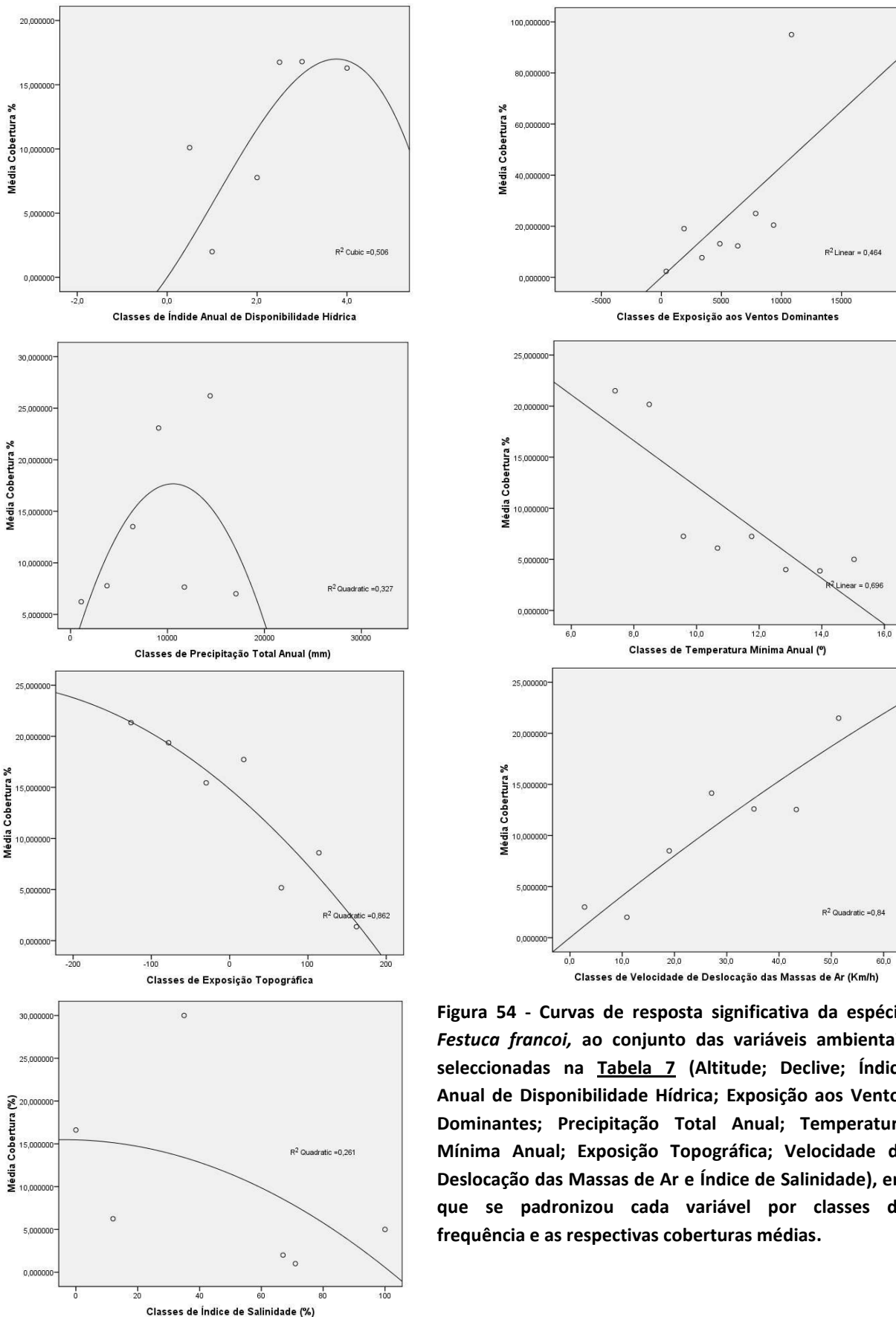
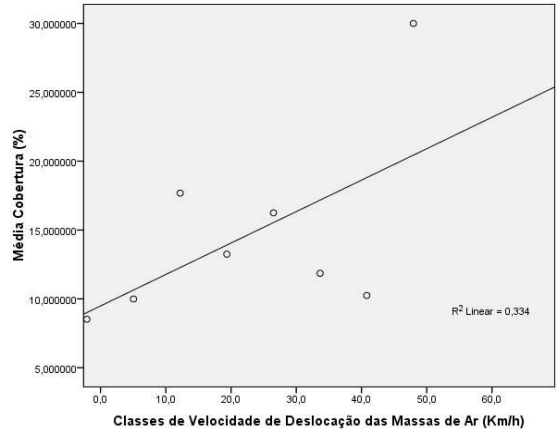
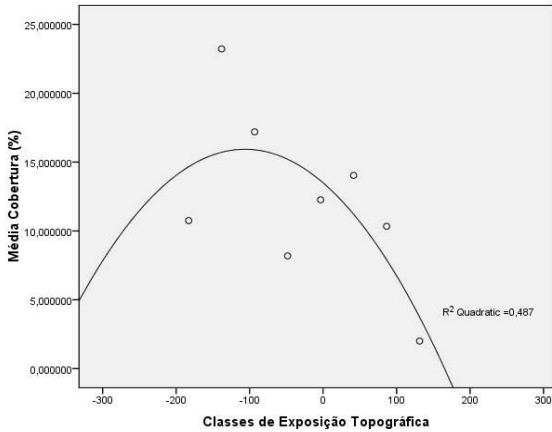
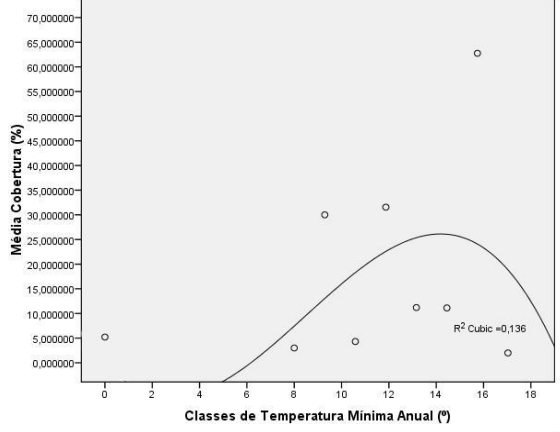
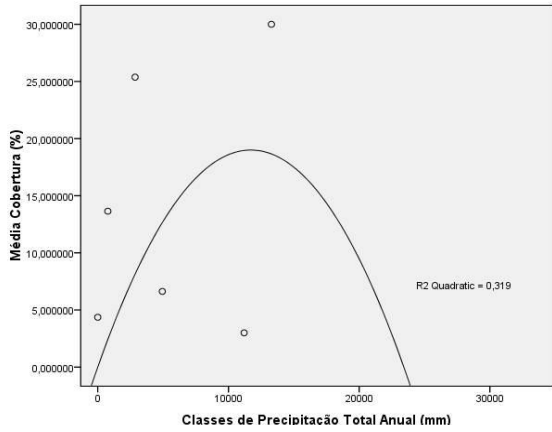
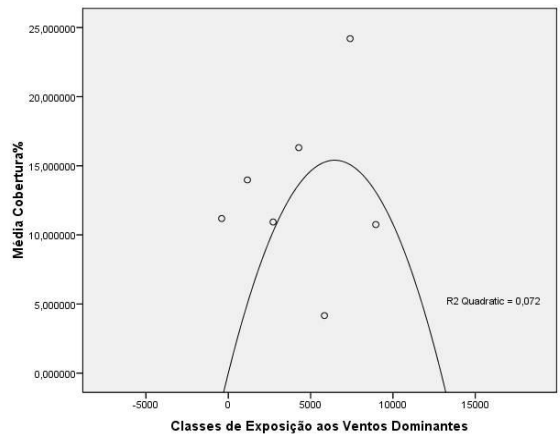
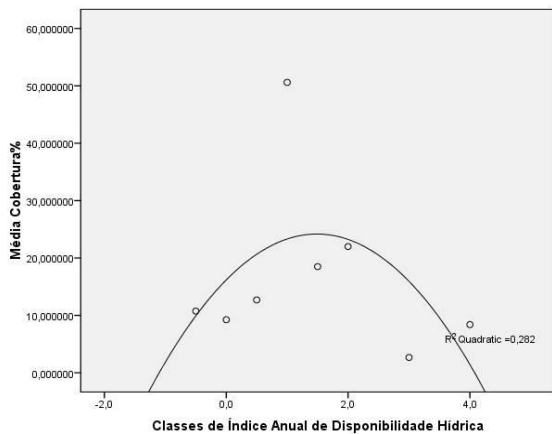
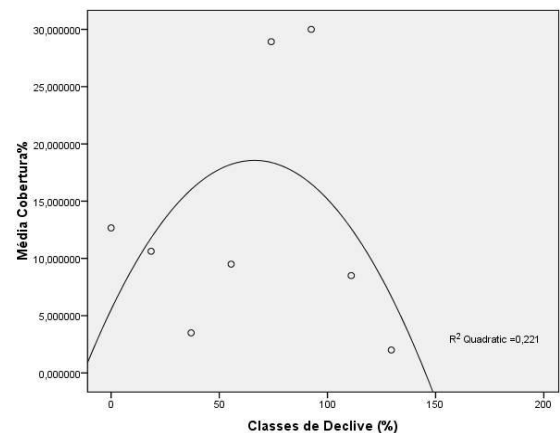
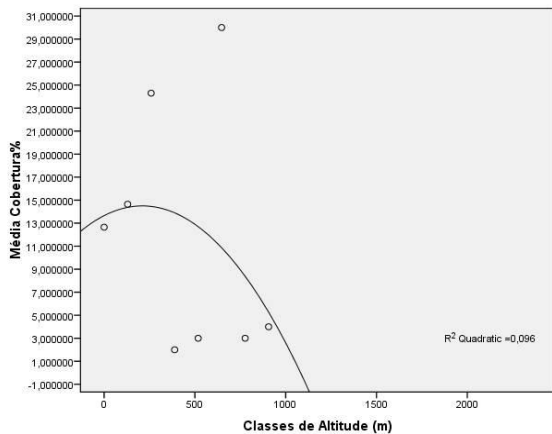


Figura 54 - Curvas de resposta significativa da espécie *Festuca francoi*, ao conjunto das variáveis ambientais seleccionadas na Tabela 7 (Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar e Índice de Salinidade), em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.

■ ***Festuca petraea* Guthn. ex Seub.:**



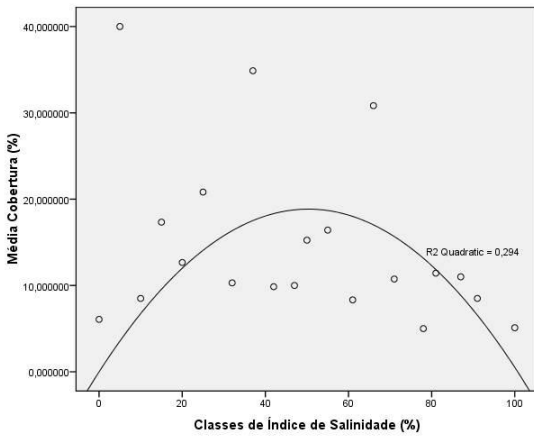
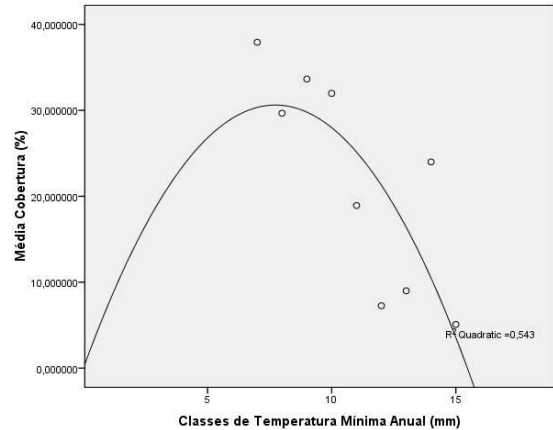
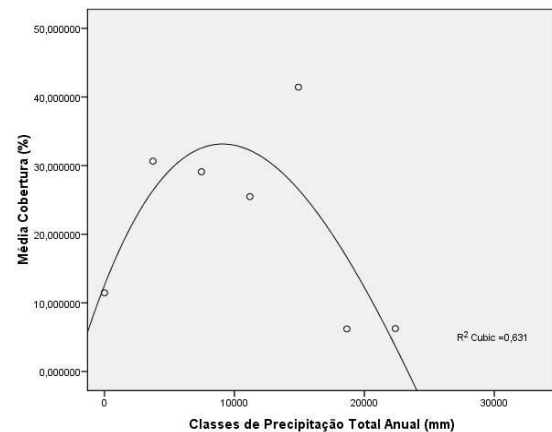
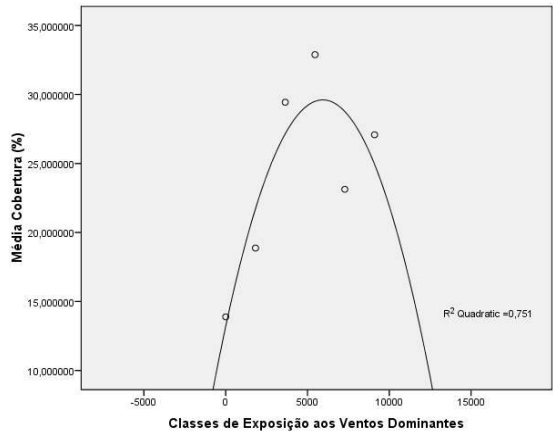
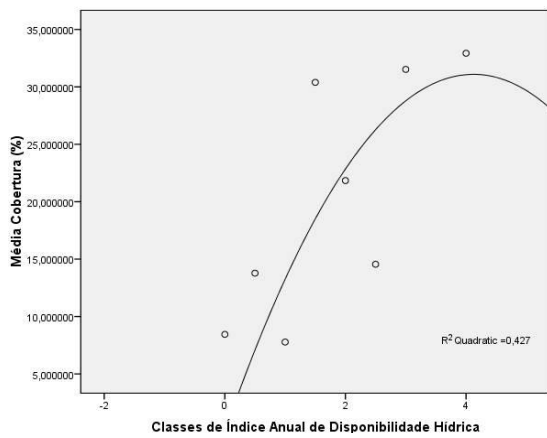
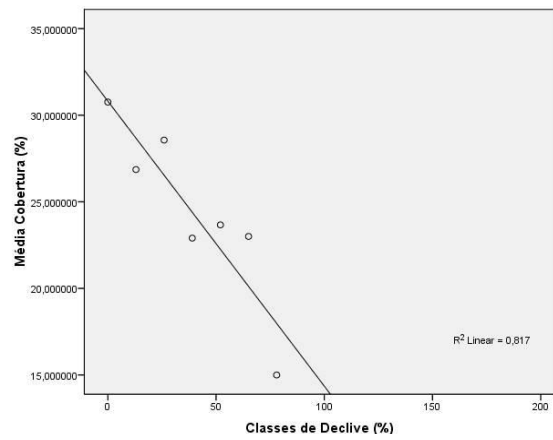
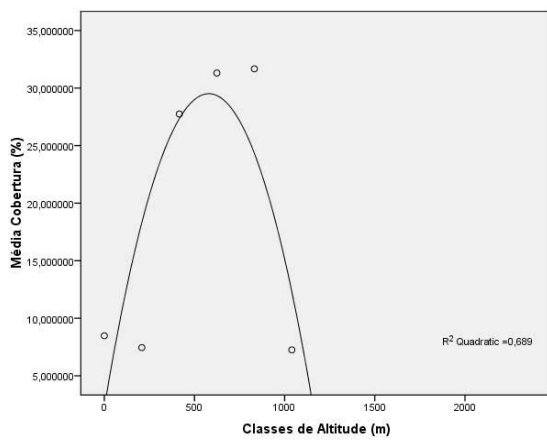


Figura 55 - Curvas de resposta significativa da espécie *Festuca petraea*, ao conjunto das variáveis ambientais seleccionadas na Tabela 7 (Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar e Índice de Salinidade), em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.

■ *Juniperus brevifolia* (Seub.) Antoine:



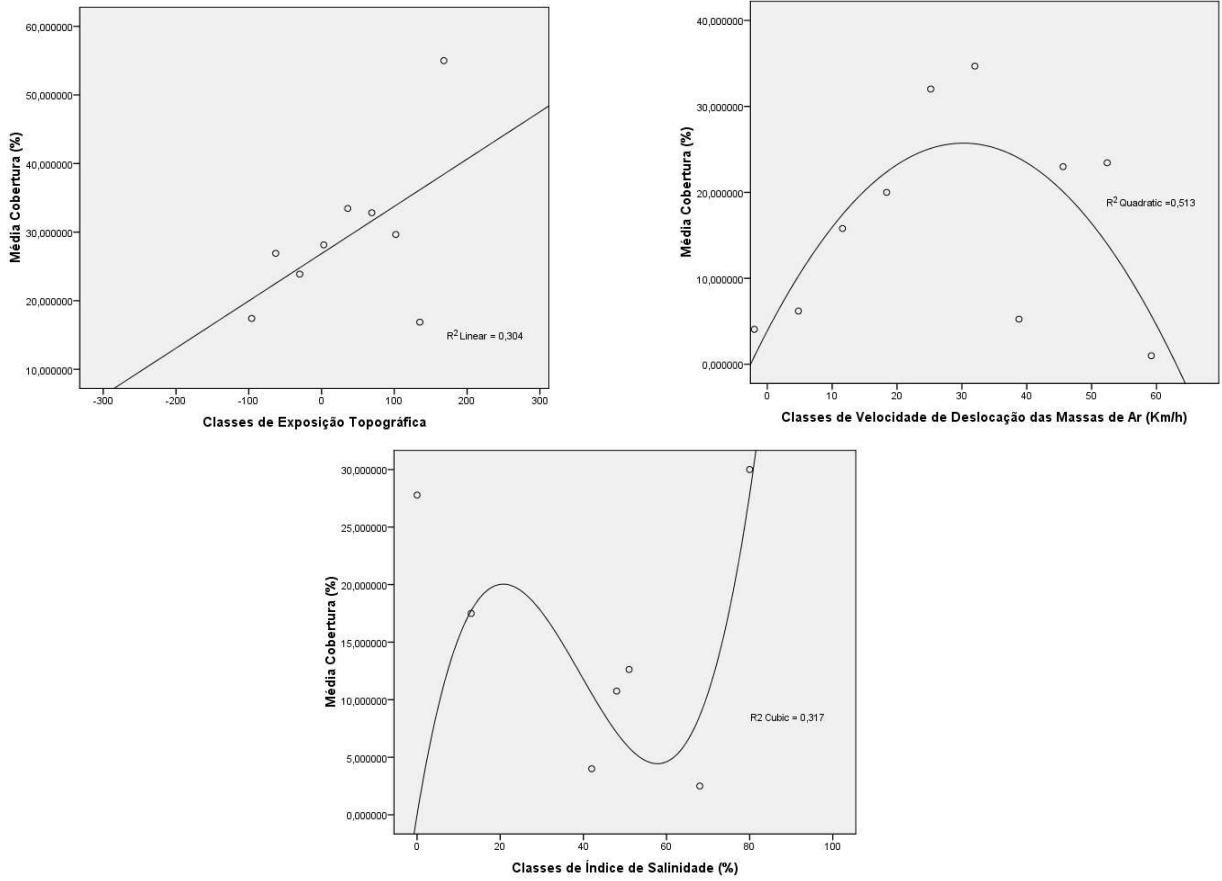
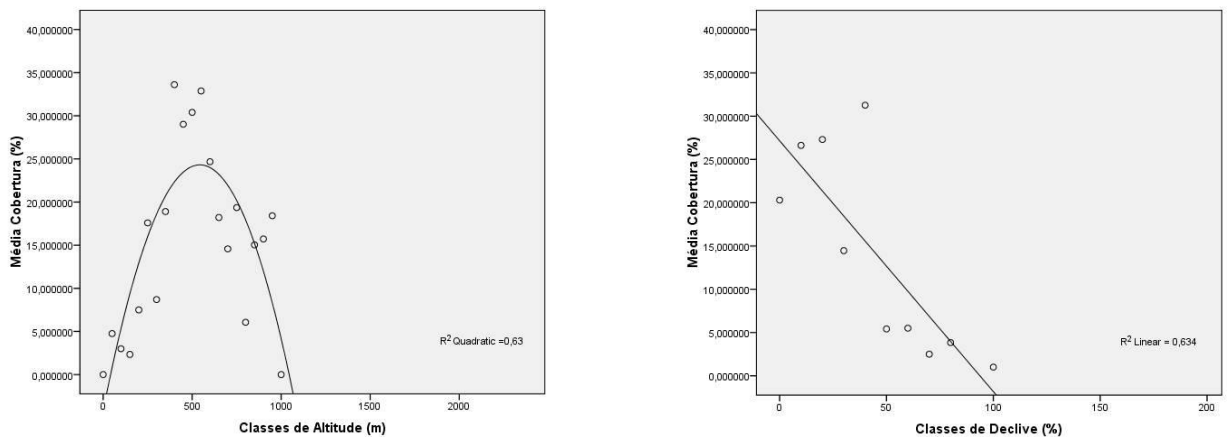


Figura 56 - Curvas de resposta significativa da espécie *Juniperus brevifolia*, ao conjunto das variáveis ambientais seleccionadas na Tabela 7 (Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar e Índice de Salinidade), em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.

▪ *Laurus azorica* (Seub.) Franco:



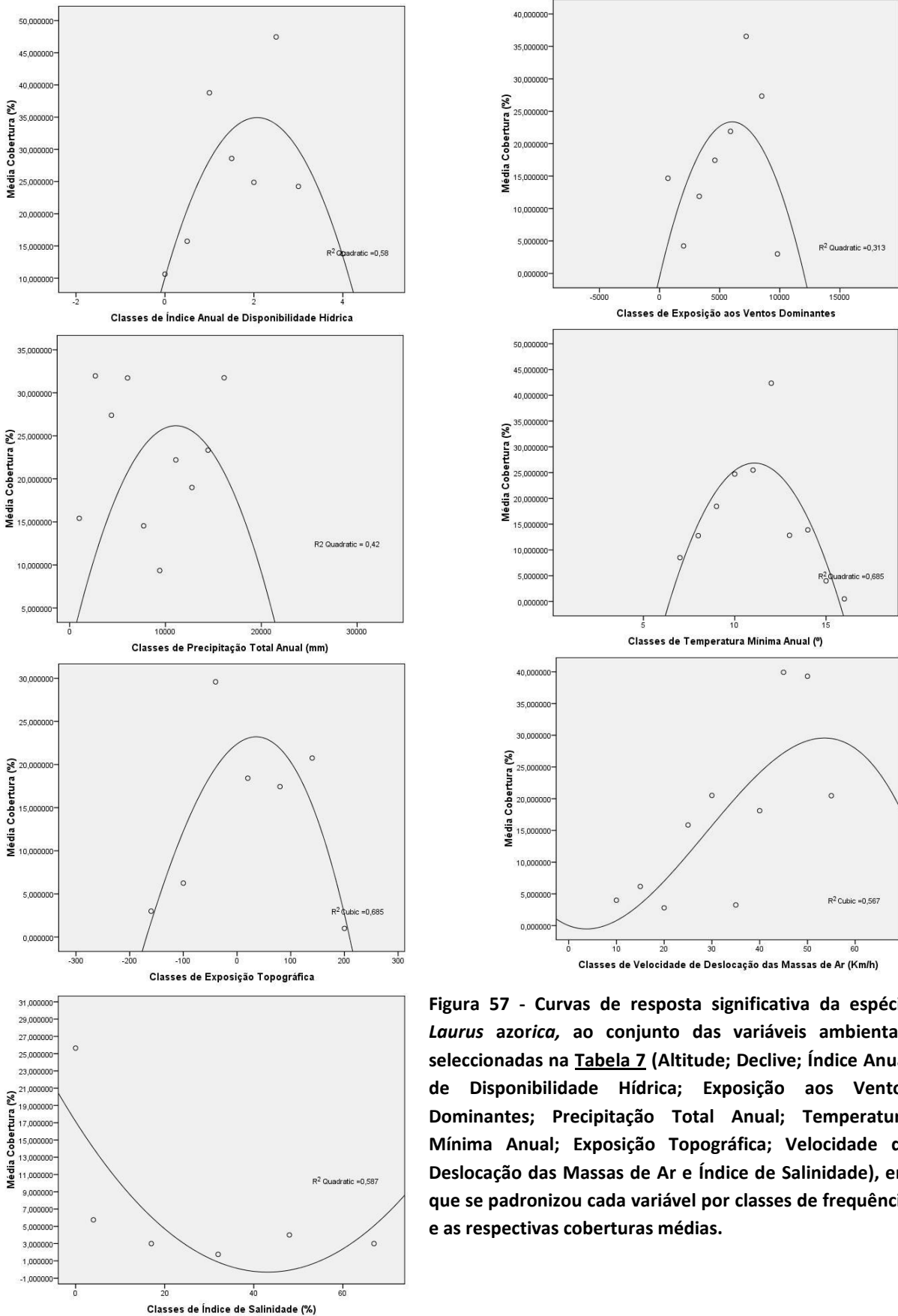
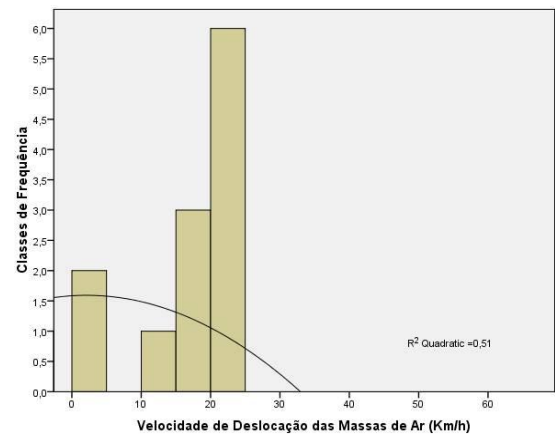
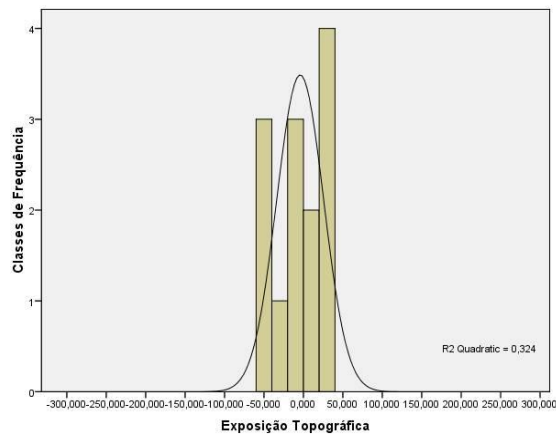
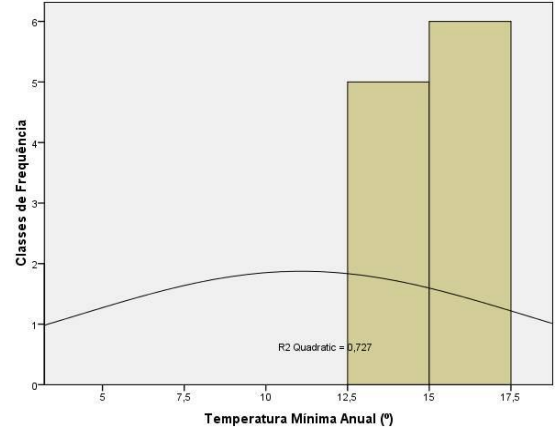
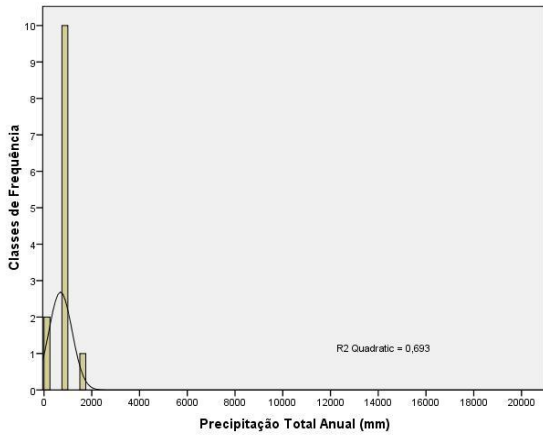
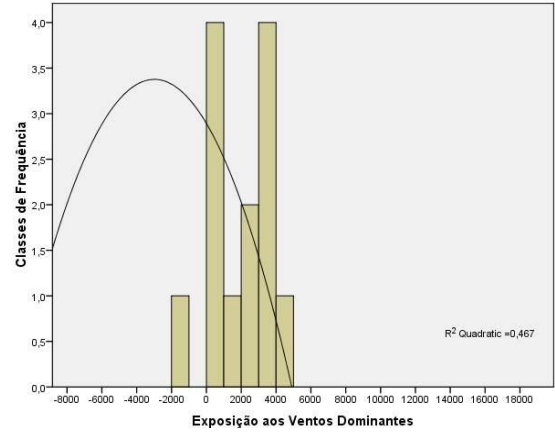
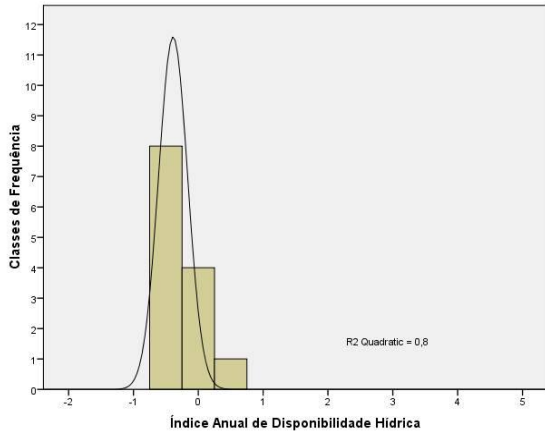
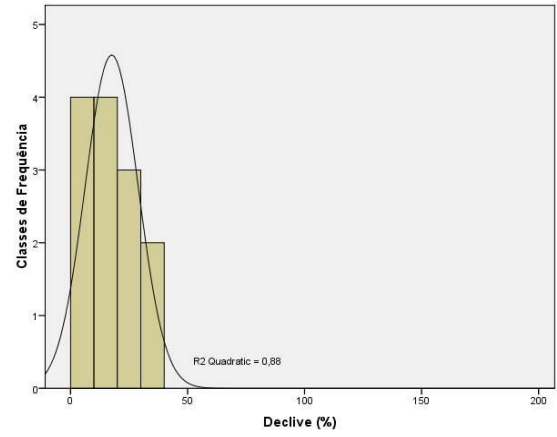
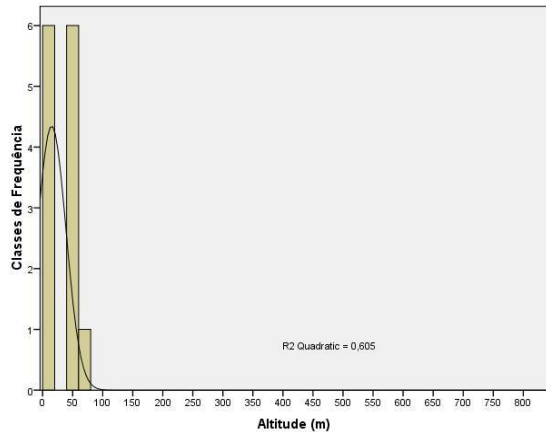


Figura 57 - Curvas de resposta significativa da espécie *Laurus azorica*, ao conjunto das variáveis ambientais seleccionadas na Tabela 7 (Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar e Índice de Salinidade), em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.

▪ ***Limonium eduardi-diasii* Fdez. Prieto & C. Aguiar:**



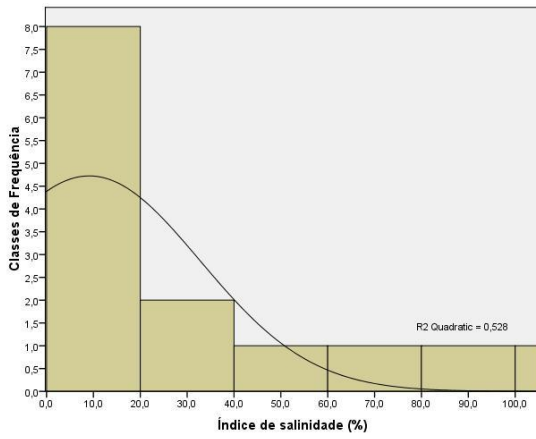
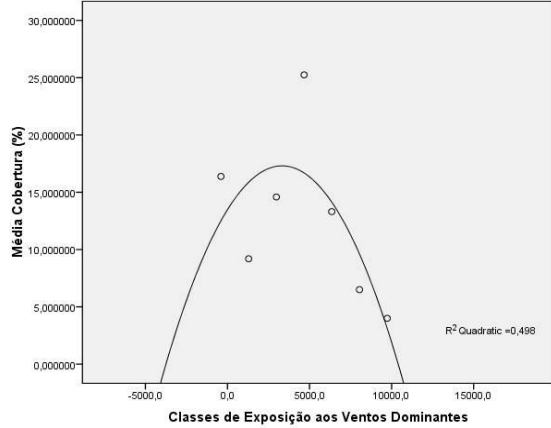
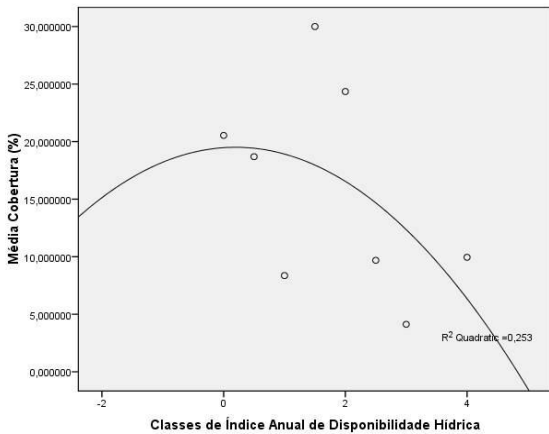
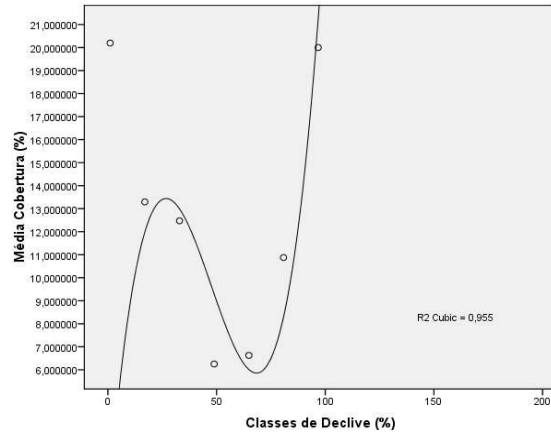
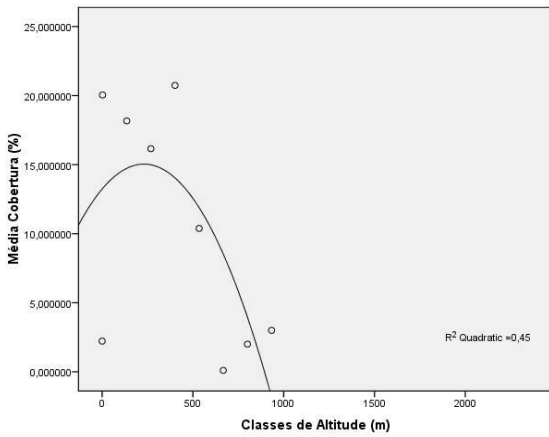


Figura 58 - Curvas de resposta significativa da espécie *Limonium eduardi-diasii*, ao conjunto das variáveis ambientais seleccionadas na **Tabela 7** (Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar e Índice de Salinidade), em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.

▪ *Myrica faya* Ait.:



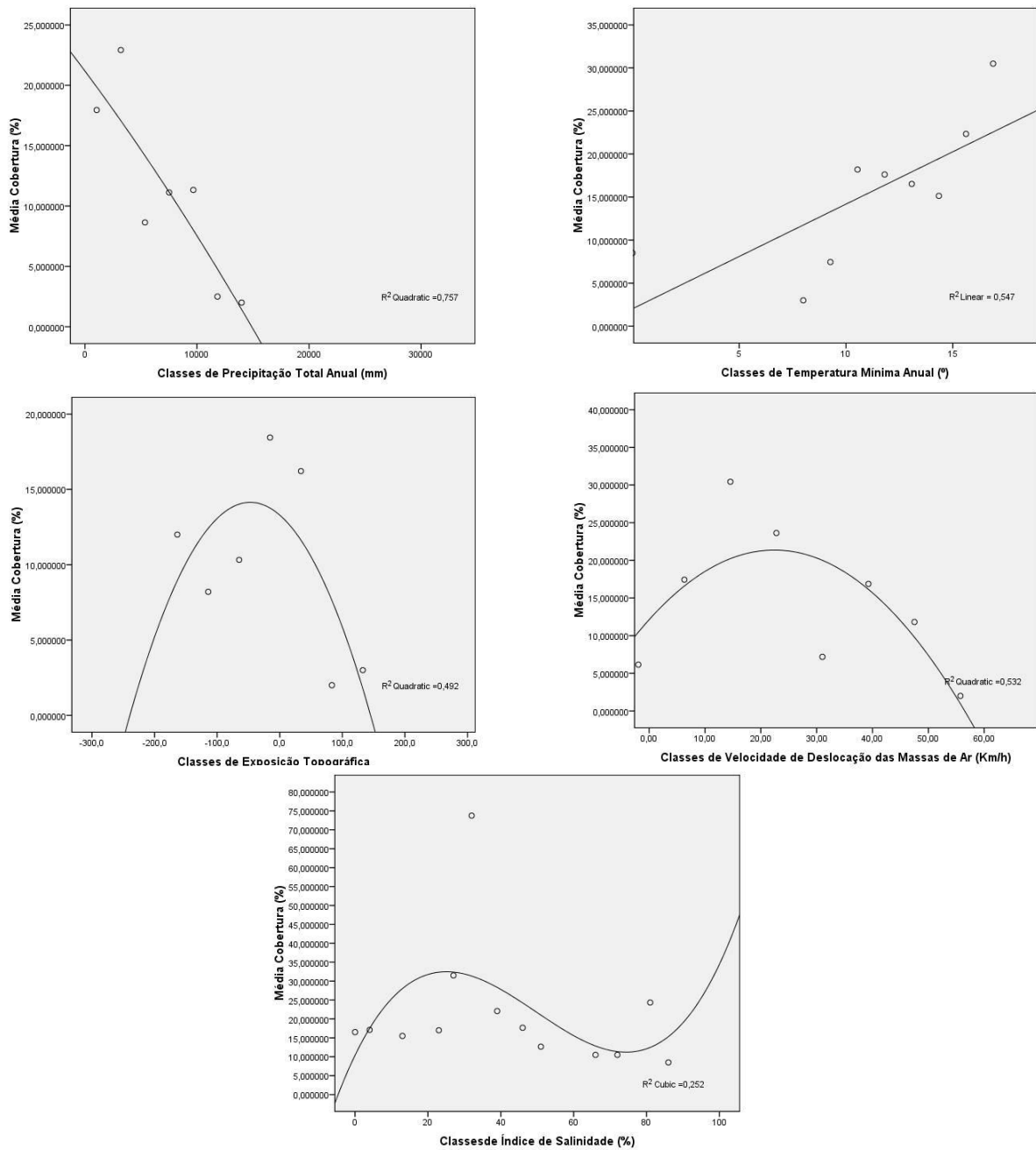
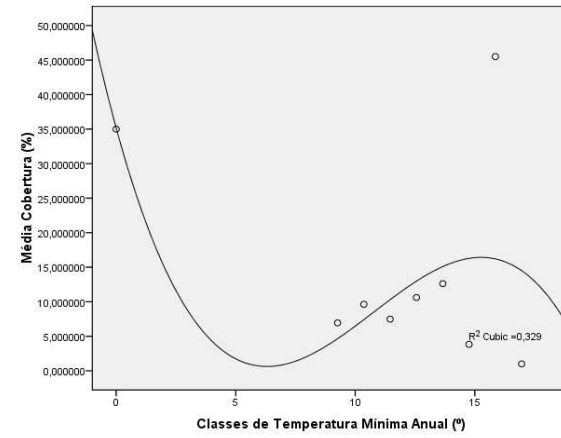
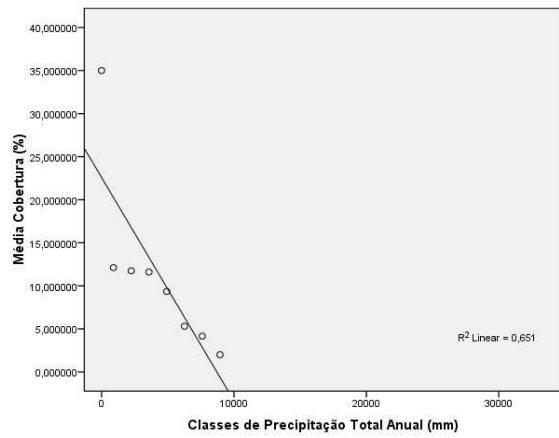
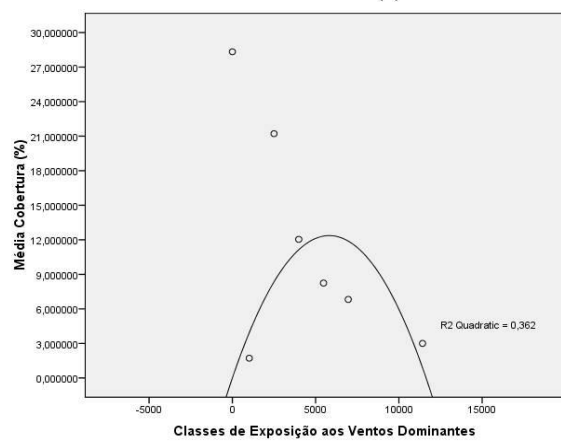
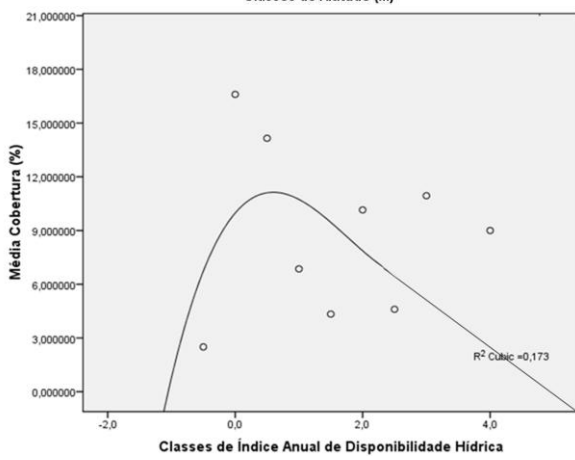
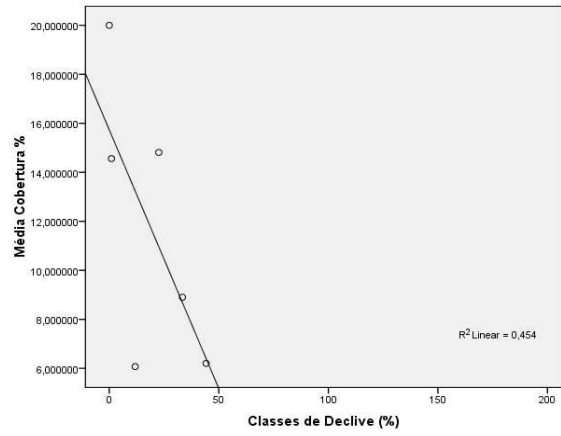
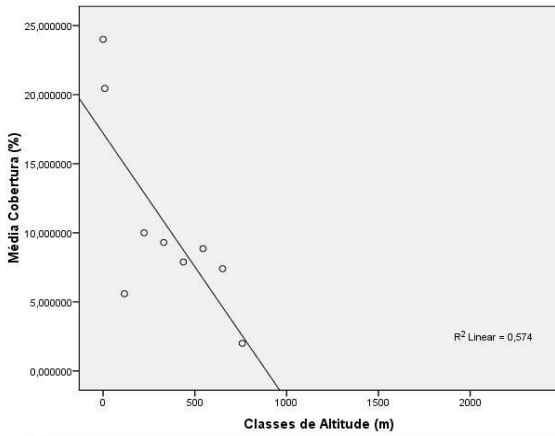


Figura 59 - Curvas de resposta significativa da espécie *Myrica faya*, ao conjunto das variáveis ambientais seleccionadas na Tabela 7 (Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar e Índice de Salinidade), em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.

▪ *Picconia azorica* (Tutin) Knobl.:



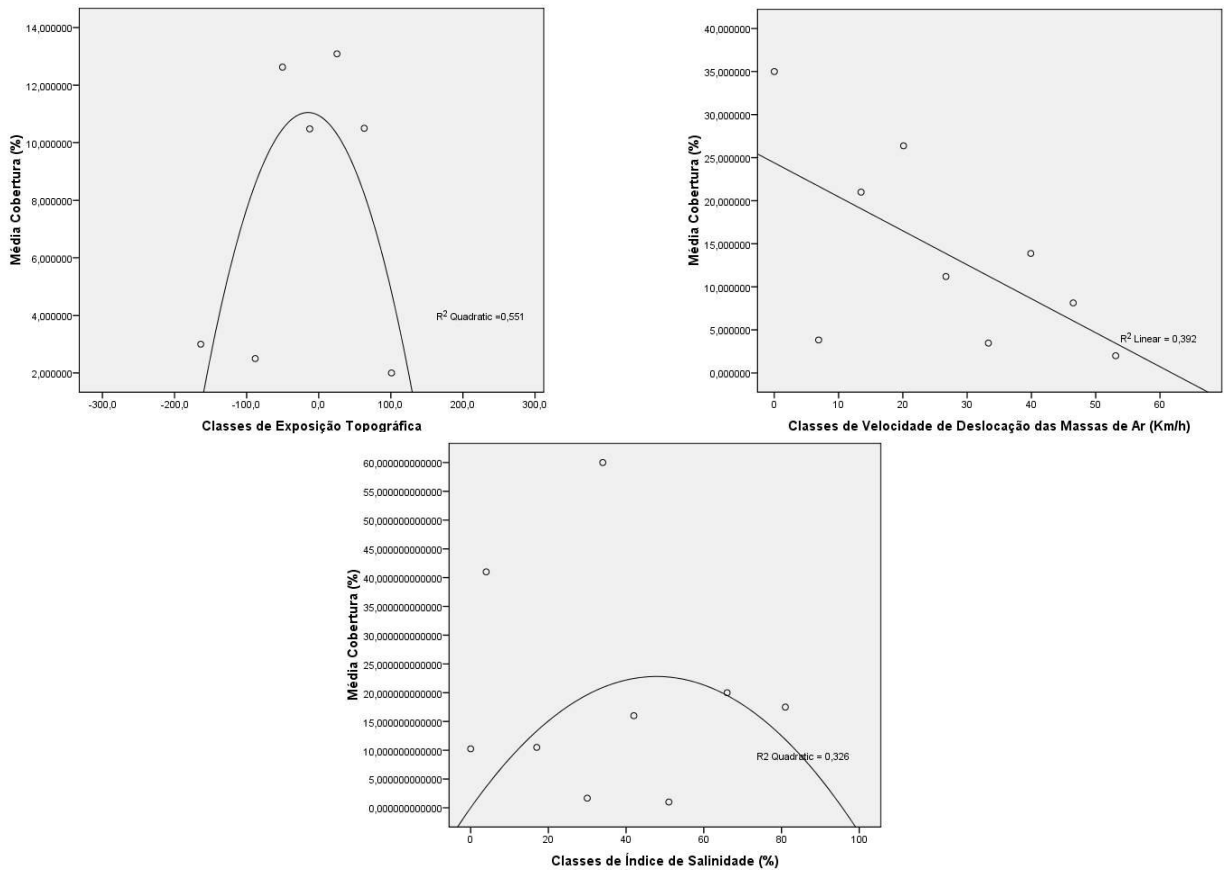
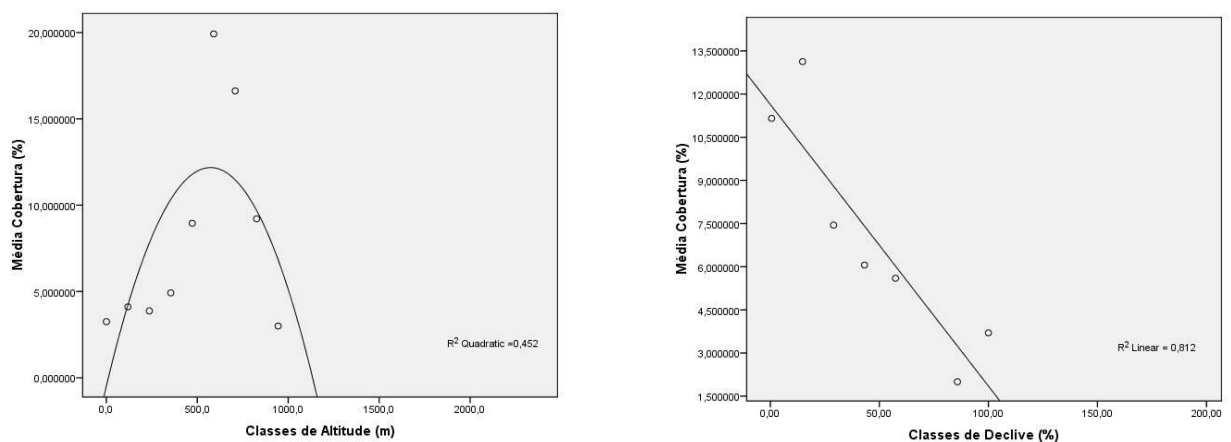


Figura 60 - Curvas de resposta significativa da espécie *Picconia azorica*, ao conjunto das variáveis ambientais seleccionadas na Tabela 7 (Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar e Índice de Salinidade), em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.

▪ *Woodwardia radicans* (L.) J. E. Sm.:



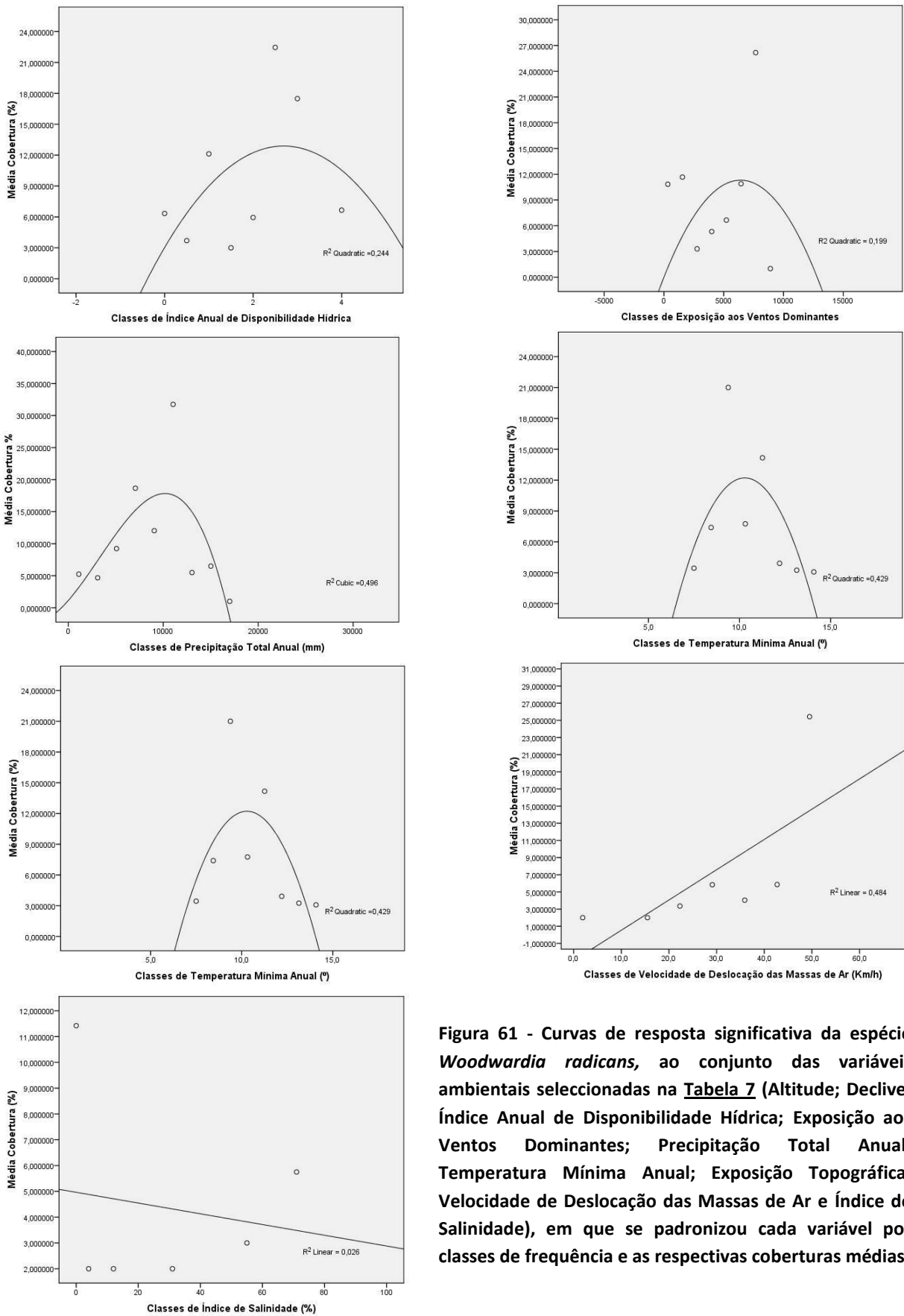


Figura 61 - Curvas de resposta significativa da espécie *Woodwardia radicans*, ao conjunto das variáveis ambientais seleccionadas na Tabela 7 (Altitude; Declive; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Exposição aos Ventos Dominantes; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar e Índice de Salinidade), em que se padronizou cada variável por classes de frequência e as respectivas coberturas médias.

Por fim, como último passo apresenta-se o zonamento do espaço ecológico para cada uma das espécies vegetais, em que é representada a resposta de cada uma das plantas aos factores ambientais, revelando-se assim o **Ótimo Ecológico (O)**, a **Zona Provável (P)**, a **Zona de Stress (S)** e a **Zona de Exclusão (E)**.

☼ O ***Asplenium marinum*** é uma planta perene, rizomatosa. (FERNANDES & FERNANDES, 1980)

Este feto encontra-se disperso pelas falésias costeiras e encostas perto do nível do mar. Raramente se encontra em zonas de exposição aos ventos acima dos 500 m. (SCHÄFER, 2005)

Distribuição: Presente em todas as ilhas dos Açores. (DIAS, *et al.*, 2010)

Status e Protecção: Espécie indígena e não protegida. (DIAS, *et al.*, 2010)

Deste modo, o estudo do ótimo ecológico que se desenvolveu para esta espécie para as diferentes variáveis ambientais deu os seguintes resultados:

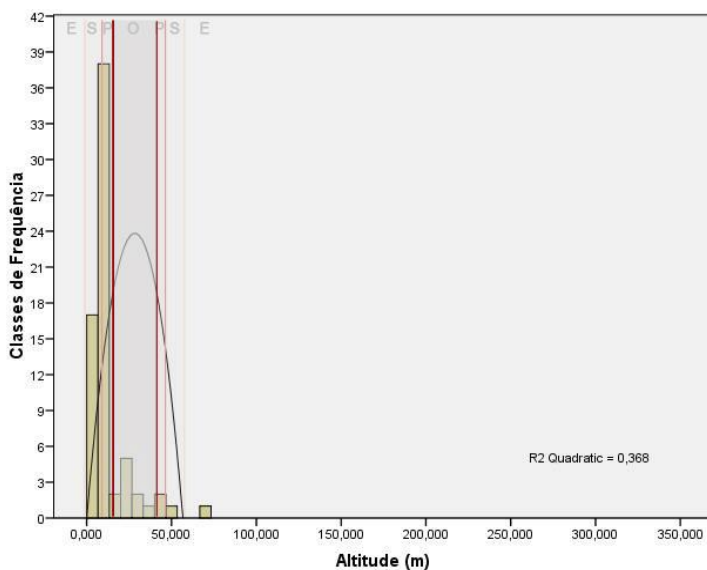


Figura 62 – Curva de resposta da espécie *Asplenium marinum* à variável Altitude, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico;

Altitude: Confirma-se que a espécie tem uma distribuição altitudinal estreita, chegando até cerca de 60 m, o que vai de encontro à teoria de estratégia da espécie. O modelo de resposta obtido mostra que a zona do ótimo ecológico, considerando o intervalo de 40% do valor da cobertura do ótimo em média é por volta dos 30 m. A zona de *stress* começa a partir dos 50 m de altitude.

Para estas espécies, cuja distribuição altitudinal é muito estreita, e por consequência tem uma pequena variação nos factores ambientais, pequenas oscilações no modelo interpretativo causa grandes variações nos ótimos atribuídos à espécie. Assim, e neste caso concreto, verifica-se que o modelo interpretativo em Gauss aponta para um ótimo ecológico em função da altitude alguns metros acima dos valores de frequência recolhidos para a espécie. Uma avaliação através do Modelo de Resposta BETA trazia, provavelmente, valores mais acertados, uma vez que, para a estreita faixa costeira algumas dezenas de metros correspondem a grandes diferenças no habitat. Pensamos que por isso se verifica o ótimo apontado pelo modelo e que nos dá uma preferência da espécie por uma altitude em torno nos 30 m, enquanto que o máximo de frequência é encontrado a altitudes mais baixas, cerca de 10 m, dentro, claramente, do supralitoral.

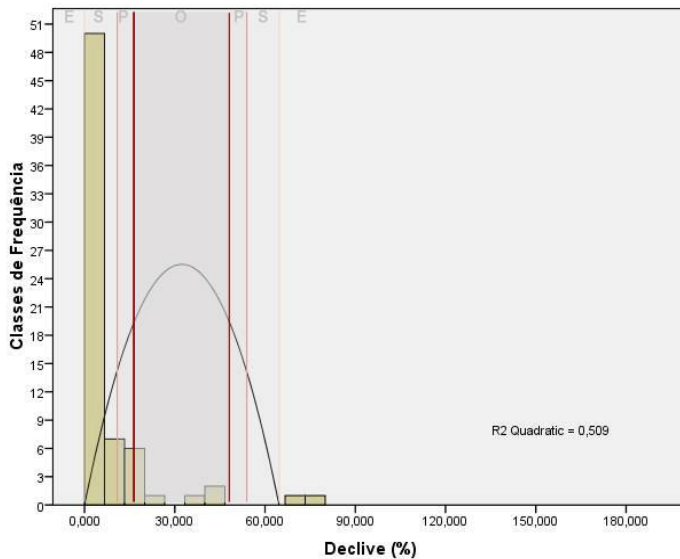


Figura 63 - Curva de resposta da espécie *Asplenium marinum* à variável Declive, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico;

Declive: O *Asplenium marinum* mostra uma tendência para ter um ótimo associado a declives baixos (entre 20-45%), e a partir de cerca de 65% já entra numa zona de exclusão. Comparando estes resultados com os valores que são atribuídos na bibliografia à espécie, verifica-se que existe um desvio na tendência ecológica em função desta variável, para zonas com declives inferiores a 45%, ou seja fraca inclinação ou zonas planas. Mais ainda, se considerarmos o mesmo efeito dos modelos simétricos referido no ponto anterior, a nossa interpretação aponta para que os valores de maior frequência se encontram em condições quase planas.

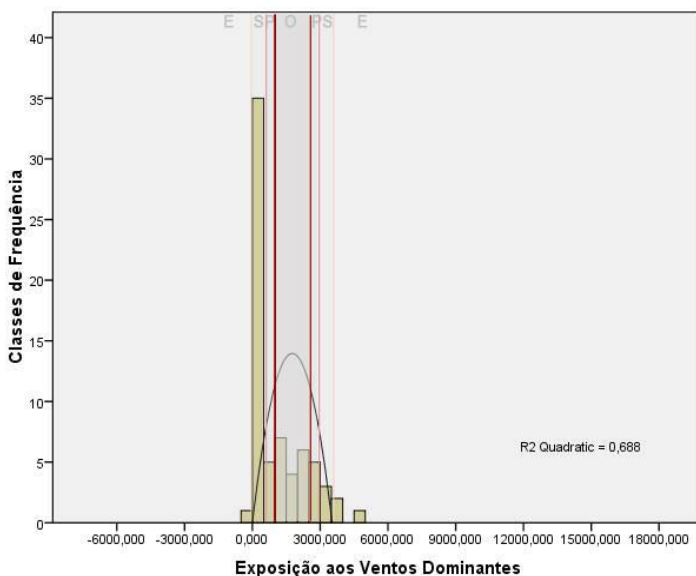


Figura 64 - Curva de resposta da espécie *Asplenium marinum* à variável Exposição aos Ventos Dominantes, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico;

Exposição aos Ventos Dominantes: A espécie mostra tendência para baixas intensidades de exposição aos ventos, situando-se o ótimo em zonas relativamente abrigadas. Também é possível verificar que a partir do valor de 3000 (unidades do índice) de exposição aos ventos dominantes, a espécie deixa de surgir.

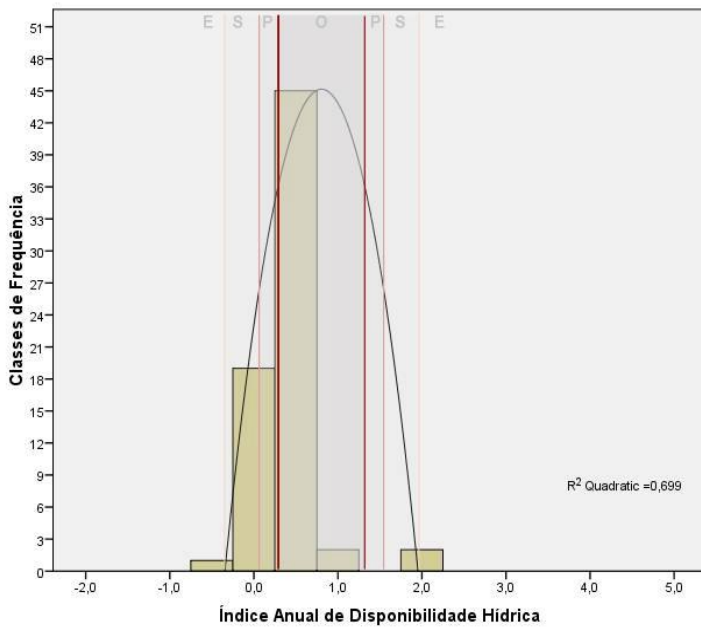


Figura 68 - Curva de resposta da espécie *Asplenium marinum* à variável Índice Anual de Disponibilidade Hídrica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico;

Índice Anual de Disponibilidade Hídrica: O *Asplenium marinum* apresenta um ótimo ecológico associado a situações de disponibilidade hídrica equilibrada, o que também leva a apontar que esta espécie necessita de uma certa quantidade de água no substrato, dado que para valores negativos, que corresponde a stress hídrico, a espécie não sobrevive, como também o inverso, ou seja, em situações de encharcamento do solo. Isto confirma o habitat referido por RODWELL, 2000, para esta espécie, de fendas de rocha com humidade.

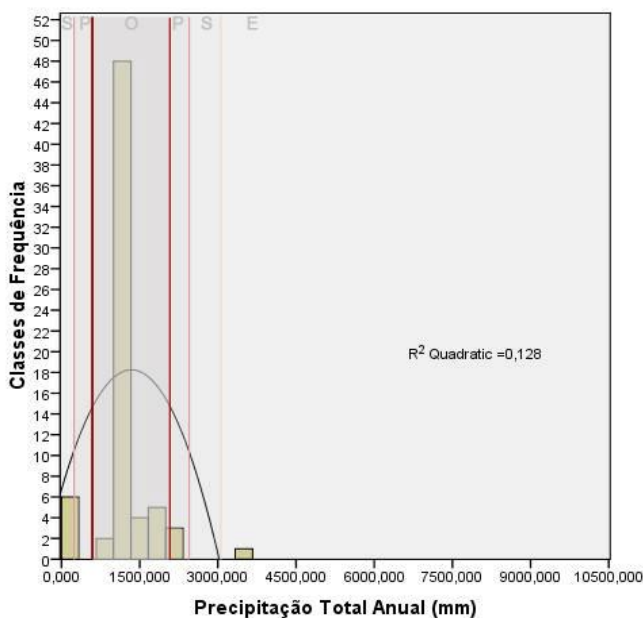


Figura 66 - Curva de resposta da espécie *Asplenium marinum* à variável Precipitação Total Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico;

Precipitação Total Anual: A espécie mostra um ótimo ecológico para baixos valores de precipitação, situando-se o pico da espécie por volta dos 1500 mm, embora já tenha sido indicado no capítulo anterior, esta variável ambiental possui limites muito amplos, uma vez que inclui a precipitação oculta. Isto são valores característicos das zonas costeiras dos Açores, que para além de serem totais anuais

relativamente elevados, são principalmente nos Açores, regularmente distribuídos ao longo do ano, o metade presente nas raízes.

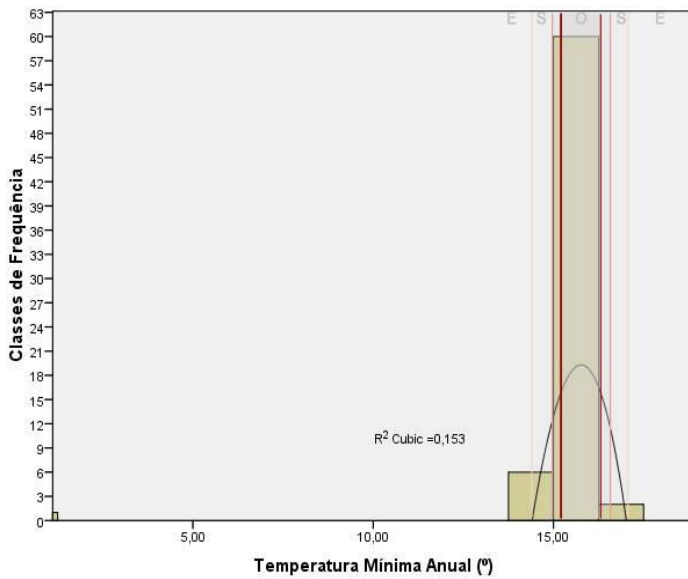


Figura 67 - Curva de resposta da espécie *Asplenium marinum* à variável Temperatura Mínima Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico;

Temperatura Mínima Anual: O ótimo ecológico para o *Asplenium marinum* encontra-se para altos valores de Temperatura Mínima, 15-16°, o que é perfeitamente explicável dado que o habitat desta espécie é ao longo das costas açorianas.

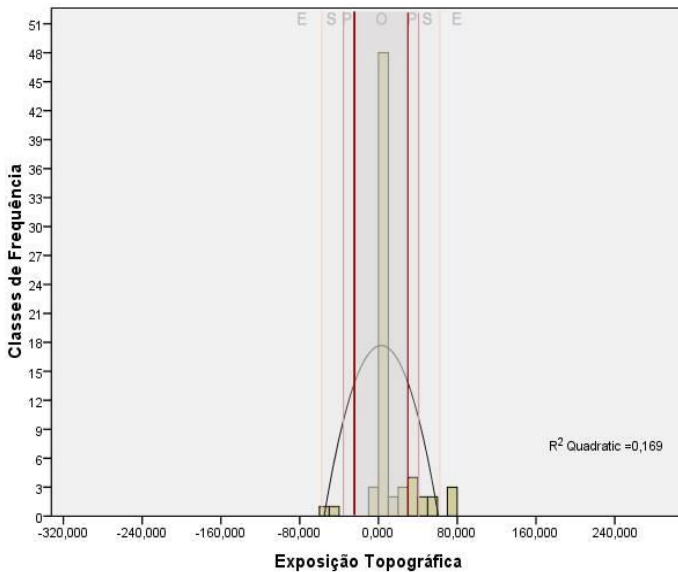


Figura 68 - Curva de resposta da espécie *Asplenium marinum* à variável Exposição Topográfica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico;

Exposição Topográfica: O *Asplenium marinum* apresenta o seu ótimo ecológico em zonas abrigadas, o que mostra um comportamento coincidente com o analisado para o factor de Exposição aos Ventos Dominantes.

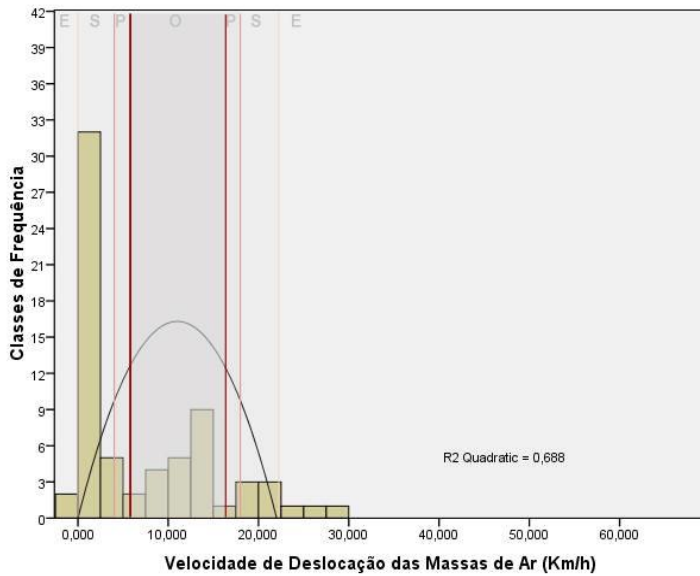


Figura 69 - Curva de resposta da espécie *Asplenium marinum* à variável Velocidade de Deslocação das Massas de Ar, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico;

Velocidade de Deslocação das Massas de Ar: Esta espécie mostra um óptimo ecológico para fraca intensidade de vento (cerca de 10 Km/h), sendo assim uma espécie pouco resistente, uma vez que a partir de 20 Km/h deixa de conseguir resistir.

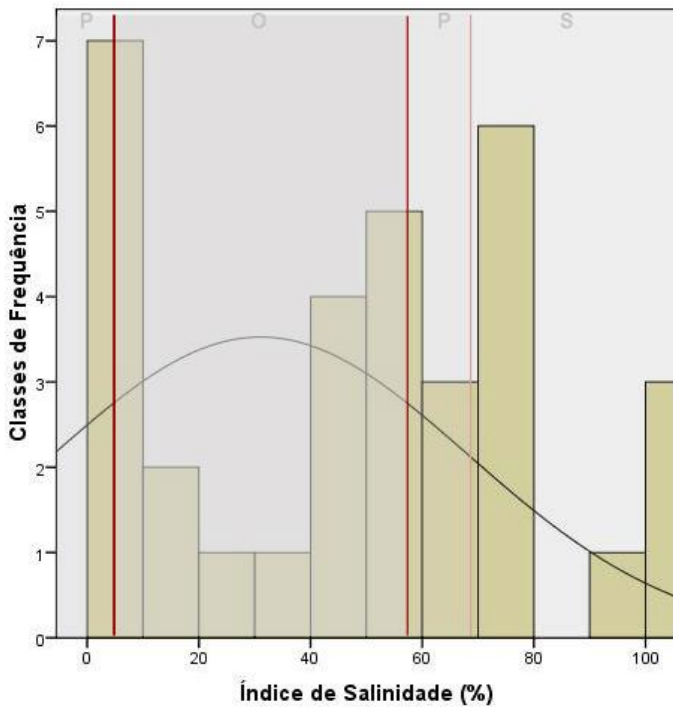


Figura 70 - Curva de resposta da espécie *Asplenium marinum* à variável Índice de Salinidade, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico;

Índice de Salinidade: Na sequência do comportamento da espécie ditada pela vulnerabilidade aos ventos dominantes e pela altitude a que se encontra torna-se perceptível que a espécie tenha como óptimo ecológico em relação ao sal uma grande percentagem de halofitismo, estando o óptimo entre os valores de 20-60%.

A espécie apresenta algum *stress* para valores muito elevados de sal, o que pode ser explicado pelo facto de se encontrar em zonas relativamente abrigadas, não sujeita à exposição ao *spray* marítimo elevado. Esta variável é muito importante, dado que confirma o carácter halófito deste feto, apontando como uma espécie fundamental de recolonização das zonas de costa, desde que se cumprem as restantes variáveis do seu habitat.

✿ A ***Azorina vidalii*** é um caméfito dendróide de copa em roseta terminal.

O caule, desde o primeiro ano é recoberto por um tecido suberoso, até aos 5-6 anos são visíveis no caule as cicatrizes das folhas caídas, mas não se encontram indícios de ramos laterais (VASILEVSKAIA & SCHULKINA, 1976). No seu topo, o tronco carrega uma roseta de folhas pequenas, em cujas axilas se desenvolvem ramos laterais com múltiplas folhas. Na Primavera uma parte destes ramos forma inflorescências do tipo panícula de cor rosa pálido, e o topo da planta deixa de ser vegetativo. No entanto, estes ramos floríferos morrem após a frutificação e então o tronco volta a crescer com ramificação monopodial. Em resultado, a *A. Vidalii* possui um hábito muito particular com um pequeno tronco de onde emergem verticilos anuais de ramos semelhantes a um candelabro com pequenas rosetas de folhas terminais, semelhantes a uma pequena árvore dendróide. (DIAS, *et al.* (in press))

A *Azorina vidalii* desenvolve-se em habitats que deverão ser classificados como de substituição (habitats em que a espécie encontra condições que representam uma substituição das exigências naturais da espécie, permitindo o seu desenvolvimento, como muros de pedra, paredes, telhados de casas e fissuras em superfícies cimentadas) e secundários (quando a existência da espécie ocorre num determinado sítio, que sofreu perturbações graves, em que a comunidade florística existente já não representa as condições ecológicas naturais por avanço de exóticas).

De acordo com os estudos de DIAS, *et al.* (in press) foi possível distinguir 2 tipos de habitats naturais: (1) Zonas de taludes e depósitos indiferenciados de encostas de materiais vulcânicos ou sedimentares. A *Azorina* desenvolve-se em meio terrícola e húmido, embora expostos aos ventos salgados. Estas populações podem ocasionalmente ocorrer a altitudes acima dos 100 m; (2) outras populações desenvolvem-se em habitats rochosos como vegetação fissurícula, ocupando as plataformas rochosas costeiras de lavas compactas e zonas com calhau rolado. Ocorre nas zonas baixas do litoral, até aos 20 m de altitude.

Distribuição: Presente em todas as ilhas dos Açores, excepto Graciosa. (DIAS, *et al.*, 2010)

Status e Protecção: Espécie endémica dos Açores e protegida pela Directiva Habitats e Convenção de Berna. (Dias, *et al.*, 2010)

Deste modo, o estudo do óptimo ecológico desenvolvido para as diferentes variáveis ambientais deu os seguintes resultados:

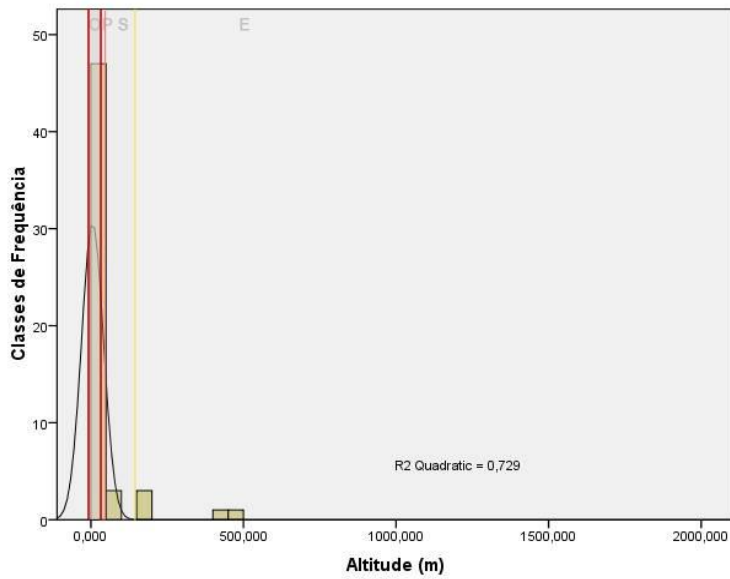


Figura 71 - Curva de resposta da espécie *Azorina vidalii* à variável Altitude, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Altitude: Confirma-se que a espécie tem uma distribuição altitudinal estreita, chegando até cerca de 100 m, o que vai de encontro à teoria de estratégia da espécie, dado que é considerada uma espécie de costa. O modelo de resposta obtido mostra que a zona do óptimo ecológico, considerando o intervalo de 40% do valor da cobertura do óptimo, em média, é dos 10-20 m. A zona de stress começa a partir dos 110 m de altitude.

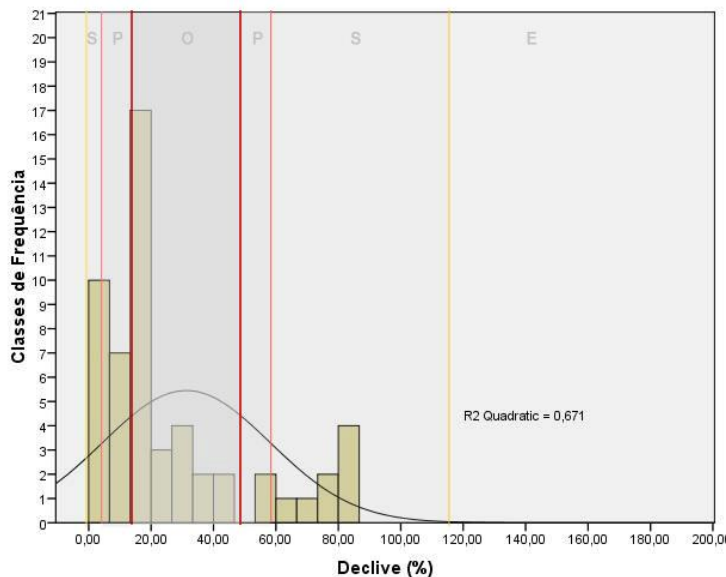


Figura 72 - Curva de resposta da espécie *Azorina vidalii* à variável Declive, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Declive: A *A. vidalii* mostra uma tendência para ter um óptimo associado a declives baixos (entre 20-45%), e a partir de 60% já entra numa zona de stress. Esta distribuição relativamente ao declive vai de encontro à ecologia da espécie, uma vez que esta se encontra predominantemente em plataformas rochosas costeiras e zonas com calhau rolado, nas zonas baixas do litoral. No entanto, o modelo não considera, mas os dados parecem apontar para uma ligeira tendência para declives próximos dos 90%, o que corresponderia a taludes. No estudo das populações no terreno, aparece de facto, um conjunto de

populações associado a taludes em zonas mais distantes do mar. Tal situação foi apontada por DIAS, et al. (2009) como uma zona de adaptação ecológica (ecótipo).

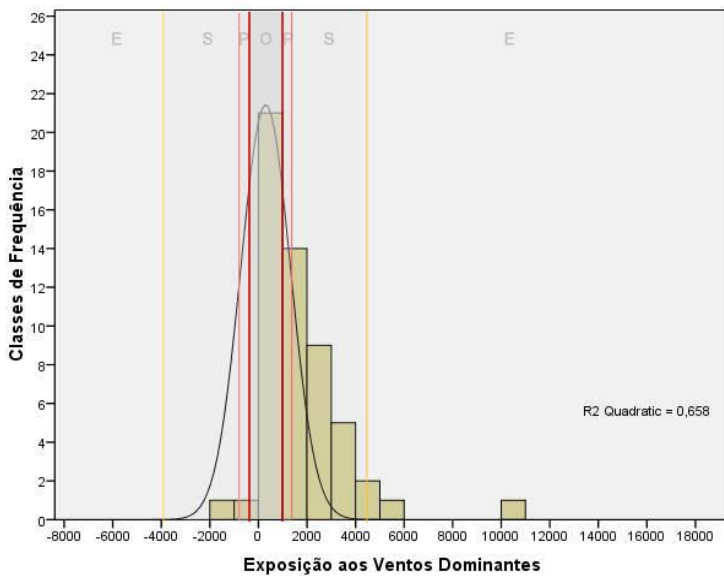


Figura 73 - Curva de resposta da espécie *Azorina vidalii* à variável Exposição aos Ventos Dominantes, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição aos Ventos Dominantes: A espécie mostra tendência para baixas intensidades de exposição aos ventos, situando-se o ótimo em zonas relativamente abrigadas, provavelmente associadas a algum distúrbio marinho, impedindo avanço de exóticas. Também é possível verificar que a partir do valor de 4000 (unidades de índice) de exposição aos ventos dominantes, a espécie deixa de surgir. Este ambiente está certamente associado ao porte semi-lenhoso dendróide da espécie que não é consistente com ventos intensos.

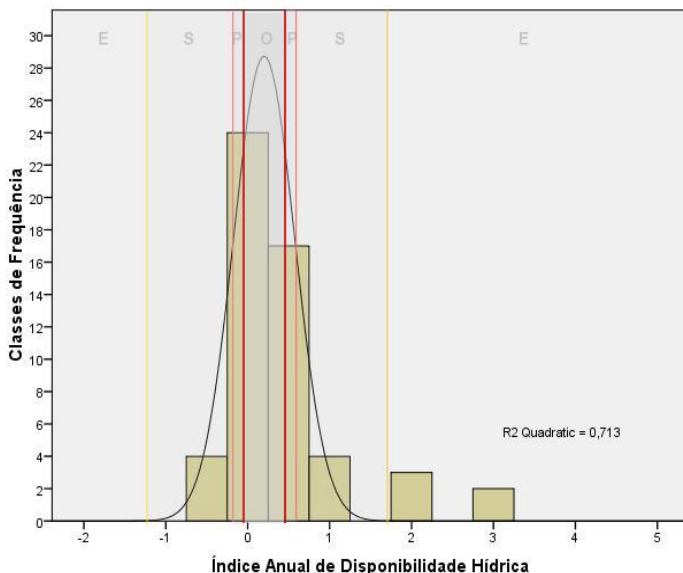


Figura 74 - Curva de resposta da espécie *Azorina vidalii* à variável, Índice Anual de Disponibilidade Hídrica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice Anual de Disponibilidade Hídrica: A *Azorina vidalii* apresenta um ótimo ecológico associado a situações de disponibilidade hídrica equilibrada, o que também leva a apontar que esta espécie necessita de uma certa quantidade de água no solo para germinar e sobreviver (MONTEIRO & DIAS, 2009), dado que para valores negativos, que corresponde a *stress* hídrico, a espécie não sobrevive, como também o inverso, ou seja, em situações de encharcamento do solo.

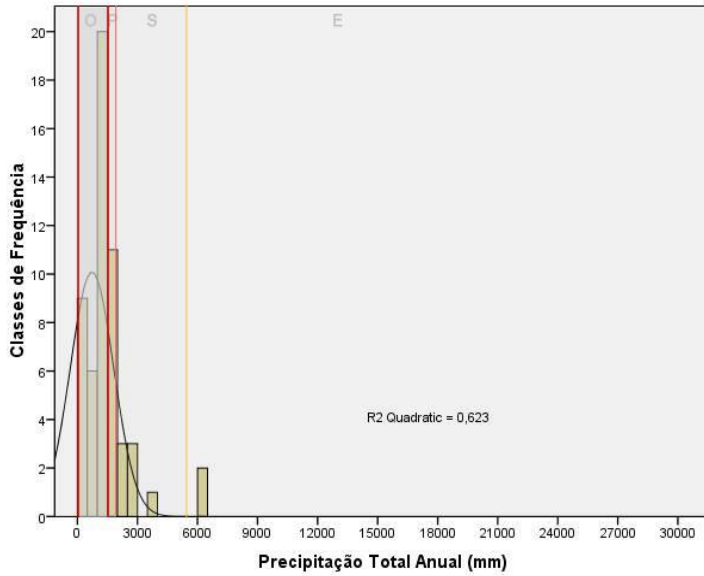


Figura 75 - Curva de resposta da espécie *Azorina vidalii* à variável, Precipitação Total Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Precipitação Total Anual: A espécie mostra um ótimo ecológico para valores de precipitação muito baixos, situando-se o pico da espécie entre os 100 - 1500 mm, o que vai de encontro ao conjunto de factores ecológicos de uma espécie de costa.

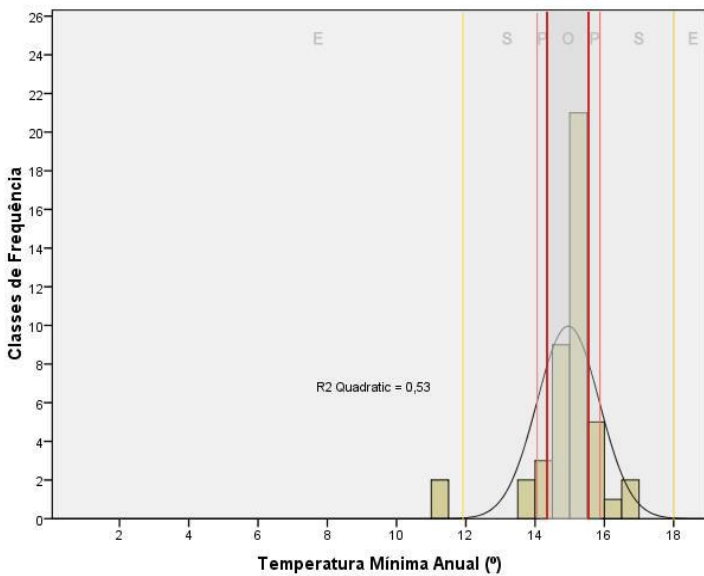


Figura 76 - Curva de resposta da espécie *Azorina vidalii* à variável, Temperatura Mínima Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Temperatura Mínima Anual: O ótimo ecológico para a *Azorina vidalii* encontra-se para altos valores de Temperatura Mínima, 14-16°, o que é perfeitamente explicável dado que o habitat desta espécie ocorre nas zonas baixas do litoral, principalmente até aos 20 m de altitude, pertencendo por isso, ao conjunto de espécies com temperaturas mínimas mais elevadas nos Açores.

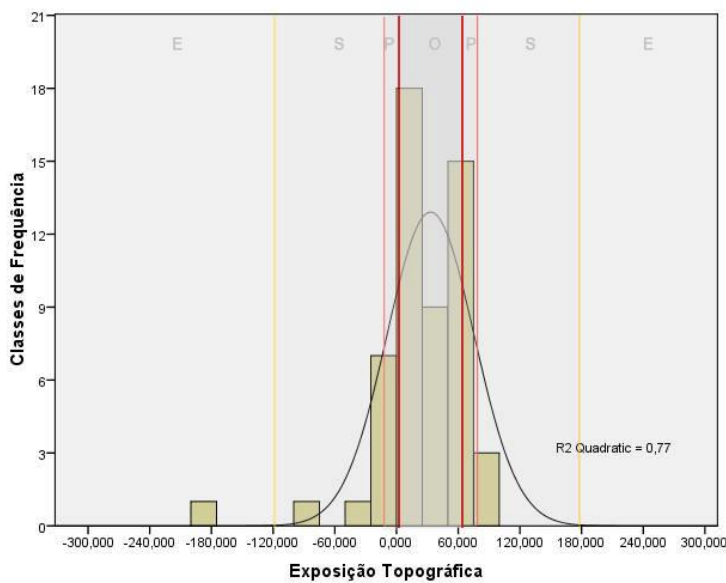


Figura 77 - Curva de resposta da espécie *Azorina vidalii* à variável, Exposição Topográfica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição Topográfica: Esta espécie apresenta o ótimo ecológico em zonas abrigadas, o que mostra um comportamento relativamente coincidente com a Exposição aos Ventos Dominantes.

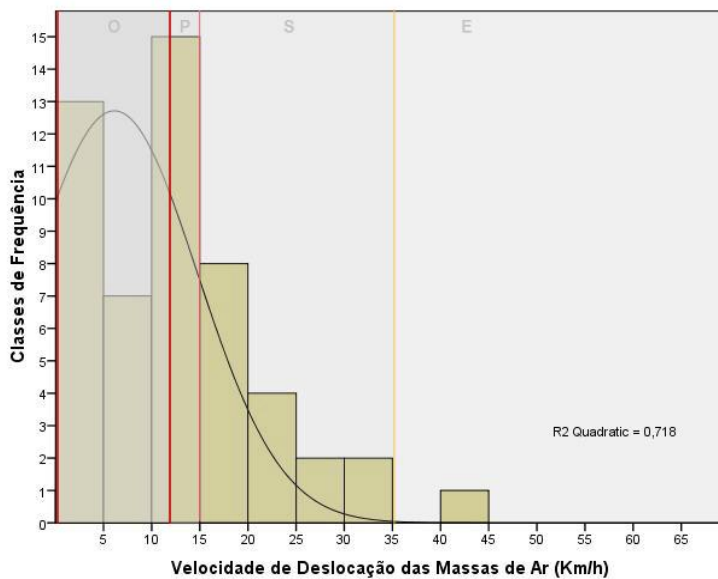


Figura 78 - Curva de resposta da espécie *Azorina vidalii* à variável, Velocidade de Deslocação das Massas de Ar, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Velocidade de Deslocação das Massas de Ar: Esta espécie mostra um ótimo ecológico para vento de fraca intensidade (entre 1 - 10 Km/h), sendo assim uma espécie pouco resistente, uma vez que a partir de 35 Km/h deixa de conseguir resistir a rajadas de vento, provavelmente relacionado com o tipo de planta (arbusto semi-lenhoso).

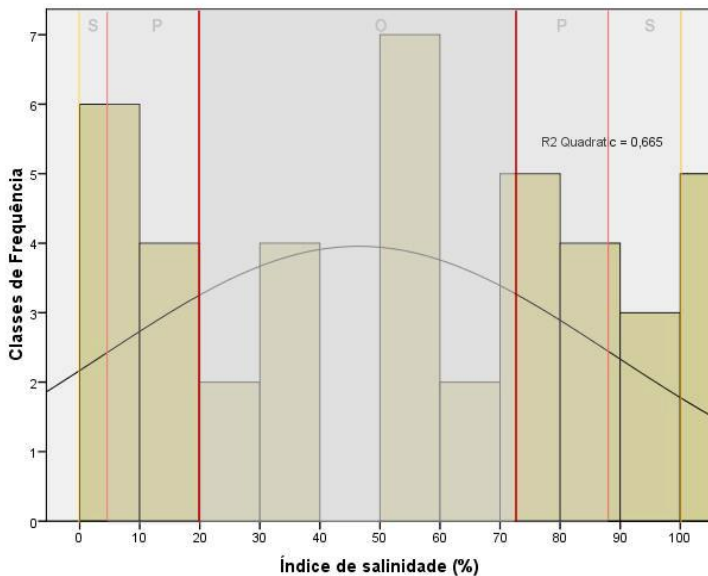


Figura 79 - Curva de resposta da espécie *Azorina vidalii* à variável, Índice de Salinidade, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice de Salinidade: Na sequência do comportamento da espécie ditada pela vulnerabilidade aos ventos dominantes e pela altitude a que se encontra, torna-se compreensível que a espécie tenha um ótimo ecológico, em relação ao sal, associada a condições de elevado índice de salinidade, estando o ótimo nos valores de 20-70%.

Também é possível verificar que a *Azorina* consegue suportar 100% de salinidade, o que mostra que é claramente halófila, parecendo possuir um conjunto de condições fisiológicas que possibilitam a sua sobrevivência em ambientes salinos.

A espécie mostra-se extremamente bem adaptada às condições de ambientes costeiros, constituindo, quer pela sua beleza, quer pelo seu valor patrimonial, um excelente elemento de restauro ambiental para o litoral açoriano. Pode-se acrescentar que existem populações naturais, imediatamente antes da zona em estudo, na faixa costeira da Fajã do Calhau.

✿ A *Erica azorica* é um micro-fanerófito, até 6 m e perene.

Possui raiz apumada e caule aéreo, de folhas persistentes verticiladas, com 4 a 7 mm, lineares, erecto-patentes, glabras, de margens revolutas encobrindo cerca de 2/3 da página (FRANCO, 1984). Esta forma revoluta da folha dá uma grande capacidade a esta espécie de captação e retenção de águas. Os cachos são estreitos e frequentemente interrompidos, terminais, por vezes, agrupados em panículas frouxas. As flores aparecem em grupos de 4-5 em cachos terminais. O fruto é uma cápsula. DIAS, *et al.* (in press)

Segundo os estudos de DIAS, *et al.* (in press), a *Erica azorica* possui uma grande amplitude em termos de altitude, ocorrendo desde a beira-mar até perto dos 1800 m de altitude. Em termos de declive, as populações desenvolvem-se desde zonas planas a locais amplamente inclinados. No entanto, em termos de geomorfologia do local de estabelecimento das suas populações esta é muito variável, predominando as encostas (29% das populações) e os campos de lava (19%). Em termos de materiais geológicos, cerca de 47% das populações encontravam-se sob meio basáltico, 17% em solo evoluído, 18% em campos de lava e 18% em bagacina. Em termos de substrato, esta espécie desenvolve-se preferencialmente em meio saxícola (40%), fissurícola (24%) e terrícola (54%).

As populações desta espécie estão bastante difundidas quer em *habitats* naturais, quer em habitat secundários e de substituição.

Distribuição: Presente em todas as ilhas dos Açores. (DIAS, *et al*, 2010)

Status e Protecção: Espécie endémica dos Açores e protegida pela Directiva Habitats e Convenção de Berna. (DIAS, *et al*, 2010)

Deste modo, o estudo do óptimo ecológico desenvolvido para as diferentes variáveis ambientais deu os seguintes resultados:

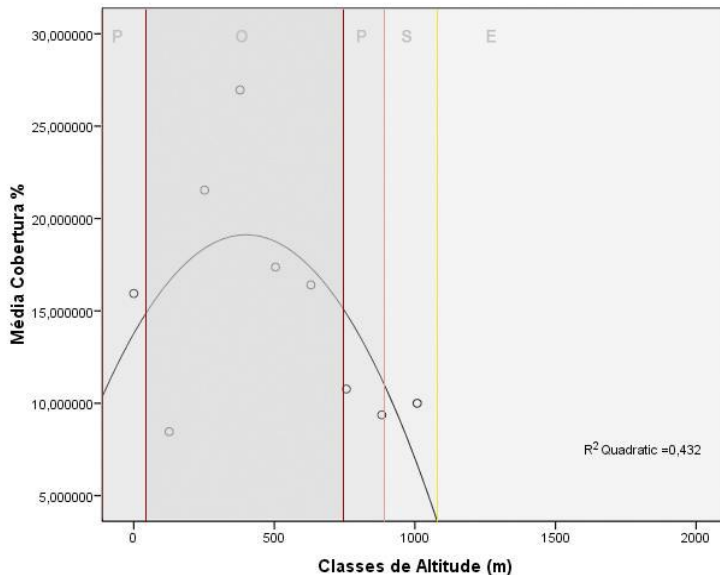


Figura 80 - Curva de resposta da espécie *Erica azorica* à variável, Altitude, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Óptimo Ecológico.

Altitude: Confirma-se que a espécie tem uma distribuição altitudinal desde o nível do mar (0 metros) aos 1100 metros de altitude (zonas de montanha). O modelo de resposta obtido mostra que a zona do óptimo ecológico, considerando o intervalo de 40% do valor da cobertura do óptimo em média é, mesmo assim, bastante ampla, mostrando condições favoráveis desde a zona de costa até aos cerca de 750 metros, o que corresponde à maioria da superfície geográfica dos Açores. Por outro lado, a zona de *stress* praticamente só se cumpre na ilha do Pico, o que revela o carácter ubiquista da espécie em relação à altitude.

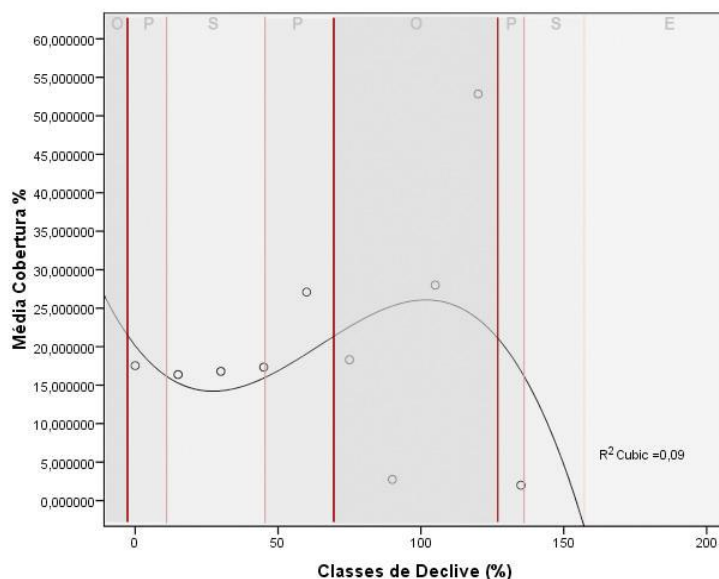


Figura 81 - Curva e resposta da espécie *Erica azorica* à variável, Declive, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Óptimo Ecológico.

Declive: A espécie mostra uma tendência para ter um óptimo associado a declives médios, embora seja pouco intensa essa tendência, dado que mostra uma distribuição das coberturas regulares em torno dos 20%. Este comportamento mostra que a espécie é relativamente indiferente aos declives até cerca de 130% de declive. Por isso, a espécie é uma excelente colonizadora de diferentes declives, podendo ser um bom instrumento de restauro, como o caso do presente estudo de uma estrada em falésia.

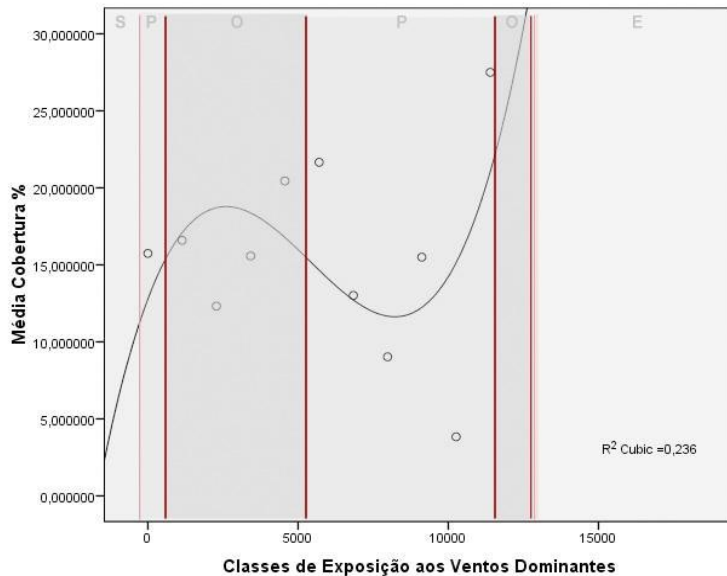


Figura 82 - Curva e resposta da espécie *Erica azorica* à variável, Exposição aos Ventos Dominantes, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição aos Ventos Dominantes: A espécie mostra claramente um comportamento binomial, tendo portanto 2 óptimos ecológicos, facto que não é raro no comportamento de muitas espécies, como se pode visualizar nos estudos de HEIKKINEN & MÄKIPÄÄ, 2010. Sendo assim, a espécie mostra um óptimo ecológico para baixas intensidades de ventos, provavelmente associado a zonas de distúrbio, e volta claramente a ter vantagem de colonização em lugares muito ventosos, onde eventualmente não tem competição de outras espécies, formando comunidades, como os Ericais de Montanha, descritos em Dias, 1996.

Em suma, esta espécie torna-se uma excelente colonizadora de zonas incipientes e muito ventosas.

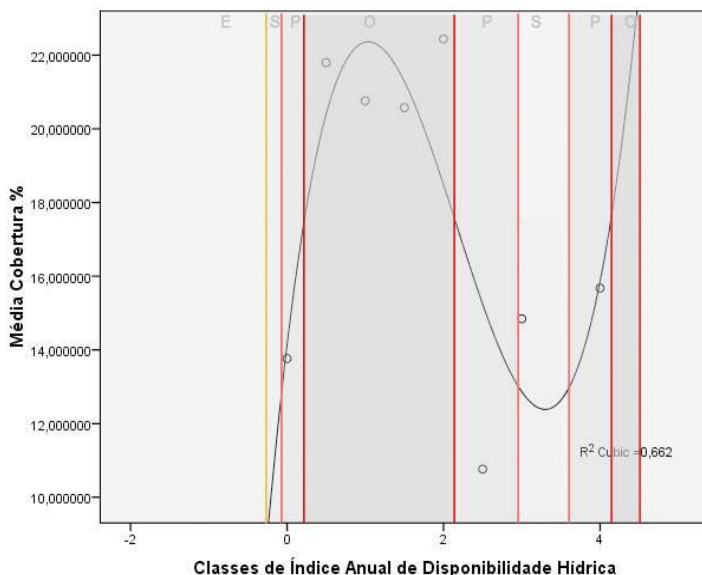


Figura 83 - Curva e resposta da espécie *Erica azorica* à variável, Índice Anual de Disponibilidade Hídrica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice Anual de Disponibilidade Hídrica: Tal como na situação da Exposição aos Ventos Dominantes, a espécie mostra um comportamento binomial, sendo que tem um óptimo ecológico associado às situações de disponibilidade hídrica equilibrada, mas correspondendo aos padrões de distribuição de montanha, mostrando também possuir um óptimo associado às condições de encharcamento. Desta forma, parece acertado concordar, por estes resultados, com os trabalhos sobre a ecologia e taxonomia desta espécie apresentados por DIAS, 1996; SOUSA, 2002, onde se individualizaram diferentes raças ecológicas associadas a ambientes extremos.

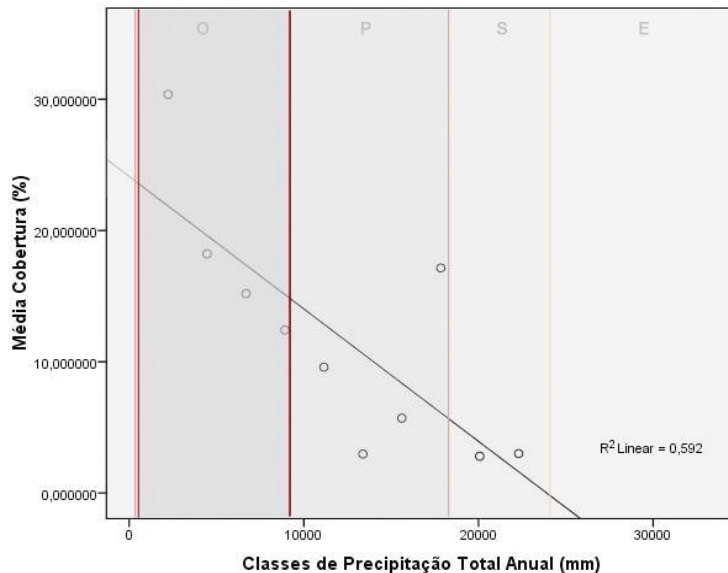


Figura 84 - Curva e resposta da espécie *Erica azorica* à variável, Precipitação Total Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Precipitação Total Anual: A espécie mostra um óptimo ecológico para baixos valores de precipitação, embora associado a limites muito amplos de precipitação (700 – 9000 mm de precipitação total, incluindo a precipitação oculta).

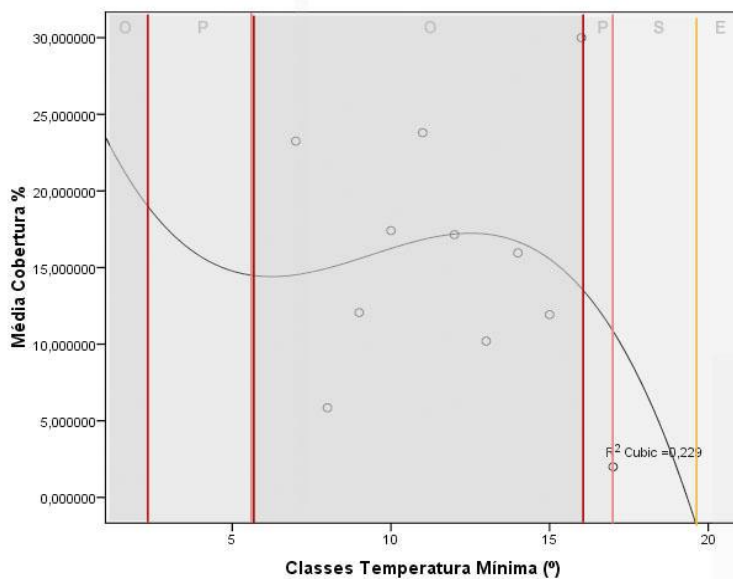


Figura 85 - Curva e resposta da espécie *Erica azorica* à variável, Temperatura Mínima Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Temperatura Mínima Anual: Os resultados parecem indicar que a espécie não tem uma resposta directa à Temperatura Mínima, ou seja, o óptimo ecológico varia desde temperaturas mais baixas, onde

tem um óptimo perto dos 3°, provavelmente associado às populações de montanha, a que se segue uma zona de óptimo ampla entre os 6° e os 16°, correspondendo à ampla distribuição que a espécie tem nas condições ecológicas dos Açores.

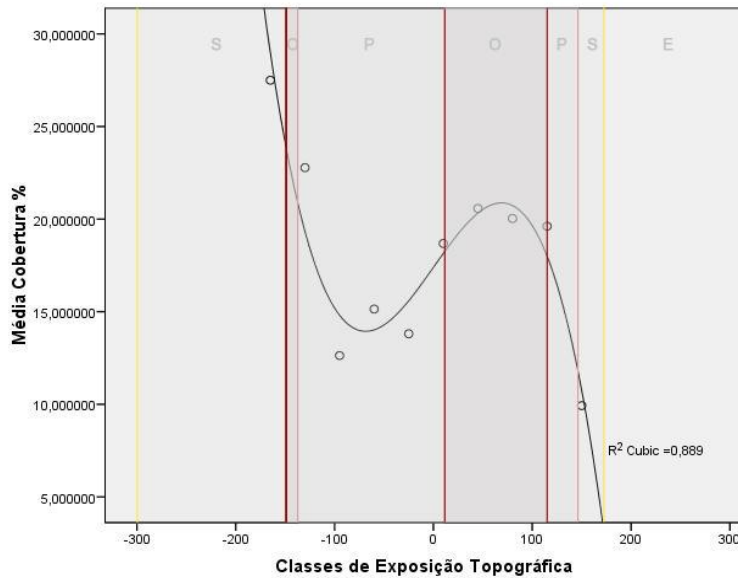


Figura 86 - Curva e resposta da espécie *Erica azorica* à variável, Exposição Topográfica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição Topográfica: De acordo com os resultados obtidos para a exposição aos ventos dominantes, a *Erica* mostra um comportamento coincidente com a exposição topográfica, variando desde zonas muito expostas, a zonas abrigadas.

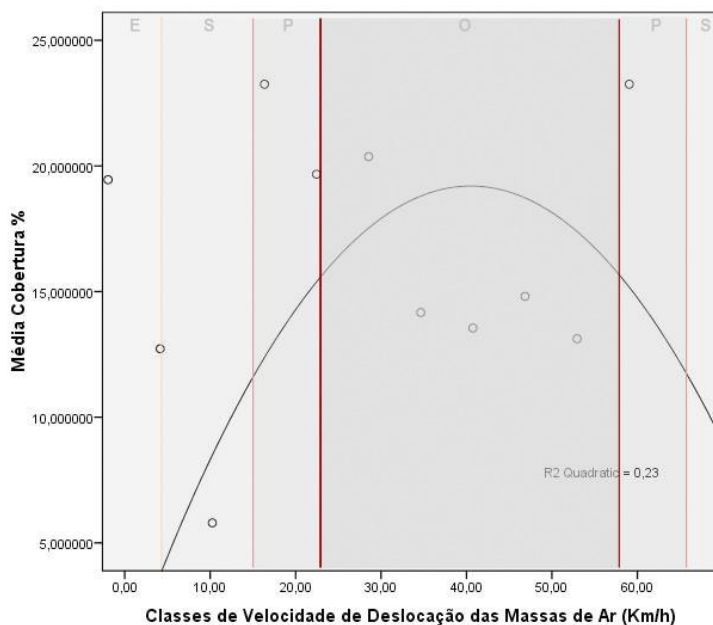


Figura 87 - Curva e resposta da espécie *Erica azorica* à variável, Velocidade de Deslocação das Massas de Ar, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Velocidade de Deslocação das Massas de Ar: A *Erica azorica* mostra que tem uma longa amplitude de resistência aos ventos, com uma disponibilidade para zonas de ventos intensos (acima de 50 Km/h), podendo claramente suportar acima de 70 Km/h, sendo assim uma das espécies mais resistentes aos ventos da vegetação natural dos Açores. Pode-se, por isso de poder entender a forte presença da espécie em cumeadas e zonas de montanha.

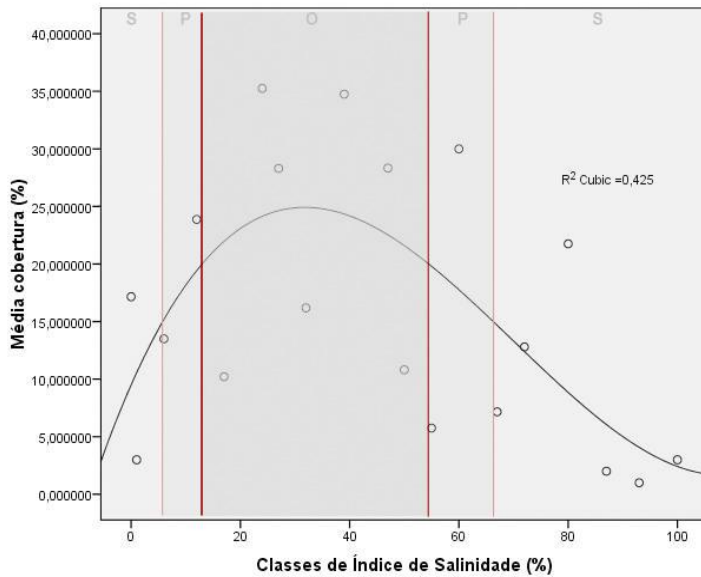


Figura 88 - Curva e resposta da espécie *Erica azorica* à variável, Índice de Salinidade, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice de Salinidade: Na sequência do comportamento da espécie ditada pela sensibilidade aos ventos dominantes, torna-se compreensível que a espécie tenha como ótimo ecológico em relação ao sal de, uma certa percentagem de halofitismo, dado que mesmo nas situações de montanha dos Açores, os sítios muito expostos recebem sempre uma carga de *spray* marítimo. Assim, a espécie mostra algum *stress* nas situações de completa ausência de sal, sendo por outro lado, capaz de suportar zonas de costa com elevado valor de *spray* marítimo.

- ✿ A ***Euphorbia azorica*** é uma planta ascendente até cerca de 30-50 cm, raramente perene, simples ou ramificada desde a base. As flores não têm pétalas e são suportadas em umbelas do tipo cimeira, designado ciato. (Schäfer, 2005)

Esta espécie encontra-se dispersa em falésias costeiras, pedras e lugares desertos até 150 m de altitude.

Distribuição: Presente em todas as ilhas dos Açores. (Dias, *et al*, 2010)

Status e Protecção: Espécie endémica dos Açores e não protegida. (Dias, *et al*, 2010)

O estudo do ótimo ecológico desenvolvido para as diferentes variáveis ambientais deu os seguintes resultados:

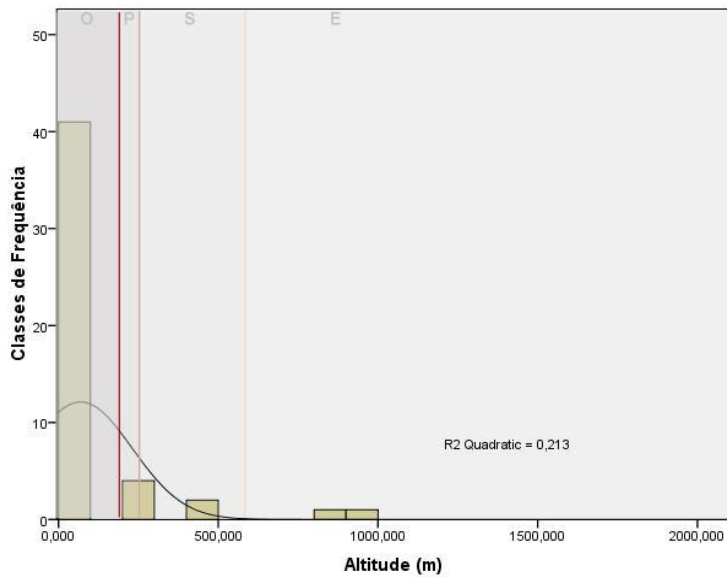


Figura 89 - Curva e resposta da espécie *Euphorbia azorica* à variável, **Altitude**, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Altitude: Confirma-se que a espécie tem uma distribuição em baixas altitudes chegando, raramente, aos 300 m, o que vai de encontro às descrições da estratégia da espécie, que a apontam como uma espécie de costa. O modelo de resposta obtido mostra que a zona do ótimo ecológico é entre os 10-100 m. A zona de stress começa a partir de cerca de 150 m de altitude, e para valores superiores a 400 m, deixa de conseguir sobreviver.

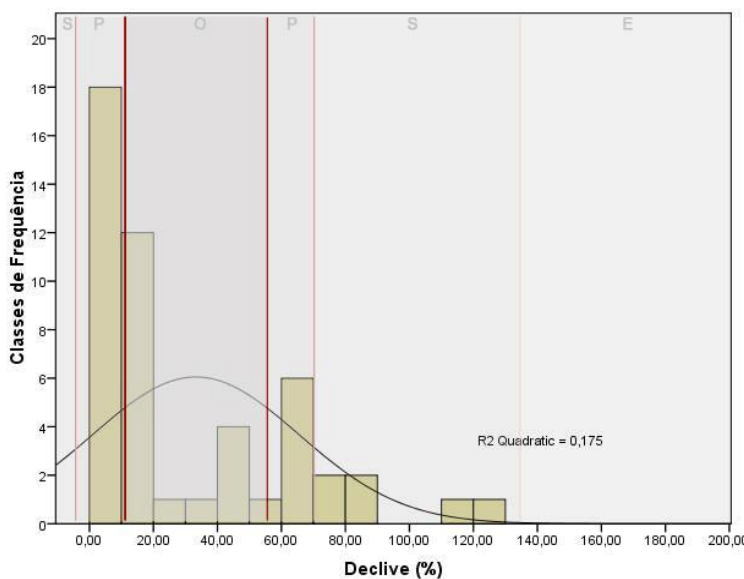


Figura 90 - Curva e resposta da espécie *Euphorbia azorica* à variável, **Declive**, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Declive: A *Euphorbia azorica* mostra uma tendência para ter um ótimo associado a declives relativamente baixos (entre 20-50%), e a partir de 80% entra numa zona de baixa frequência. Esta distribuição, relativamente ao declive, não confirma a ecologia apontada para a espécie, uma vez que esta não se encontra predominantemente em falésias costeiras.

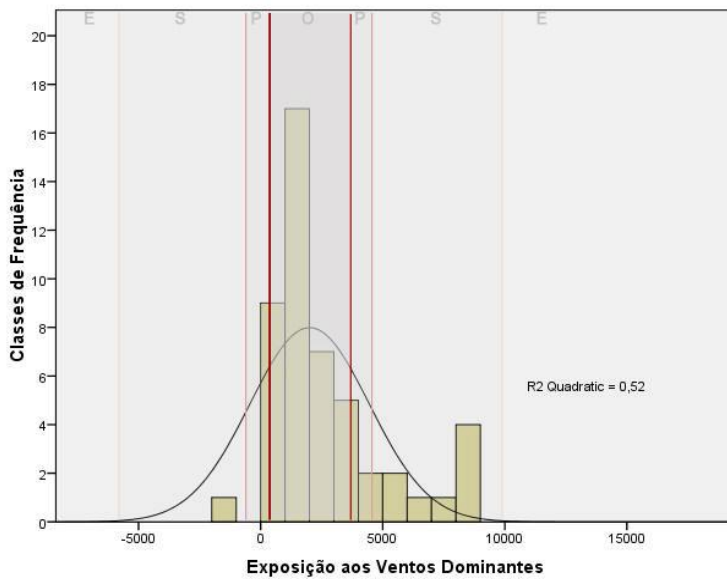


Figura 91 - Curva e resposta da espécie *Euphorbia azorica* à variável, Exposição aos Ventos Dominantes, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição aos Ventos Dominantes: A espécie mostra tendência para suportar intensidades de exposição aos ventos moderada, situando-se o ótimo em zonas relativamente abrigadas (0-3500 de índice de exposição), provavelmente associadas a algum distúrbio ou áreas desertas e abandonadas. Também é possível verificar que a partir do valor de 5000 de exposição aos ventos dominantes, a espécie entra em stress.

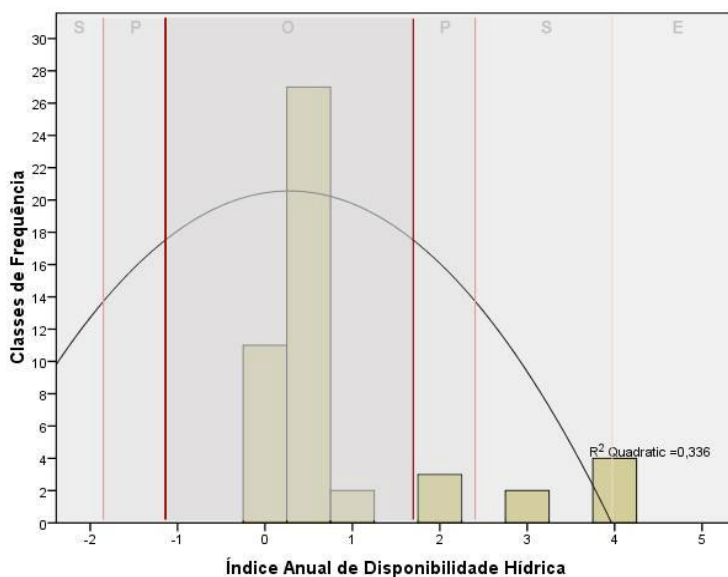


Figura 92 - Curva e resposta da espécie *Euphorbia azorica* à variável, Índice Anual de Disponibilidade Hídrica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice Anual de Disponibilidade Hídrica: A *Euphorbia azorica* apresenta um ótimo ecológico associado a situações de disponibilidade hídrica equilibradas, o que também pode levar a supor que esta espécie necessita de uma certa quantidade de água no solo para germinar e sobreviver. Para valores negativos, que corresponde a stress hídrico, a espécie não sobrevive, como também o inverso, ou seja, em situações de encharcamento do solo. O valor de ótimo localiza-se entre 0 – 1.

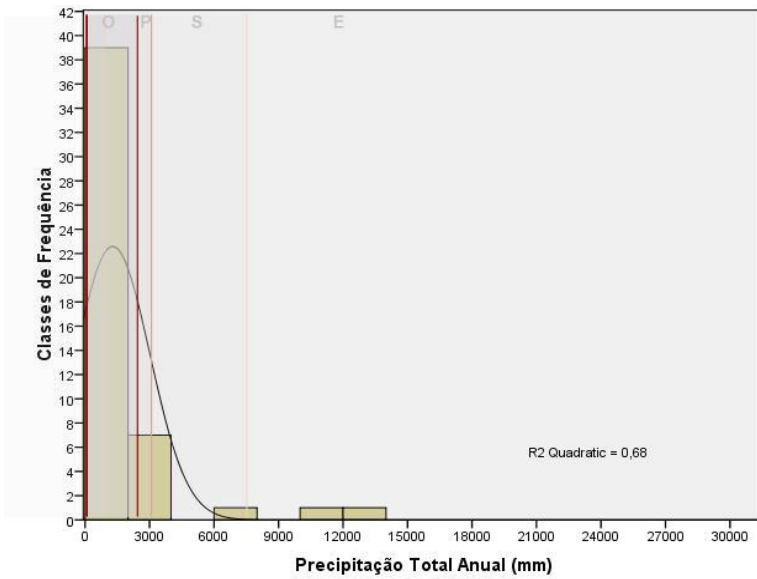


Figura 93 - Curva e resposta da espécie *Euphorbia azorica* à variável, Precipitação Total Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Precipitação Total Anual: A espécie mostra um ótimo ecológico para valores de precipitação baixos, situando-se o pico para a espécie entre os 100 - 2500 mm, o que vai de encontro à ecologia da *Euphorbia*.

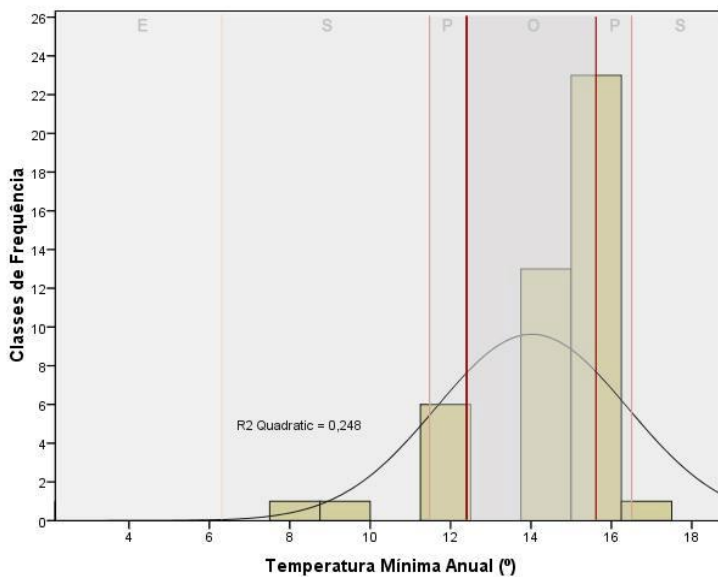


Figura 94 - Curva e resposta da espécie *Euphorbia azorica* à variável, Temperatura Mínima Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Temperatura Mínima Anual: O ótimo ecológico para a *Euphorbia azorica* encontra-se para valores elevados de Temperatura Mínima, 12-15°, o que é perfeitamente explicável dado que esta espécie se distribui em zonas costeiras.

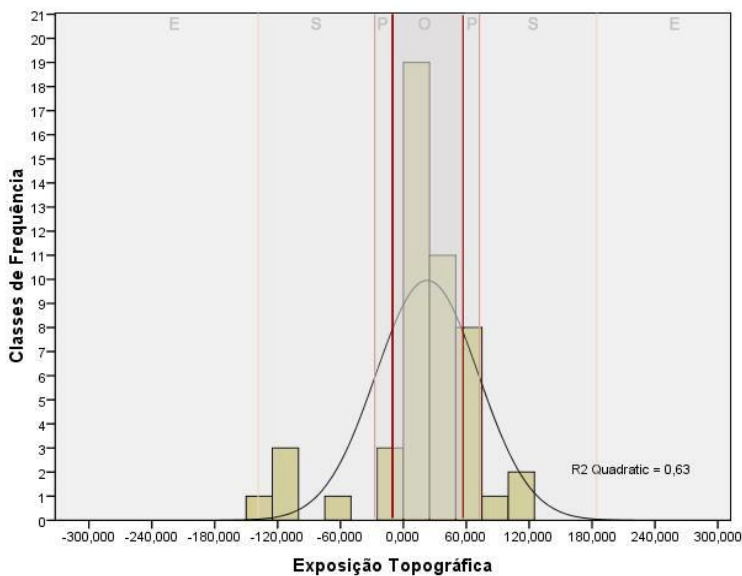


Figura 95 - Curva e resposta da espécie *Euphorbia azorica* à variável, Exposição Topográfica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição Topográfica: Esta espécie apresenta o seu óptimo ecológico em zonas abrigadas, característico dos habitats litorais, mostrando ser, pelo decréscimo rápido a partir de 85 muito sensível aos ventos. Este facto pode estar relacionado com o porte de arbusto baixo monopodial que a torna muito instável e susceptível na sua estrutura de crescimento.

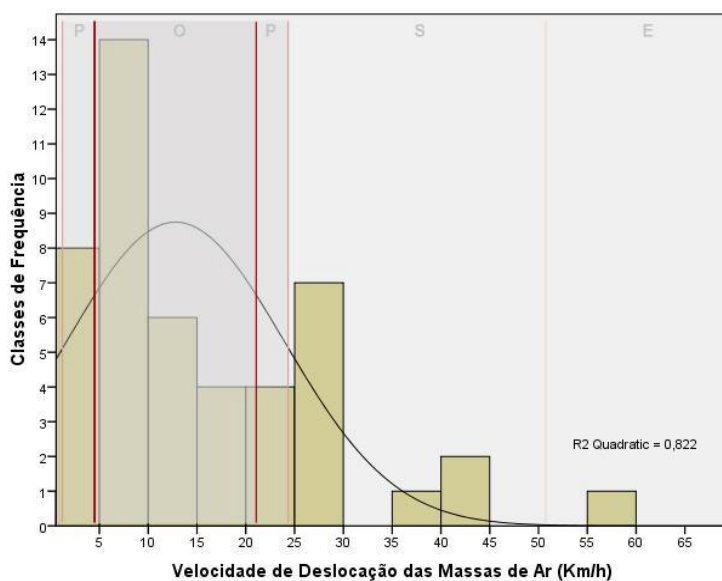


Figura 96 - Curva e resposta da espécie *Euphorbia azorica* à variável, Velocidade de Deslocação das Massas de Ar, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Velocidade de Deslocação das Massas de Ar: Esta espécie mostra um óptimo ecológico para fraca intensidade de vento (entre 5 – 20 Km/h), embora um pouco mais elevado que o *Asplenium marinum* e *Azorina vidalii*. No entanto, a partir de 45 Km/h deixa de conseguir resistir, provavelmente pela discussão apresentada no ponto anterior (Exposição topográfica).

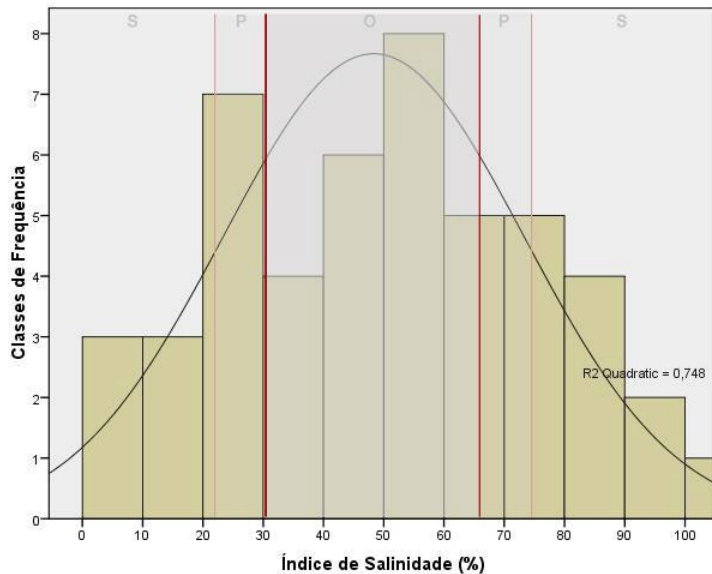


Figura 97 - Curva e resposta da espécie *Euphorbia azorica* à variável, Índice de Salinidade, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice de Salinidade: Na sequência do comportamento da espécie ditada pela vulnerabilidade aos ventos dominantes e pela altitude a que se encontra torna-se perceptível que a espécie tenha como óptimo ecológico em relação ao sal uma grande percentagem de halofitismo, estando o óptimo entre os valores de 30-65%.

Também é possível verificar que a *Euphorbia* consegue suportar 100% de salinidade, o que mostra que é claramente halófita, possuindo um conjunto de condições fisiológicas que possibilitam a sua sobrevivência em ambientes salinos, e de resistência ao sal.

☼ A ***Festuca francoi*** é uma planta de 30-60 cm; folhas lineares e lisas.

Espiguetas delgadas, panículas, com 3 a 5 flores, de 7-10 mm. Fruto é uma cariopse oblonga. (Schäfer, 2005)

Esta espécie é típica de encostas íngremes, em ravinas e crateras, prados naturais mais húmidos, particularmente acima de 500 m.

A espécie tem uma forte capacidade de suportar *stress* fisiológicos, sejam por défice hídrico, sejam de intensidade de vento, dado que, as suas folhas em forma tubo tem os estomas dispostos em sucros estomáticos ao longo da face interna da folha, protegidos no interior do tubo. Por isso, a folha alarga ou enrola o limbo consoante o *stress*, e assim consegue proteger-se dos *stresses* ambientais. Por outro lado, no hábito da espécie, ela organiza-se num duplo V, uma vez que, as folhas mortas mantêm-se presas ao colo da planta descaídas, formando uma saia que permite à planta estabilizar os detritos onde se encontra enraizada e desviar a água escorrente, diminuindo assim, os fenómenos erosivos. (PRIETO, *et al.*, 2008)

Distribuição: Presente em todas as ilhas dos Açores. (Dias, *et al.*, 2010)

Status e Protecção: Espécie endémica dos Açores e não protegida. (Dias, *et al.*, 2010)

Deste modo, o estudo do óptimo ecológico desenvolvido para as diferentes variáveis ambientais deu os seguintes resultados:

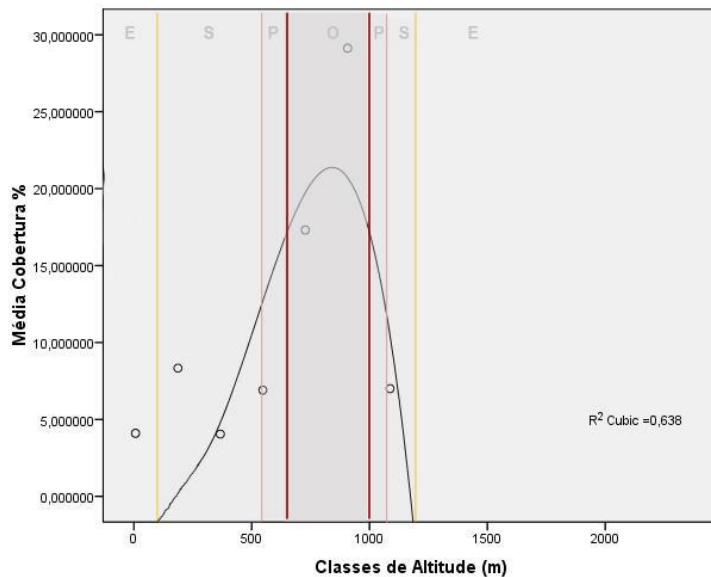


Figura 98 – Curva e resposta da espécie *Festuca francoi* à variável, Altitude, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Altitude: Confirma-se que a espécie tem uma distribuição altitudinal ótima entre os 600 e 1000 m. No entanto, a partir de cerca de 1200 m de altitude, a *Festuca* entra na zona de exclusão, onde não consegue se manter. Por outro lado, os limites inferiores permitem diferenciar esta espécie da *Festuca petraea*, espécie vicariante associada aos taludes de baixa altitude. Embora, o modelo aponte os 600 m como altitude mínima ótima, os dados de campo permitem-nos detectar que a espécie aparece em ambientes até 100 m, tornando-se assim possível de utilizar nas zonas altas da Fajã do Calhau.

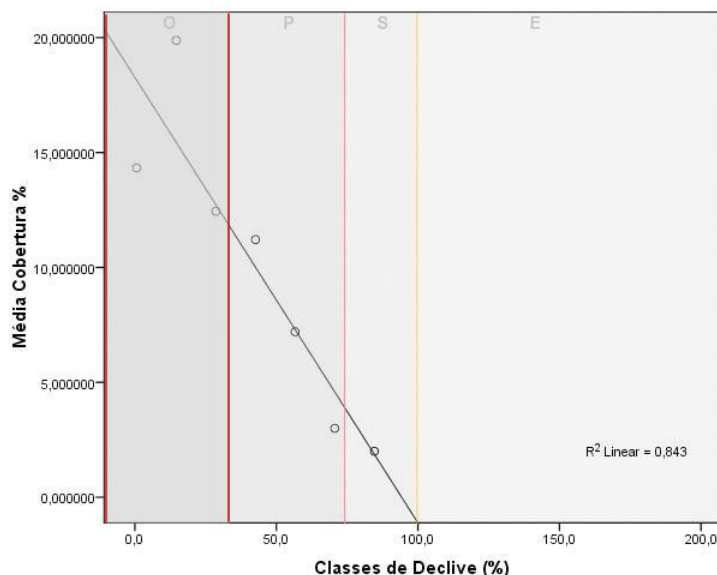


Figura 99 - Curva e resposta da espécie *Festuca francoi* à variável, Declive, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Declive: A espécie mostra ter uma tendência inversamente proporcional com o declive, isto é, à medida que o declive aumenta a percentagem média de cobertura da *Festuca francoi* diminui. O valor ótimo de declive encontra-se entre os 0 – 40% de declive.

Estes dados parecem não confirmar o descrito na literatura, uma vez que esta é caracterizada por surgir em encostas íngremes, em ravinas e crateras. Todavia, os dados de campo mostram que os maiores valores cobertura são, de facto obtidos, nos prados de montanha, que se desenvolvem em baixos declives, mas existe uma comunidade com baixas coberturas de *Festuca*, mas elevado valor patrimonial dos taludes e ravinas de montanha, onde a espécie tem um papel fundamental de combate à erosão, podendo ser indicada como um instrumento de bioengenharia.

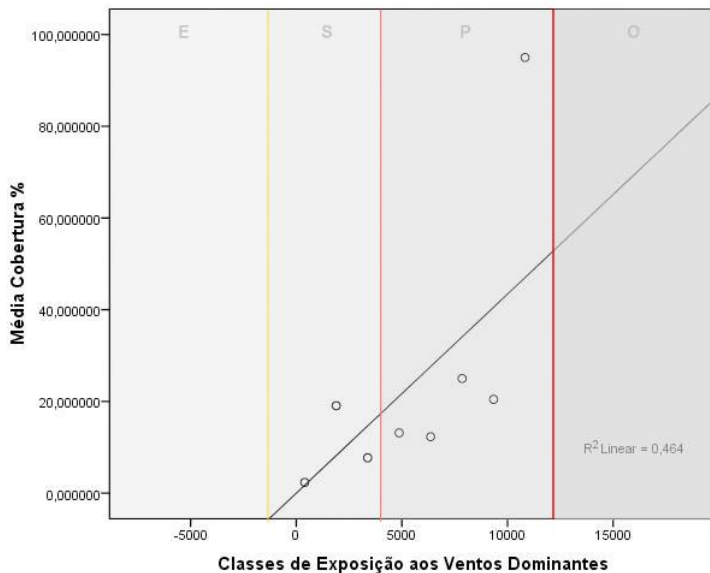


Figura 100 - Curva e resposta da espécie *Festuca francoi* à variável, Exposição aos Ventos Dominantes, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição aos Ventos Dominantes: A espécie mostra um comportamento inversamente proporcional à exposição aos ventos, uma vez que a cobertura média aumenta à medida que o valor de exposição aumenta, mostrando que esta espécie tem uma clara vantagem competitiva nas zonas muito expostas aos ventos dominantes, estando relacionado com as características ecofisiológicas da espécie.

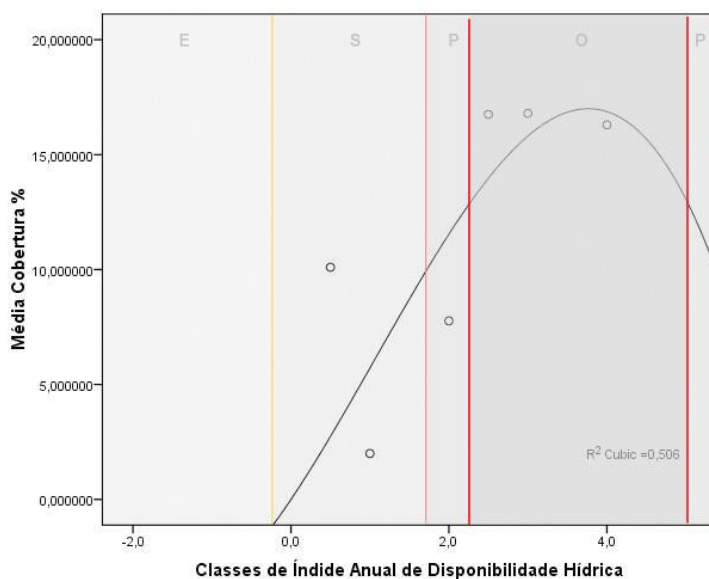


Figura 101 - Curva e resposta da espécie *Festuca francoi* à variável, Índice Anual de Disponibilidade Hídrica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice Anual de Disponibilidade Hídrica: O óptimo ecológico encontra-se em torno do valor 4 do índice, o que corresponde a elevados valores de encharcamento anuais, confirmando assim, as tendências desta espécie para os locais ventosos das montanhas dos Açores, sempre muito húmidos pela elevada precipitação oculta.

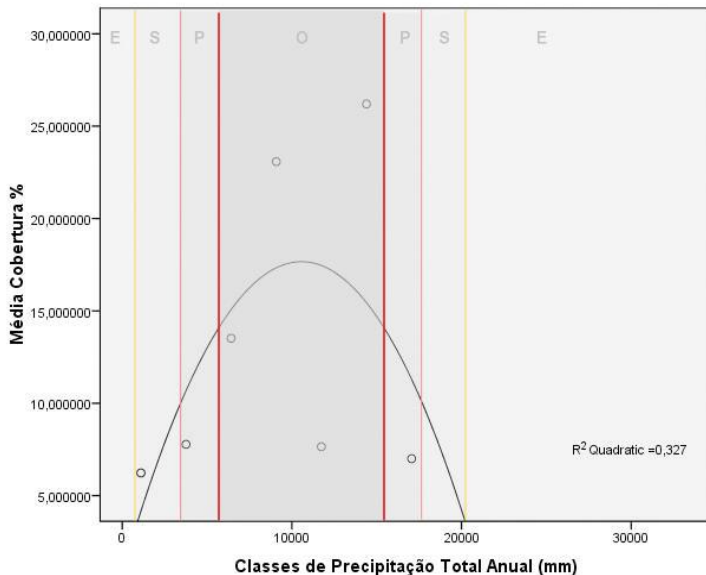


Figura 102 - Curva e resposta da espécie *Festuca francoi* à variável, Precipitação Total Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Precipitação Total Anual: O óptimo da espécie encontra-se em elevados valores de precipitação (10000mm), uma vez que se tratam de habitats de montanha com elevados valores de precipitação oculta. No entanto, a espécie tem uma distribuição para áreas valores muito baixos, no seu limite inferior, o que está de acordo com a possibilidade da espécie colonizar altitudes mais baixas.

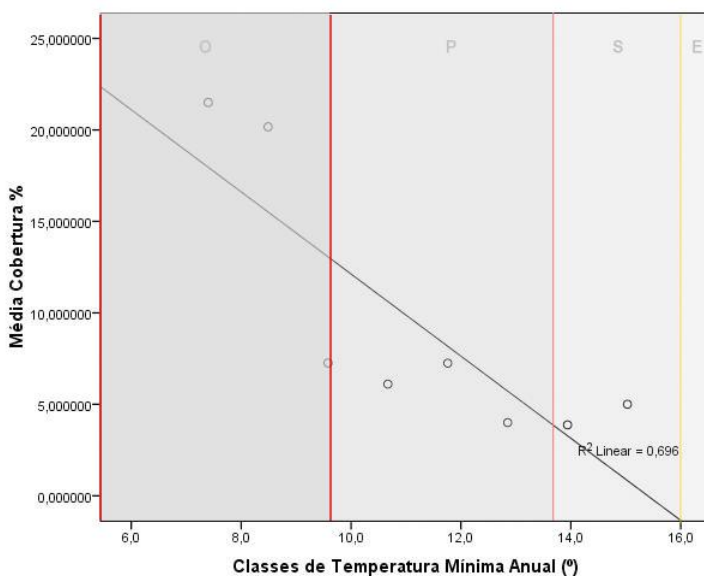


Figura 103 - Curva e resposta da espécie *Festuca francoi* à variável, Temperatura Mínima Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Temperatura Mínima Anual: A espécie mostra ter uma correlação positiva com a diminuição da temperatura. Assim, trata-se de uma espécie altamente adaptada às condições de montanha. Este parâmetro, sendo eventualmente restrito para as montanhas, revela, provavelmente, as restrições de distribuição altitudinal que a espécie apresenta nos Açores de se limitar a estas zonas, por procurar habitats com temperaturas mais baixas, dado que, já vimos para outros parâmetros que ela pode colonizar zonas de menor altitude.

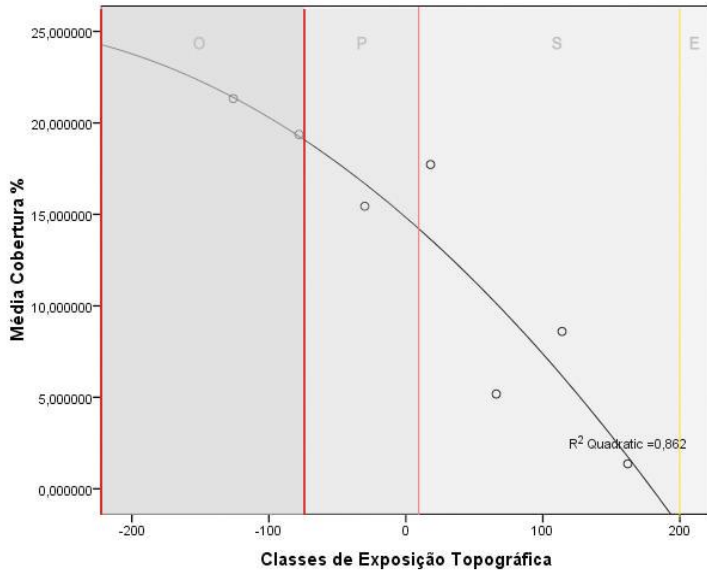


Figura 104 - Curva e resposta da espécie *Festuca francoi* à variável, Exposição Topográfica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição Topográfica: O ótimo da *Festuca francoi* encontra-se em habitats severamente expostos, estando em concuminância com todo um conjunto de parâmetros que configuram os prados e as ravinas de montanha. Esta característica de grande resistência à exposição, associada à possibilidade de crescimento em taludes torna-a numa excelente espécie para bioengenharia, em trabalhos de restauro ecológico.

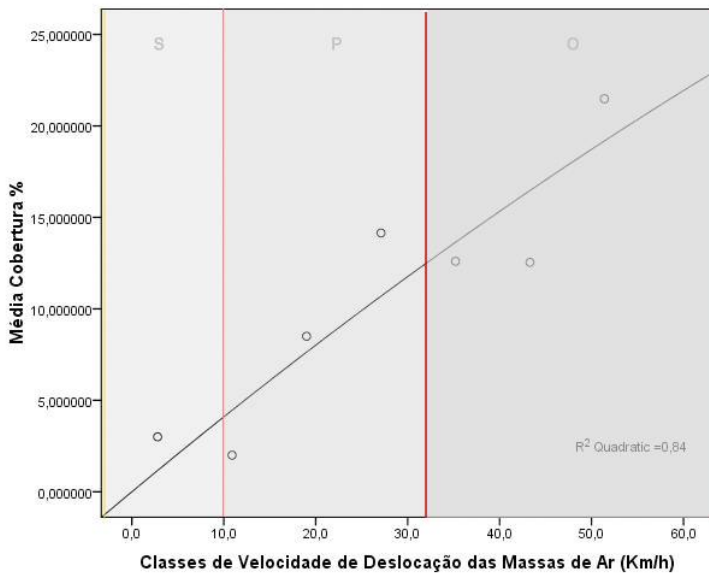


Figura 105 - Curva e resposta da espécie *Festuca francoi* à variável, Velocidade de Deslocação das Massas de Ar, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Velocidade de Deslocação das Massas de Ar: O ótimo ecológico encontra-se deslocado para zonas com forte intensidade de vento, ultrapassando os limites estudados para os Açores (médias). Por isso, a espécie aparentemente consegue suportar as condições mais extremas dos ventos ciclónicos das montanhas açorianas, o que está de acordo com os dados fitossociológicos, indicando a espécie para as comunidades que suportam condições mais extremas das montanhas, como os Prados de *Deschampsia*, de acordo com os estudos de DIAS, 1996.

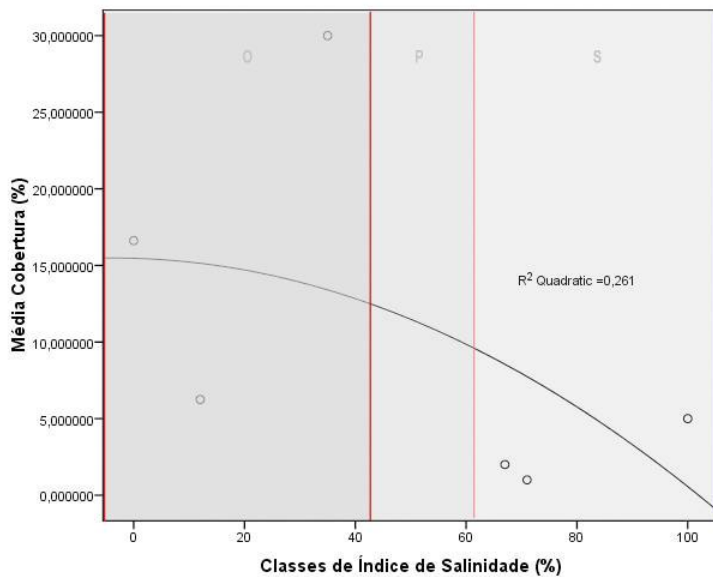


Figura 106 - Curva e resposta da espécie *Festuca francoi* à variável, Índice de Salinidade, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice de Salinidade: A espécie mostra uma relação negativa com o sal, isto é, não suporta grandes exposições ao *spray* marítimo, o que confirma o seu habitat associado a zonas de elevada precipitação e portanto de baixa condutividade.

- ✿ A *Festuca petraea* é uma planta de 30-70 cm; folhas lineares; espiguetas densas com ramos pubescentes, 3-5 flores com 6-7 mm; Inflorescência: panícula. (SCHÄFER, 2005)

Esta espécie, conhecida como brasel-da-rocha, aparece em quase todas as comunidades costeiras, desde zonas de lavas expostas, até povoamentos densos, em zonas de solos mais profundos, quer sejam depósitos de vertente recentes, quer sejam falésias costeiras, em encostas íngremes e calhaus rolados, particularmente abaixo dos 200 m.

Distribuição: Presente em todas as ilhas dos Açores. (DIAS, *et al*, 2010)

Status e Protecção: Espécie endémica dos Açores e não protegida. (DIAS, *et al*, 2010)

Deste modo, o estudo do ótimo ecológico desenvolvido para as diferentes variáveis ambientais deu os seguintes resultados:

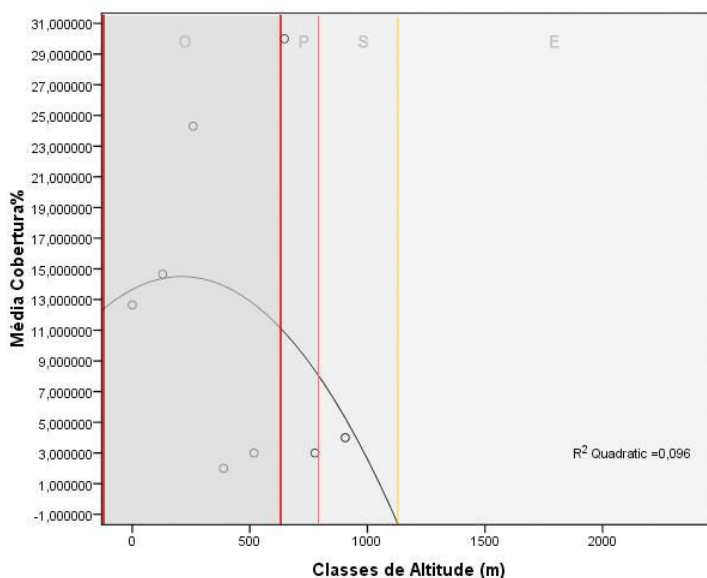


Figura 107 - Curva e resposta da espécie *Festuca petraea* à variável, Altitude, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Altitude: Confirma-se que a espécie tem uma distribuição em altitudes médias, em que o modelo de resposta obtido mostra que a zona do óptimo ecológico é entre os 0 - 600 m. A zona de *stress* começa a partir de cerca de 800 m de altitude, e para valores superiores deixa de conseguir sobreviver.

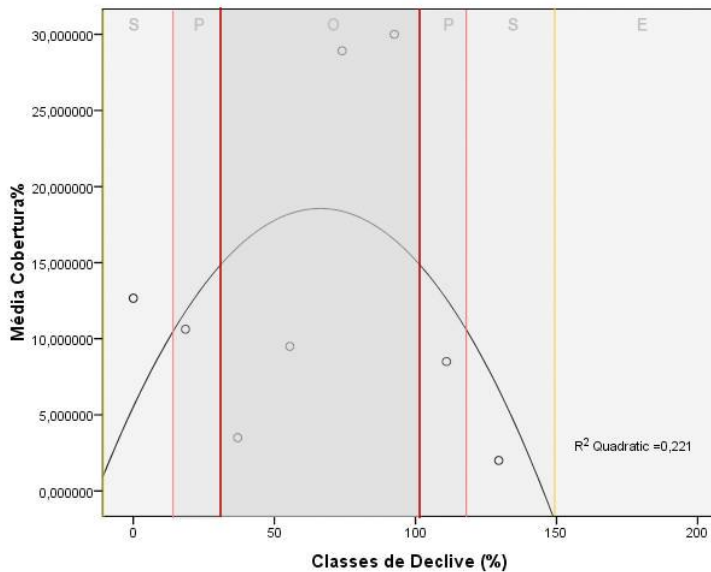


Figura 108 - Curva e resposta da espécie *Festuca petraea* à variável, Declive, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Declive: A espécie mostra ter uma tendência para declives médios a altos, isto é, o valor de óptimo encontra-se entre os 40 – 100% de declive.

Estes dados parecem confirmar o descrito na literatura, uma vez que esta é caracterizada por surgir em depósitos de vertente recentes, falésias costeiras e em encostas íngremes litorais.

Esta espécie, como a *Festuca francoi* possuem um alto valor patrimonial, dado que tem um papel fundamental de combate à erosão, podendo ser indicada como um instrumento de bioengenharia, para o restauro ecológico da Fajã do Calhau.

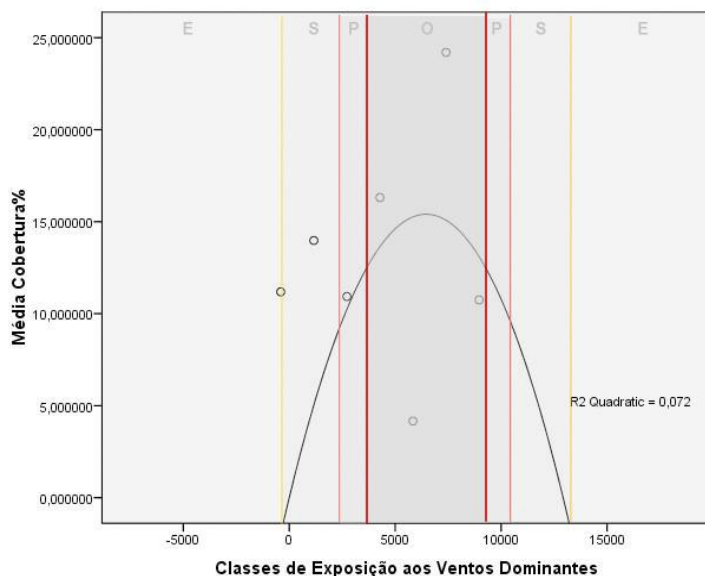


Figura 109 - Curva e resposta da espécie *Festuca petraea* à variável, Exposição aos Ventos Dominantes, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição aos Ventos Dominantes: A espécie mostra tendência para suportar intensidades de exposição aos ventos relativamente intensas, situando-se o óptimo de 4000 – 9000 (índice de exposição). Esta capacidade de suporte aos ventos revela uma clara vantagem competitiva da espécie nas zonas muito expostas aos ventos dominantes, estando relacionado com as características ecofisiológicas da espécie.

Também é possível verificar que a partir do valor de cerca de 13000 de exposição aos ventos dominantes, a espécie deixa de subsistir.

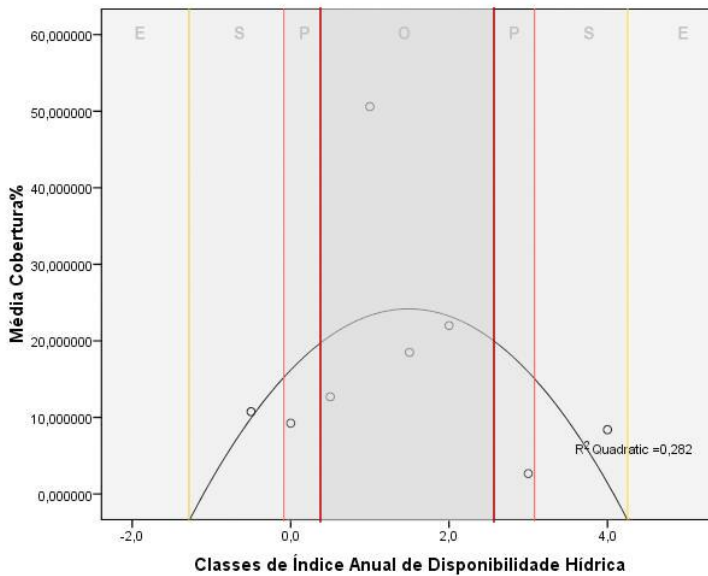


Figura 110 - Curva e resposta da espécie *Festuca petraea* à variável, Índice Anual de Disponibilidade Hídrica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice Anual de Disponibilidade Hídrica: A *Festuca petraea* apresenta um ótimo ecológico associado a situações de disponibilidade hídrica equilibrada, a relativamente encharcado, o que pode levar a supor que esta espécie necessita de uma certa quantidade de água no solo para se desenvolver. Para valores negativos, que corresponde a stress hídrico, a espécie não sobrevive. Porém, este valor relativamente elevado de índice, pode dever-se à distribuição altitudinal da *Festuca petraea*, uma vez que esta espécie chega aos 600 m de altitude. O valor de ótimo localiza-se entre 0 – 2.

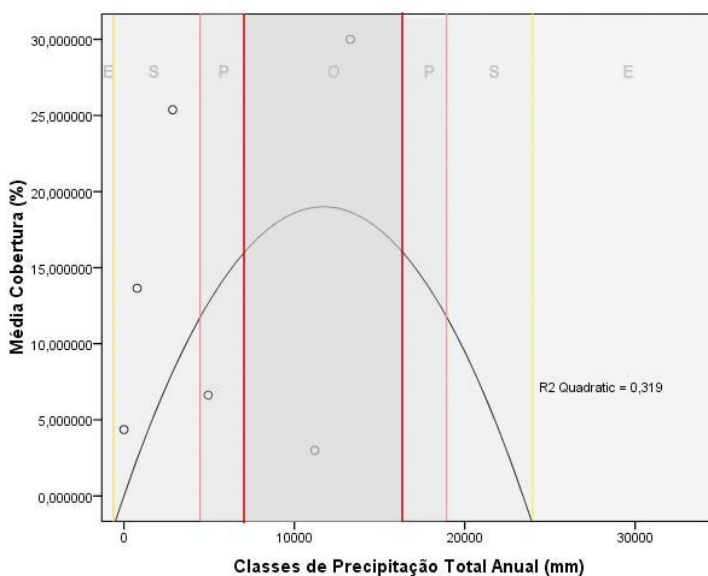


Figura 111 - Curva e resposta da espécie *Festuca petraea* à variável, Precipitação Total Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Precipitação Total Anual: A espécie mostra um óptimo ecológico para valores de precipitação elevado, situando-se o pico para a espécie entre os 9000 - 18000 mm. Estes dados parecem não confirmar o descrito na literatura, uma vez que esta espécie é caracterizada por aparecer em quase todas as comunidades costeiras, particularmente abaixo dos 200 m.

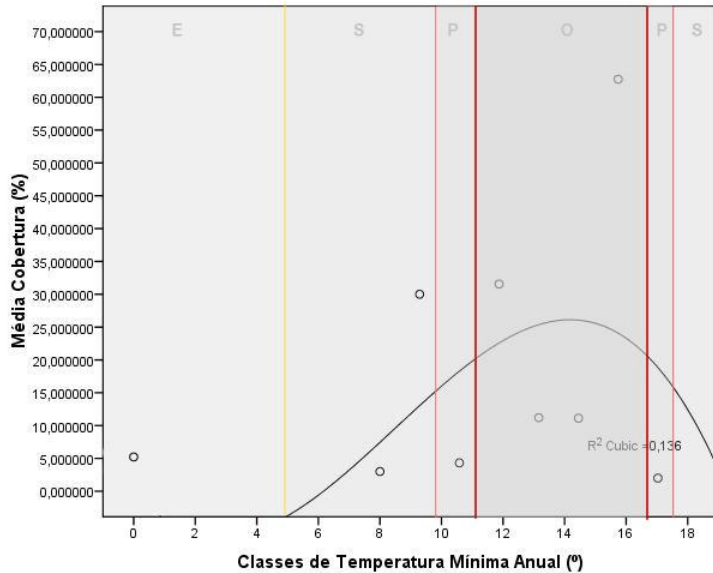


Figura 112 - Curva e resposta da espécie *Festuca petraea* à variável, Temperatura Mínima Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Temperatura Mínima Anual: O óptimo ecológico para a *Festuca petraea* encontra-se para valores elevados de Temperatura Mínima, 11-17°, o que é perfeitamente explicável dado que esta espécie se distribui pelas áreas costeiras açorianas.

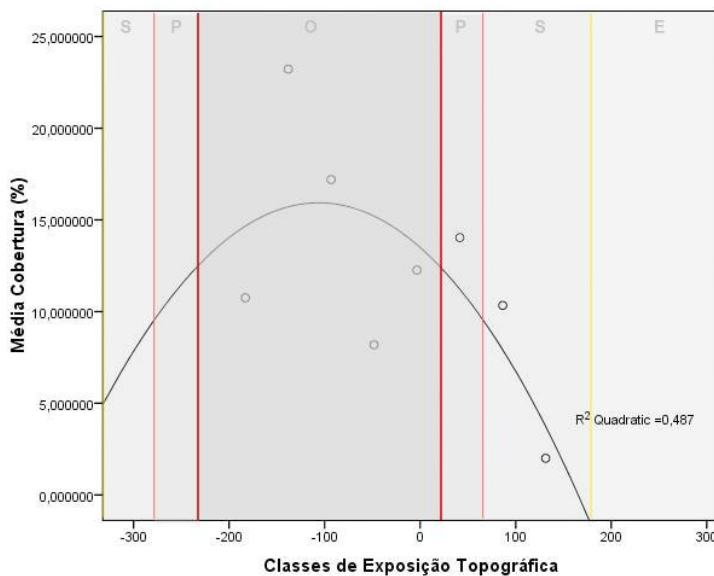


Figura 113 - Curva e resposta da espécie *Festuca petraea* à variável, Exposição Topográfica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição Topográfica: O óptimo da *Festuca petraea* encontra-se em habitats expostos, estando em concuminância com todo um conjunto de parâmetros que configuram os taludes e as falésias costeiras. Esta característica de grande resistência à exposição, associada à possibilidade de crescimento em taludes torna-a numa excelente espécie para bioengenharia, em trabalhos de restauro ecológico.

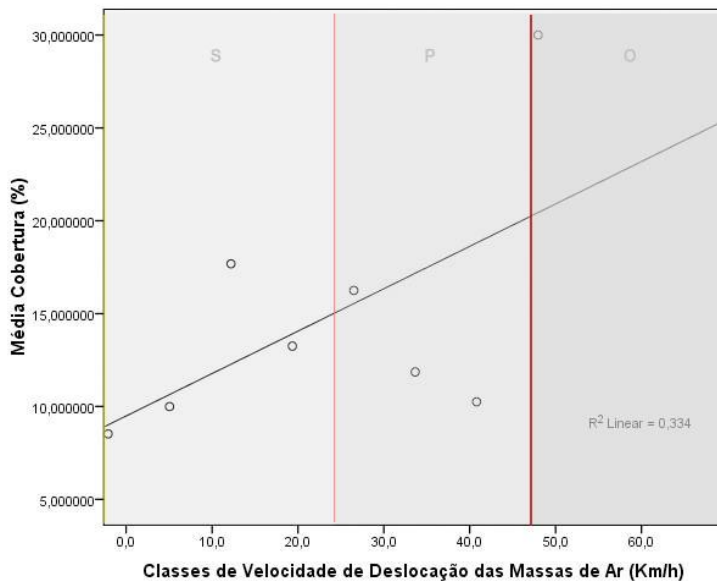


Figura 114 - Curva e resposta da espécie *Festuca petraea* à variável, Velocidade de Deslocação das Massas de Ar, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Velocidade de Deslocação das Massas de Ar: O ótimo ecológico encontra-se deslocado para zonas com forte intensidade de vento. Por isso, a espécie aparentemente consegue suportar as condições mais extremas dos ventos ciclónicos dos Açores.

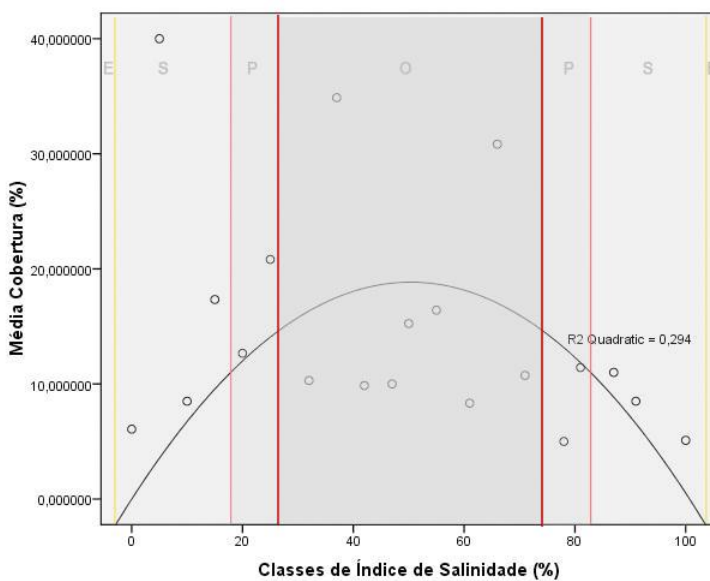


Figura 115 - Curva e resposta da espécie *Festuca petraea* à variável, Índice de Salinidade, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice de Salinidade: Na sequência do comportamento da espécie ditada pela resistência aos ventos dominantes e pela altitude a que se encontra torna-se perceptível que a espécie tenha como ótimo ecológico em relação ao sal uma grande percentagem de halofitismo, estando o ótimo entre os valores de 30-70%.

Também é possível verificar que a *Festuca petraea* consegue suportar até 100% de salinidade, o que mostra que é claramente halófita, possuindo um conjunto de condições fisiológicas que possibilitam a sua sobrevivência em ambientes salinos.

☼ O *Juniperus brevifolia* é uma espécie dióica.

Arbusto muito compacto, erecto ou prostrado ou pequena árvore até 5 m, de tronco direito ou frequentemente mais ou menos tortuoso ou curvo, até 50 cm de diâmetro; ramos muito numerosos, mais menos patentes; raminhos curtos; folhas em verticilos alternos, linear lanceoladas ou oblongas, ligeiramente estreitas e articuladas na base; Estróbilos masculinos axilares solitários; estróbilos femininos laterais, solitários no extremo de pedúnculos muito curtos e cobertos de brácteas foliáceas muito pequenas. (FERNANDES & FERNANDES, 1980)

O *Juniperus brevifolia* encontra-se desde a costa até às zonas de montanha, podendo ocorrer assim em diversos habitats com condições ambientais bastante distintas.

De acordo com DIAS, *et al.* (in press), a espécie de costa foi encontrada entre os 5 e 10 m de altitude. Mais de 80% destas populações encontram-se mesmo na costa, destas 33% encontram-se em campos de lava. No que diz respeito ao substrato, os indivíduos ocorrem em meios saxícolas, fissurícolas e terrícolas. Por outro lado, a espécie de média altitude, em altitudes médias de 350 m, ocorre em encostas de escoadas cordadas.

Em consonância com os autores citados anteriormente, a espécie em termos de geomorfologia ocorre em situações bastante diversas, desde encostas a planaltos, zonas de ribeiras ou mesmo vales endorreicos. Esta espécie é normalmente relacionada com um substrato húmido podendo mesmo estar numa turfeira de *Sphagnum* spp. ou constituir por si só uma turfeira florestada. DIAS, 1996, obteve dados que permitiram afirmar que, por exemplo na Serra de Santa Bárbara (ilha Terceira), os valores de pluviosidade atingem valores de 4920 mm. Em termos de temperatura estas não parecem atingir amplitudes nem valores mínimos que constituam factor limitante ao desenvolvimento vegetativo da espécie, embora possa, ocorrer geadas acima dos 600 m.

Distribuição: Presente em todas as ilhas dos Açores, excepto Graciosa. (DIAS, *et al.*, 2010)

Status e Protecção: Espécie endémica dos Açores e protegida pela Convenção de Berna. (DIAS, *et al.*, 2010)

Deste modo, o estudo do óptimo ecológico desenvolvido para as diferentes variáveis ambientais deu os seguintes resultados:

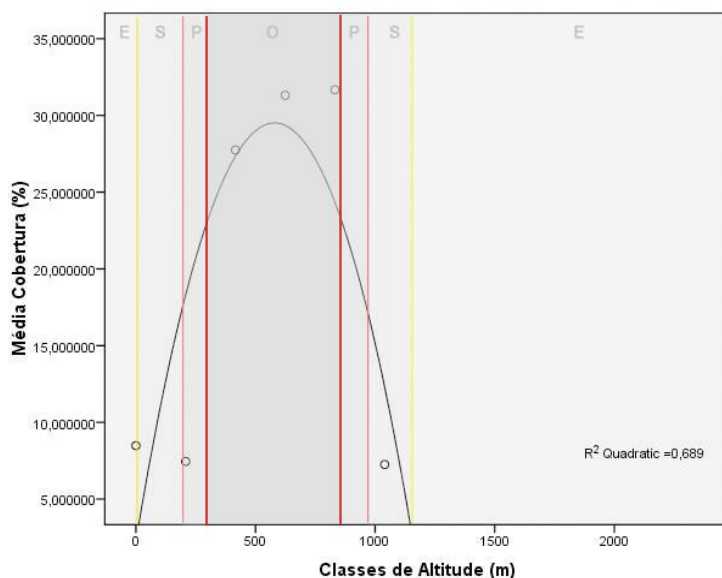


Figura 116 - Curva e resposta da espécie *Juniperus brevifolia* à variável, Altitude, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Óptimo Ecológico.

Altitude: Confirma-se que a espécie tem uma distribuição altitudinal desde zonas mais litorais até aos 1200 metros de altitude (zonas de montanha). O modelo de resposta obtido mostra que a zona do óptimo ecológico é bastante ampla, mostrando condições favoráveis desde os 320 m até aos cerca de 900 metros, o que corresponde à grande parte da superfície geográfica dos Açores. Porém, a partir dos 1000 metros a espécie entra em zona de *stress*.

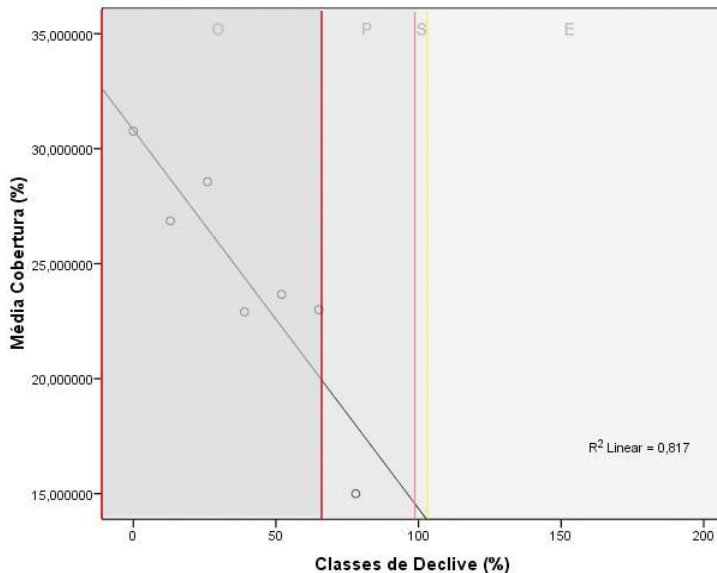


Figura 117 - Curva e resposta da espécie *Juniperus brevifolia* à variável, Declive, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Declive: A espécie mostra ter uma tendência inversamente proporcional com o declive, isto é, à medida que o declive aumenta a percentagem média de cobertura do *Juniperus brevifolia* diminui. No entanto, o valor óptimo de declive encontra-se entre os 0 – 60% de declive, o que vai de encontro à literatura, dado que ocorre em encostas de escodas cordadas, em altitudes médias.

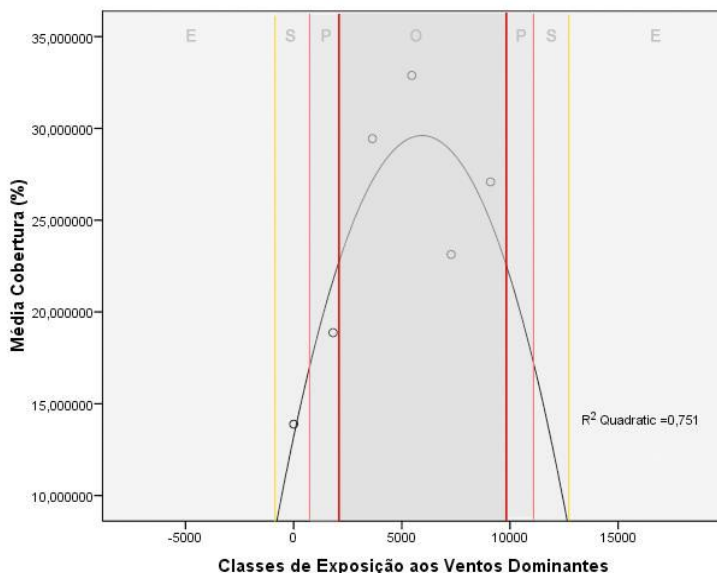


Figura 118 - Curva e resposta da espécie *Juniperus brevifolia* à variável, Exposição aos Ventos Dominantes, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição aos Ventos Dominantes: A espécie mostra tendência para suportar intensidades de exposição aos ventos intensas, situando-se o óptimo entre 4000 – 10000 (índice de exposição). Esta capacidade de suporte aos ventos revela uma clara vantagem competitiva da espécie nas zonas muito expostas aos ventos dominantes.

Também é possível verificar que a partir do valor de cerca de 12000 de exposição aos ventos dominantes, a espécie deixa de manter-se.

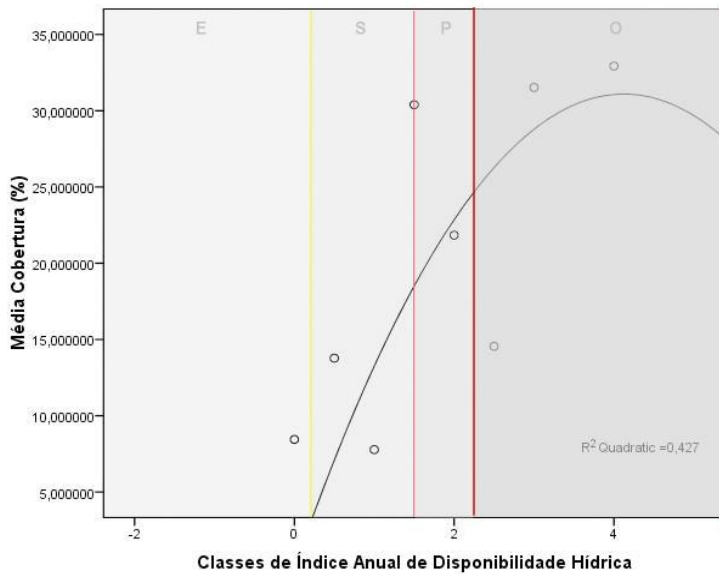


Figura 119 - Curva e resposta da espécie *Juniperus brevifolia* à variável, Índice Anual de Disponibilidade Hídrica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice Anual de Disponibilidade Hídrica: O ótimo ecológico encontra-se em torno dos valores de 2-4 do índice, o que corresponde a elevados valores de encharcamento anuais, confirmando assim, as tendências desta espécie em suportar locais ventosos das montanhas dos Açores, sempre muito húmidos pela elevada precipitação oculta.

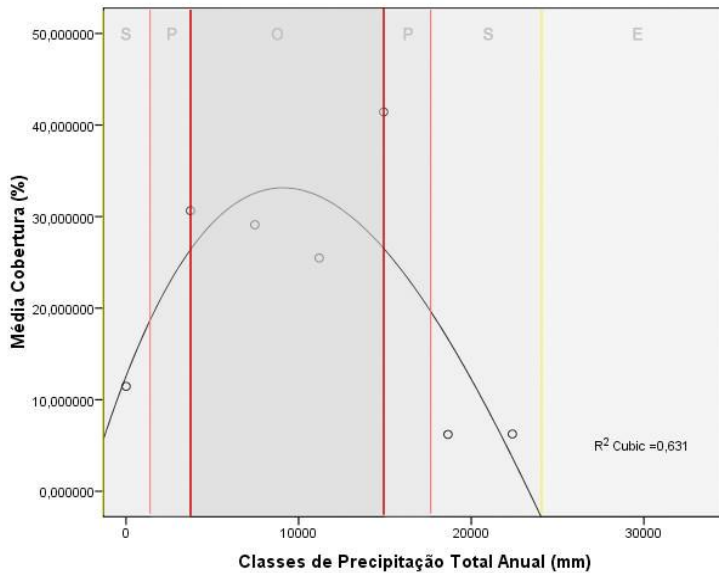


Figura 120 - Curva e resposta da espécie *Juniperus brevifolia* à variável, Precipitação Total Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Precipitação Total Anual: O ótimo da espécie encontra-se em elevados valores de precipitação (10000 mm), uma vez que se tratam de habitats de montanha com elevados valores de precipitação oculta, podendo no entanto, a espécie ter uma distribuição para valores muito baixos no seu limite inferior, o que está de acordo com a possibilidade da espécie colonizar zonas mais litorais.

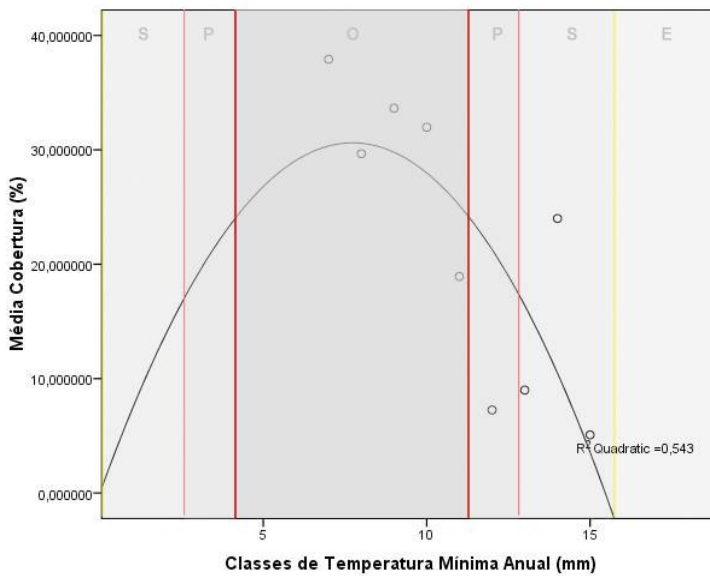


Figura 121 - Curva e resposta da espécie *Juniperus brevifolia* à variável, Temperatura Mínima Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Temperatura Mínima Anual: O ótimo ecológico para o *Juniperus brevifolia* encontra-se para valores baixos a médios de Temperatura Mínima, 4-11°, o que é perfeitamente explicável dado que esta espécie se distribui desde as áreas mais costeiras açorianas às zonas altas de montanha.

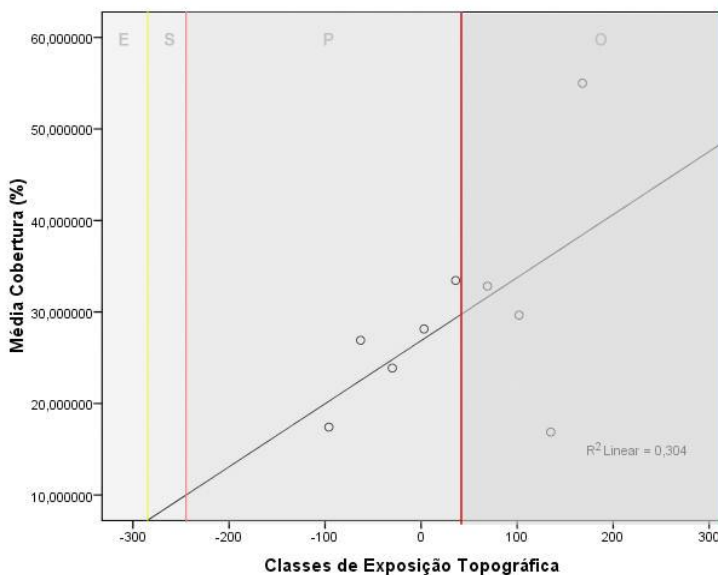


Figura 122 - Curva e resposta da espécie *Juniperus brevifolia* à variável, Exposição Topográfica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição Topográfica: O ótimo do *J. brevifolia* encontra-se em habitats abrigados, embora pareça não corresponder ao habitat típico desta espécie, uma vez que se encontra em zonas de montanha com elevada exposição, de acordo com as outras variáveis analisadas.

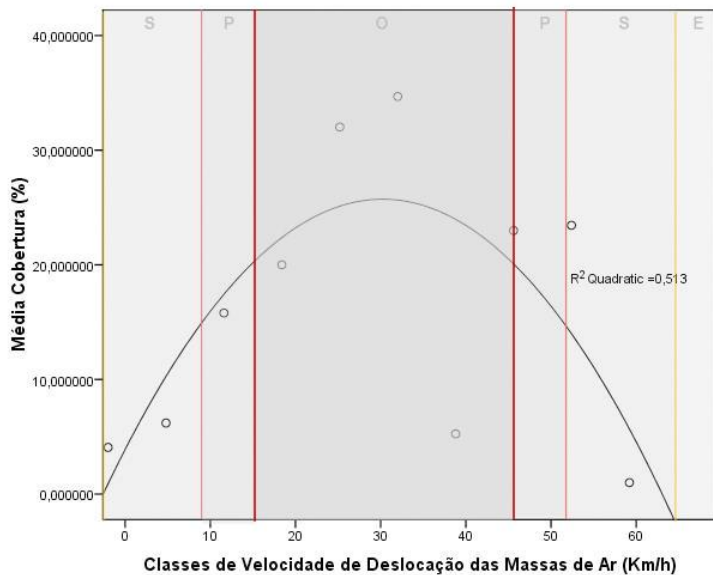


Figura 123 - Curva e resposta da espécie *Juniperus brevifolia* à variável, Velocidade de Deslocação das Massas de Ar, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Velocidade de Deslocação das Massas de Ar: O *Juniperus brevifolia* mostra que tem uma amplitude de resistência aos ventos relativamente longa, com uma disponibilidade para zonas de ventos intensos (acima de 45 Km/h), podendo claramente suportar velocidades médias de 60Km/h, sendo assim uma das espécies mais resistentes da vegetação natural dos Açores, e por isso se poder entender a presença da espécie em cumeadas, encostas e zonas de montanha.

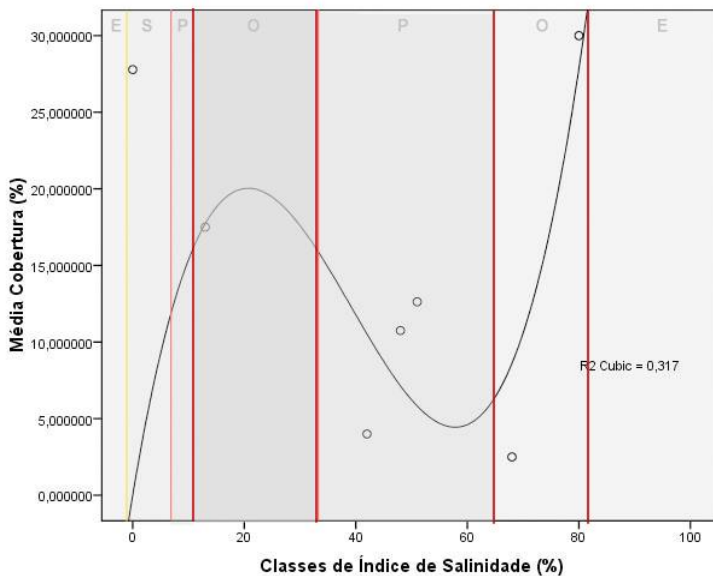


Figura 124 - Curva e resposta da espécie *Juniperus brevifolia* à variável, Índice de Salinidade, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice de Salinidade: A espécie mostra um comportamento binominal, sendo que tem como ótimo ecológico em relação ao sal, uma certa percentagem de halofitismo, dado que mesmo nas situações de montanha dos Açores, os sítios muito expostos recebem sempre uma carga de *spray* marítimo. Assim, a espécie mostra algum *stress* nas situações de completa ausência de sal, sendo por outro lado, capaz de suportar zonas de costa com elevado valor de *spray* marítimo (60-80%). No entanto, a partir de 80% de índice de sal o *J. brevifolia* deixa de se manter.

- ✿ O ***Laurus azorica*** uma espécie arbórea, com uma altura média que rondará os 10 m e um importante elemento das florestas nativas de altitude, dióico e com copa densa (DIAS, *et al.*, 2007).

As folhas simples, alternas, elípticas a ovadas, agudas, verde-claras, glabras, com as margens algo onduladas e aromáticas. Flores amareladas em umbelas sésseis; fruto é uma drupa, ovóide. (SCHÄFER, 2005)

De acordo com DIAS, *et al.*, 2007, a espécie mais emblemática e estruturante das florestas de Laurissilva dos Açores teria a sua distribuição apenas limitada pelo vento e distúrbios. As suas folhas perenes e largas não suportam os ventos fortes mas, ao conjugarmos a distribuição actual com os dados históricos e com fósseis, verificamos uma distribuição muito ampla. No entanto não suporta o sal nem as zonas de altitude acima dos 1000 m. A sua distribuição parece estar estabilizada e mesmo com tendência a recuperar em áreas de reserva natural. A sua elevada capacidade de regeneração quer vegetativa, quer por semente, associada à elevada toxicidade das partes verdes, será em boa parte responsável por isso. A sua dispersão é condição necessária para restauros da Floresta de Laurissilva, dado que constitui a espécie estruturante.

Distribuição: Presente em todas as ilhas dos Açores. (DIAS, *et al.*, 2010)

Status e Protecção: Espécie endémica dos Açores e não protegida. (DIAS, *et al.*, 2010)

Deste modo, o estudo do óptimo ecológico desenvolvido para as diferentes variáveis ambientais deu os seguintes resultados:

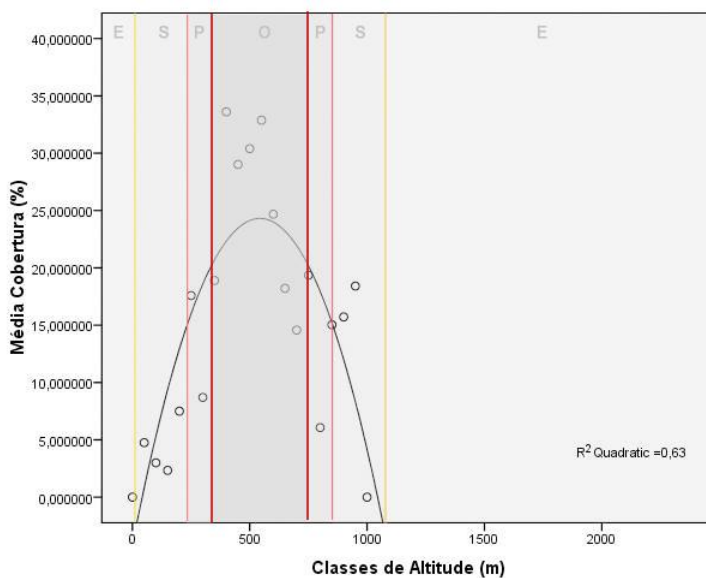


Figura 125 - Curva e resposta da espécie *Laurus azorica* à variável, Altitude, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Óptimo Ecológico.

Altitude: Confirma-se que a espécie tem uma distribuição altitudinal óptima em média altitude (400-700m), e a partir de cerca dos 800 m entra em *stress*, deixando de conseguir sobreviver. Tal facto vai de encontro à literatura, que revela que esta espécie não suporta o sal, nem as zonas de altitude acima dos 1000 m.

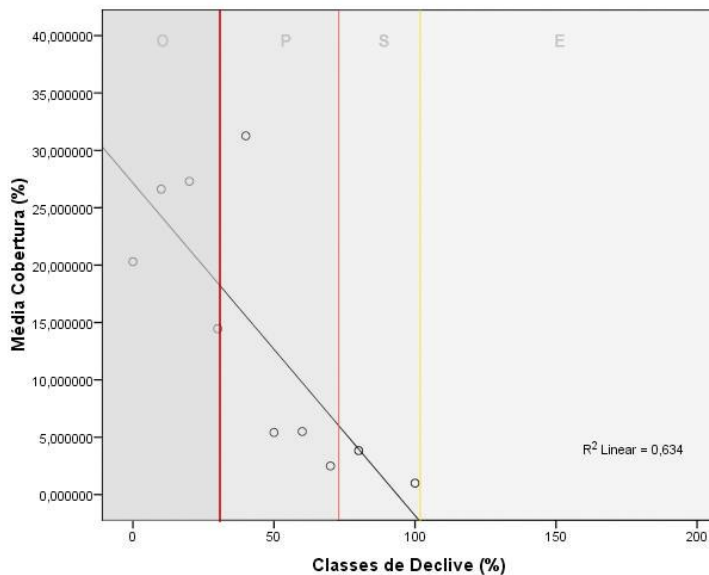


Figura 126 - Curva e resposta da espécie *Laurus azorica* à variável, Declive, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Declive: A espécie mostra ter uma tendência inversamente proporcional com o declive, isto é, à medida que o declive aumenta a percentagem média de cobertura do *Laurus azorica* diminui. O valor do ótimo de declive encontra-se entre 0-35% de declive.

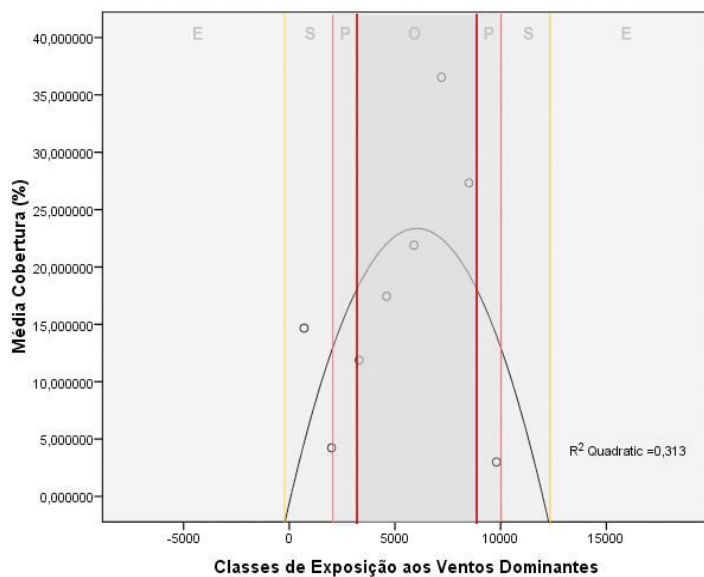


Figura 127 - Curva e resposta da espécie *Laurus azorica* à variável, Exposição aos Ventos Dominantes, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição aos Ventos Dominantes: A espécie mostra tendência para suportar intensidades de exposição aos ventos moderadas a intensas, situando-se o ótimo entre 4000 – 9000 (índice de exposição).

Também é possível verificar que a partir do valor de cerca de 10000 de exposição aos ventos dominantes, a espécie deixa de surgir.

Estes dados surgem, uma vez que nos Açores os espaços deixados disponíveis para o louro crescer ocorrem em zonas expostas, dado que as melhores áreas prováveis para esta espécie se desenvolver são terrenos ocupados para agricultura.

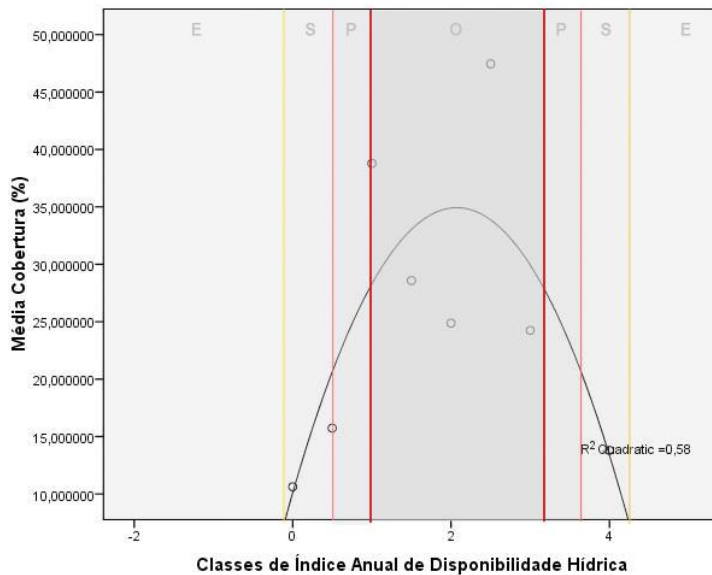


Figura 128 - Curva e resposta da espécie *Laurus azorica* à variável, Índice Anual de Disponibilidade Hídrica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice Anual de Disponibilidade Hídrica: O *Laurus azorica* apresenta um ótimo ecológico associado a situações de disponibilidade hídrica equilibrada, a relativamente encharcado (1-3 de valor de índice), confirmando assim, as tendências desta espécie em suportar locais até aos 800 m, regularmente húmidos pela elevada precipitação oculta.

No entanto, esta espécie terá ótimos ecológicos associados a terrenos menos encharcados, mas estes valores estão ligeiramente deturpados, porque os melhores terrenos para o louro se desenvolver estão ocupados com uso agrícola.

A base de dados ATLÂNTIDA de onde emerge esta análise, possui com informação recolhida maioritariamente de áreas naturais. Existem evidências que permitem dizer que se iria recolher dados mais reais para o ótimo do louro se se tivesse elaborado inventários de campo em áreas semi-naturais, corredores verdes, matas abandonadas ou mesmo quintas, como por exemplo em torno da Terra-Chã (ilha Terceira), uma zona de média-baixa altitude, com solos desenvolvidos. A observação de campo permite afirmar que, de acordo com este índice, esta área é claramente ótima para o *Laurus azorica*, possuindo indivíduos com mais de 7 metros e coberturas de 100% em matas abandonadas, todavia não existem dados destas zonas, na base de dados, por serem áreas semi-naturais.

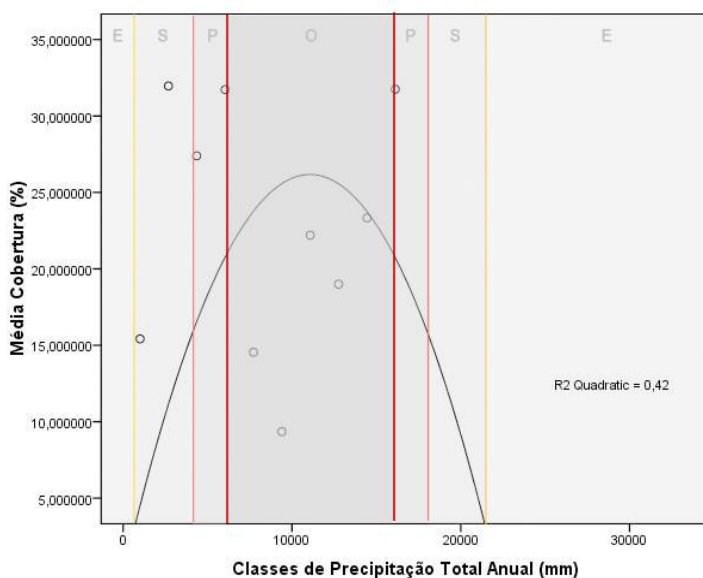


Figura 129 - Curva e resposta da espécie *Laurus azorica* à variável, Precipitação Total Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Precipitação Total Anual: O óptimo da espécie encontra-se em elevados valores de precipitação (10000mm), uma vez que se tratam de habitats maioritariamente de Floresta Laurissilva com elevados valores de precipitação oculta. A espécie pode ter uma distribuição para valores muito baixos no seu limite inferior, o que está de acordo com a possibilidade da espécie colonizar altitudes mais baixas.

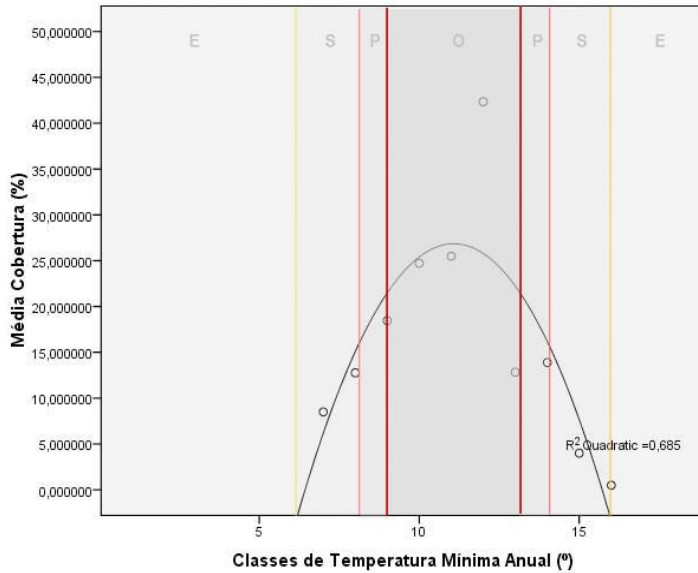


Figura 130 - Curva e resposta da espécie *Laurus azorica* à variável, Temperatura Mínima Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Temperatura Mínima Anual: O óptimo ecológico para o *Laurus azorica* encontra-se para valores médios de Temperatura Mínima, 9-13°, o que é perfeitamente explicável pela distribuição altitudinal desta espécie.

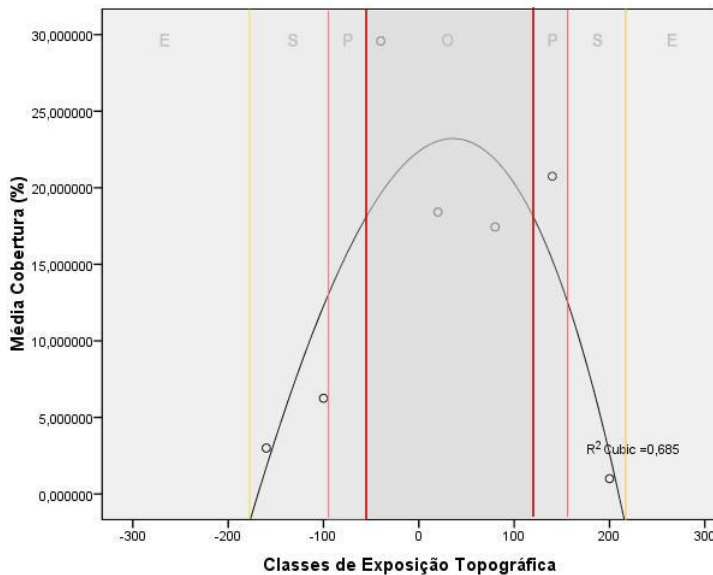


Figura 131 - Curva e resposta da espécie *Laurus azorica* à variável, Exposição Topográfica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição Topográfica: Esta espécie apresenta o seu óptimo ecológico em zonas ligeiramente expostas a abrigadas, o que vai de acordo aos habitats onde esta espécie se encontra, desde florestas Laurissilva a Matos macarronésicos.

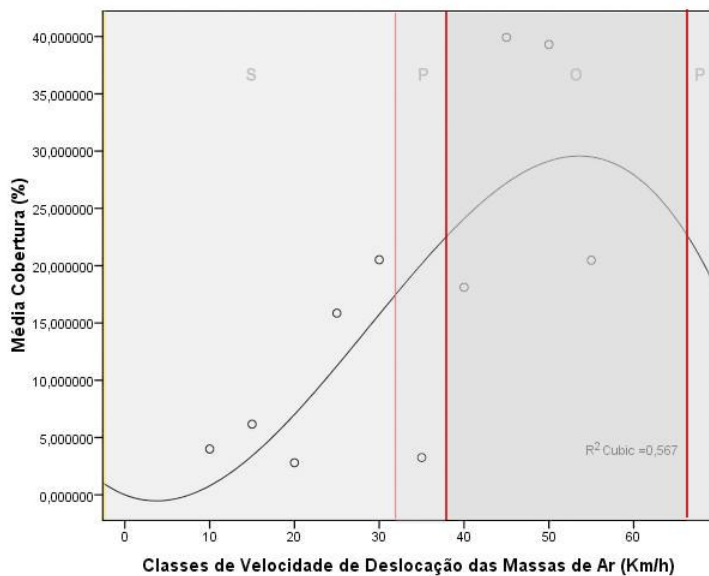


Figura 132 - Curva e resposta da espécie *Laurus azorica* à variável, Velocidade de Deslocação das Massas de Ar, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Velocidade de Deslocação das Massas de Ar: A espécie mostra que tem uma larga amplitude de resistência aos ventos, com o ótimo localizado em torno dos 40-65 Km/h. Este resultado pode ser explicado pelo desvio do habitat ótimo que esta espécie teria, se as melhores áreas para o louro se desenvolver não estivessem ocupadas pelo uso agrosilvopastoril.

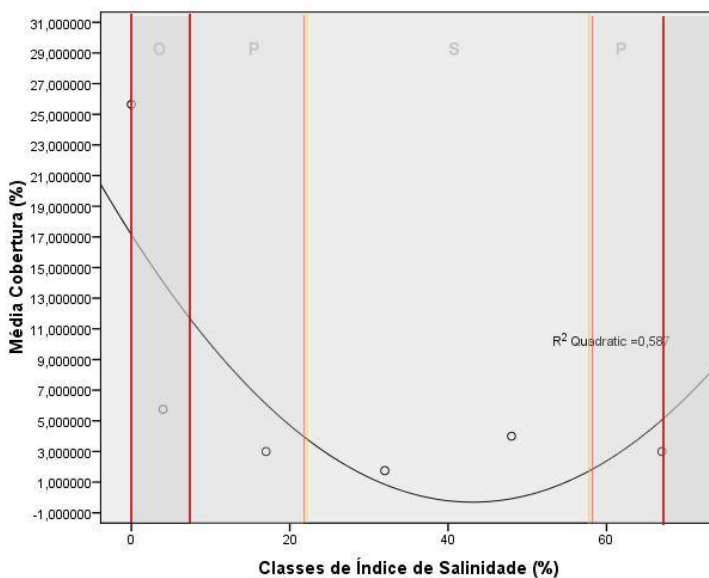


Figura 133 - Curva e resposta da espécie *Laurus azorica* à variável, Índice de Salinidade, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice de Salinidade: A espécie mostra um comportamento binominal, apresentando dois ótimos, um para ausência de sal, que são todas as populações terrestres fora da área litoral e outro ótimo com presença de sal, correspondendo às populações perto da costa e expostas ao *spray* marítimo.

- ☼ O *Limonium eduardi-diasii* é uma planta perene, de 15 a 17 cm; caule erecto cilíndrico; folhas em roseta basal, simples, inteiras e oblanceoladas; as flores são hermafroditas e dispõem-se em espigas compostas, pétalas rosa-brancas. (SCHÄFER, 2005)

Esta espécie é típica de areias e arribas marítimas entre os 0-80 m, e aparece normalmente na base de falésias costeiras onde se acumula areia nas fendas.

Distribuição: Presente nas ilhas de: Santa Maria, São Miguel, Terceira (não observado recentemente), Faial e Flores. (DIAS, *et al.*, 2010)

Status e Protecção: Espécie endémica dos Açores e não protegida. (DIAS, *et al.*, 2010)

O estudo do óptimo ecológico desenvolvido para as diferentes variáveis ambientais deu os seguintes resultados:

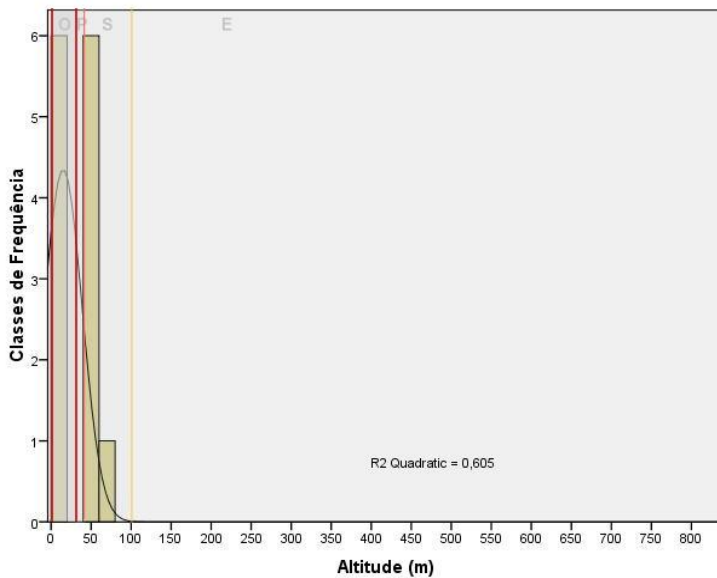


Figura 134 - Curva e resposta da espécie *Limonium eduardi-diasii* à variável, Altitude, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Altitude: A espécie tem uma distribuição altitudinal estreita, chegando apenas até cerca dos 85 m, o que está de acordo com a teoria sobre o *Limonium*. O modelo de resposta obtido mostra que a zona do óptimo ecológico é entre 0-40 m. A zona de stress começa a partir dos 50 m.

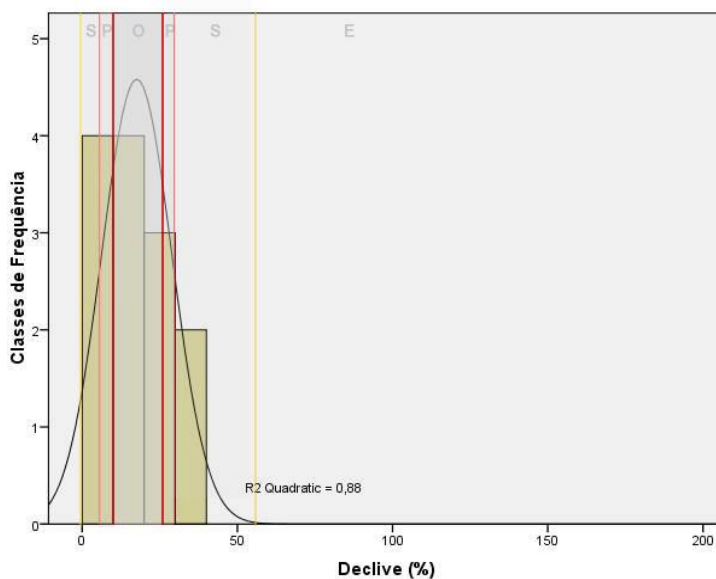


Figura 135 - Curva e resposta da espécie *Limonium eduardi-diasii* à variável, Declive, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Declive: O *L. eduardi-diasii* mostra uma tendência para ter um óptimo associado a baixos declives (15-25%), e a partir de cerca de 50% já entra numa zona de exclusão. Esta disposição vai de encontro ao zonamento da espécie, dado que se encontra maioritariamente na base de falésias costeiras onde se acumula areia nas fendas.

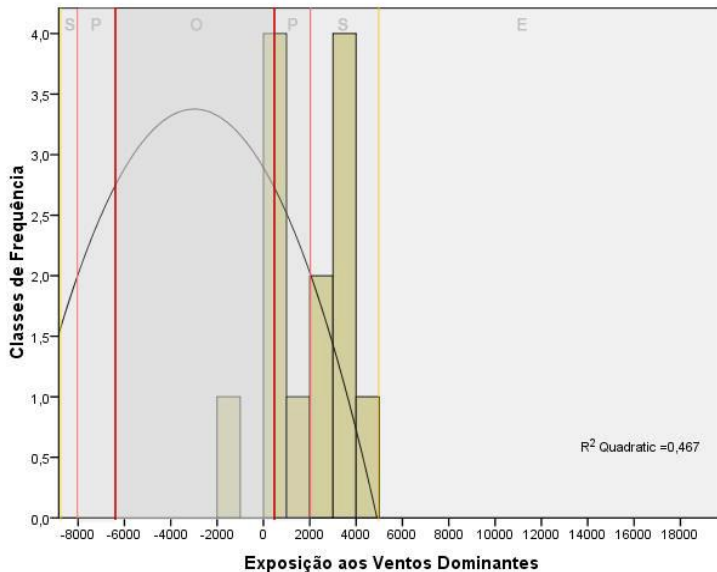


Figura 136 - Curva e resposta da espécie *Limonium eduardi-diasii* à variável, Exposição aos Ventos Dominantes, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição aos Ventos Dominantes: A espécie mostra tendência para elevadas intensidades de exposição aos ventos, situando-se o óptimo de -6000 a 0. Estes valores são justificados pelo facto desta espécie se desenvolver nas fendas das rochas costeiras, podendo, assim, suportar grandes intensidades de vento.

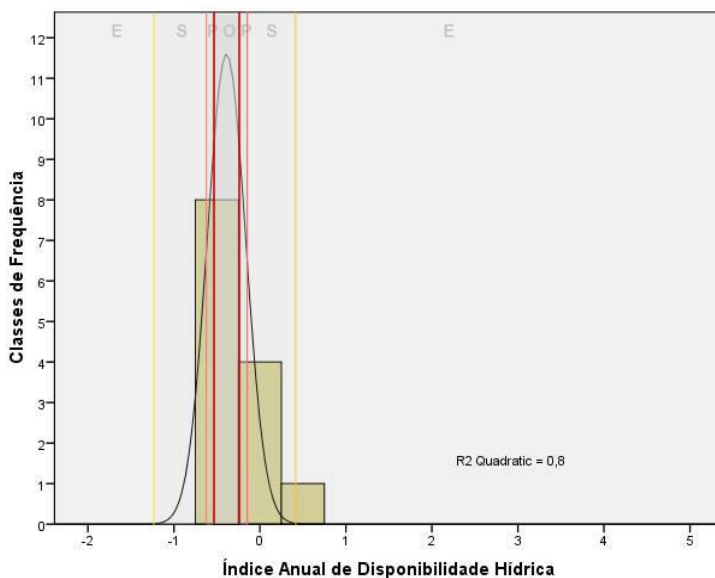


Figura 137 - Curva e resposta da espécie *Limonium eduardi-diasii* à variável, Índice Anual de Disponibilidade Hídrica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice Anual de Disponibilidade Hídrica: O *Limonium* apresenta um óptimo ecológico associado a situações de algum *stress* hídrico, o que leva apontar que é uma espécie tipicamente halófito e muito adaptada a condições de elevada salinidade, sem água doce no substrato.

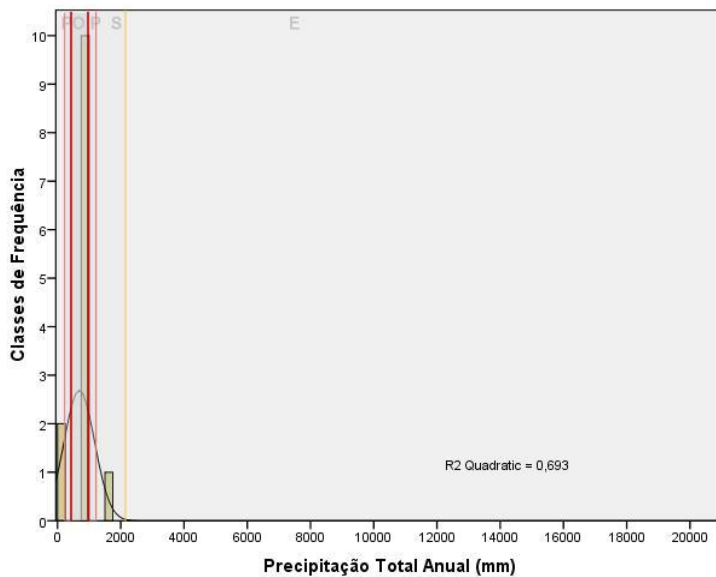


Figura 138 - Curva e resposta da espécie *Limonium eduardi-diasii* à variável, Precipitação Total Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Precipitação Total Anual: A espécie mostra um ótimo ecológico para baixos valores de precipitação, situando-se o ótimo por volta dos 1500 mm, embora já tenha sido indicado, esta variável ambiental possui limites muito amplos, uma vez que inclui a precipitação oculta. Isto são valores característicos das zonas costeiras açorinas, que para além de serem totais anuais relativamente elevados, são principalmente nos Açores, regularmente distribuídos ao longo do ano, o que permite que esta espécie esteja ao longo do ano com humidade presente nas raízes.

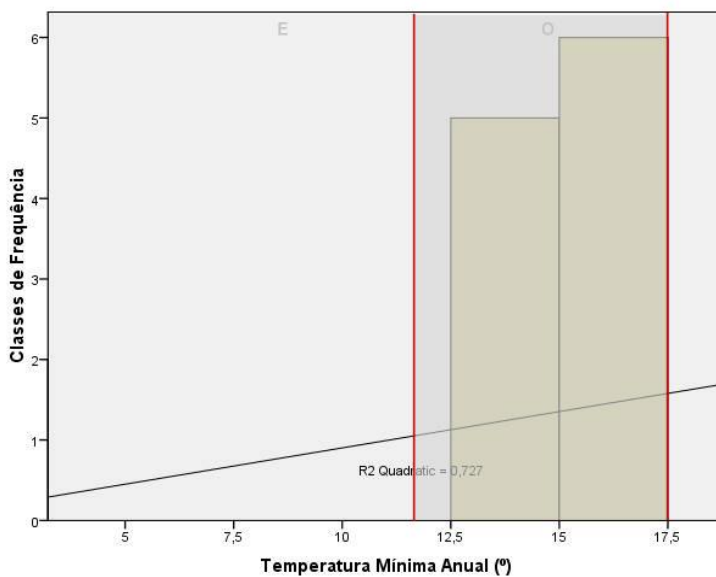


Figura 139 - Curva e resposta da espécie *Limonium eduardi-diasii* à variável, Temperatura Mínima Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Temperatura Mínima Anual: O ótimo ecológico para o *Limonium eduardi-diasii* encontra-se para altos valores de Temperatura Mínima, 12-17,5°, o que é perfeitamente explicável uma vez que o habitat desta espécie se encontra ao longo das áreas litorais açorianas.

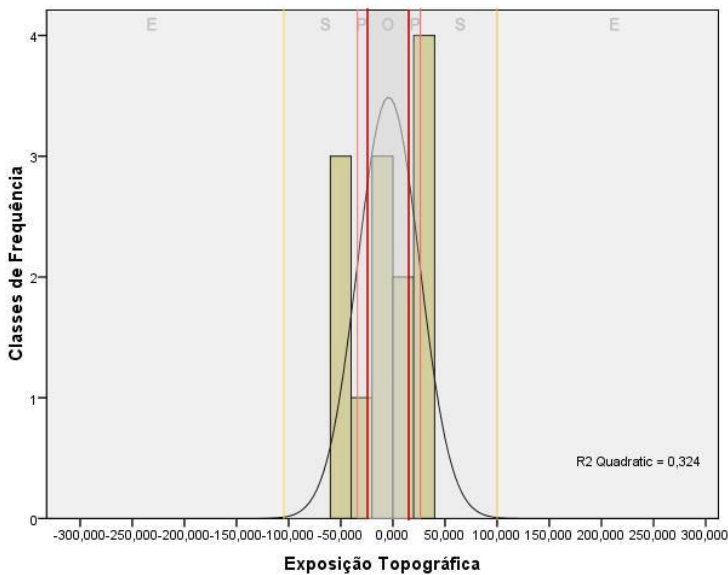


Figura 140 - Curva e resposta da espécie *Limonium eduardi-diasii* à variável, Exposição Topográfica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição Topográfica: Esta espécie apresenta o seu ótimo ecológico em zonas equilibradas, embora no seu limite inferior atinja valores altos de cobertura média em áreas expostas (-50 de valor de exposição), o que mostra um comportamento sincrónico com o factor de Exposição aos Ventos Dominantes.

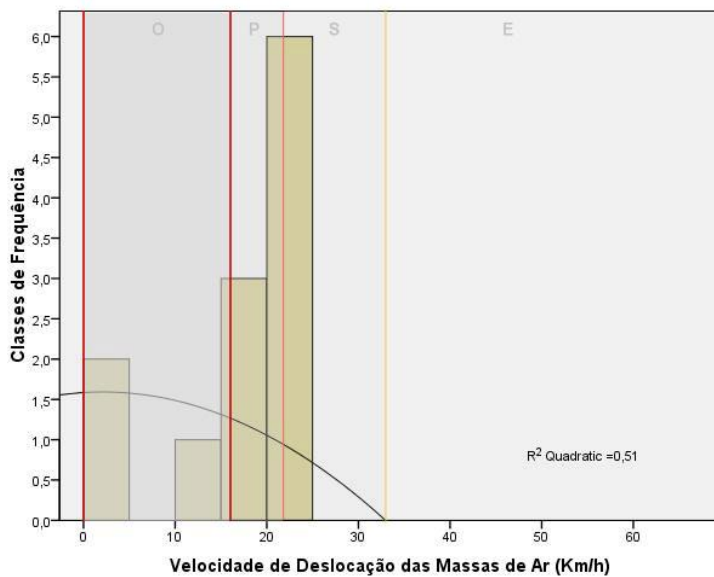


Figura 141 - Curva e resposta da espécie *Limonium eduardi-diasii* à variável, Velocidade de Deslocação das Massas de Ar, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Velocidade de Deslocação das Massas de Ar: Esta espécie mostra um ótimo ecológico para fraca intensidade de vento (cerca de 10 Km/h), sendo assim uma espécie com pouca resistência, dado que a partir de 25 Km/h deixa de conseguir resistir.

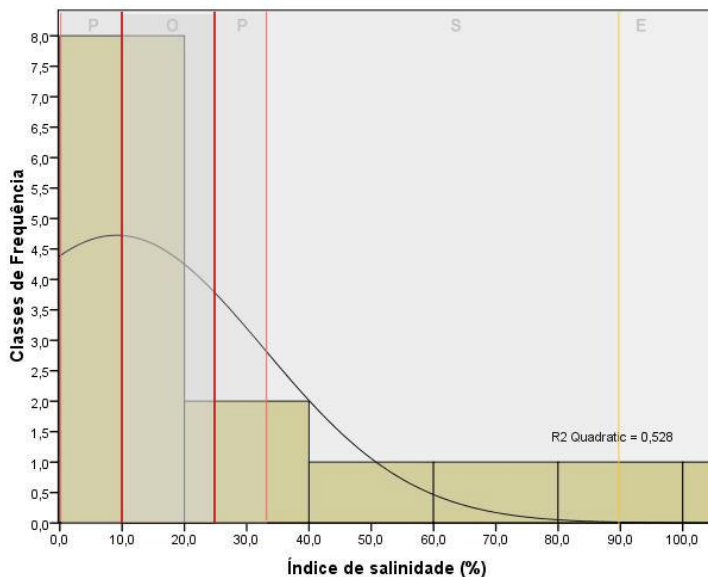


Figura 142 - Curva e resposta da espécie *Limonium eduardi-diasii* à variável, Índice de Salinidade, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice de Salinidade: Na sequência do comportamento da espécie ditada pela estratégia aos ventos dominantes e pela altitude a que se encontra torna-se compreensível que a espécie tenha como óptimo ecológico em relação ao sal de uma grande percentagem de halofitismo, estando o óptimo entre 10-24%. Porém, a espécie mantém-se até a 90% de índice de sal, embora com coberturas médias mais baixas, o que pode ser explicado por se encontrar em fendas de rochas relativamente abrigadas, não sujeita à exposição do *spray* marítimo directo. Esta variável é muito importante, dado que confirma o carácter halófito desta espécie, apontando-a como uma espécie fundamental de recolonização da faixa costeira.

☼ A ***Myrica faya*** é um grande arbusto ou pequena árvore geralmente dióica, 1,5 – 8 (15) m de altura, um tanto aromática, de copa ovóide.

O tronco até 30 (70) cm de diâmetro; ramos nodosos, erecto-patentes, densamente folhosos; raminhos numerosos, providos de pequenos pêlos peltados, ferruginosos; folhas alternas, simples, persistentes; frutos 0,5 - 0,8 cm de diâmetro, drupáceos, mais ou menos globosos, geralmente sincárpicos, raramente simples, negro-purpúreos; flores amarelas-esverdeadas, nuas, geralmente com 4 estames. (FERNANDES & FERNANDES, 1987)

Esta planta, segundo FERNANDES & FERNANDES, 1987, encontra-se preferencialmente na zona costeira abaixo de 500 m, podendo habitar altitudes superiores até 700 m, tomando aí, nos pontos mais elevados, o aspecto de um pequeno arbusto. A faixa encontra-se em habitats bastante expostos, em penhascos da costa ou correntes de lava, colonizando desfiladeiros secos em cascalho grosseiro ou areia das costas.

Em consonância com DIAS, *et al.*, 2007, a *Myrica faya* tem uma distribuição associada a solos incipientes ou jovens, ou ainda áreas de distúrbios recentes – é uma colonizadora por excelência – em áreas bem drenadas e sem encharcamento. Por isso, as maiores densidades são encontradas nas zonas costeiras, dado que também é resistente ao sal, e nas escoadas de lavas recentes. No entanto a sua distribuição potencial seria muito mais vasta.

Distribuição: Presente em todas as ilhas dos Açores. (DIAS, *et al*, 2010)

Status e Protecção: Espécie endémica da Macaronésia e não protegida. (DIAS, *et al*, 2010)

Deste modo, o estudo do óptimo ecológico desenvolvido para as diferentes variáveis ambientais deu os seguintes resultados:

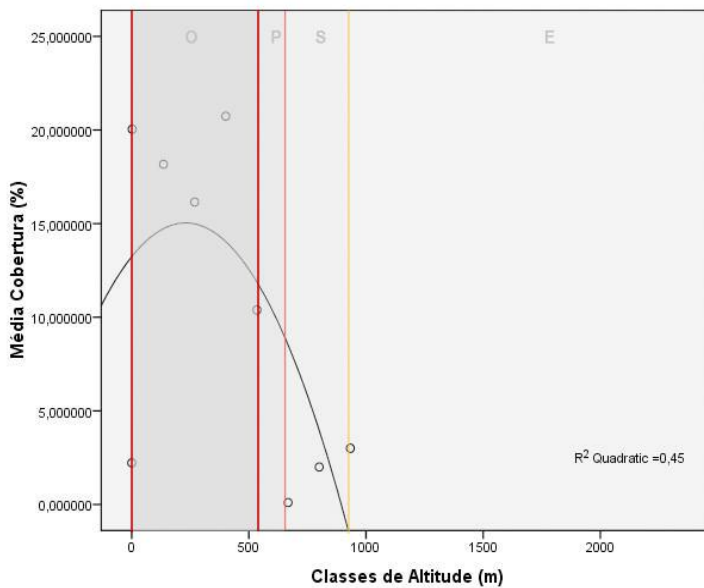


Figura 143 - Curva e resposta da espécie *Myrica faya* à variável, Altitude, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Óptimo Ecológico.

Altitude: A espécie tem uma distribuição altitudinal ótima desde o nível do mar (0 metros) até aos 600 m, entrando em zona de exclusão a partir dos 900 m, onde não consegue sobreviver. Estes dados mostram que a espécie tem preferência pelas zonas costeiras abaixo dos 600 m.

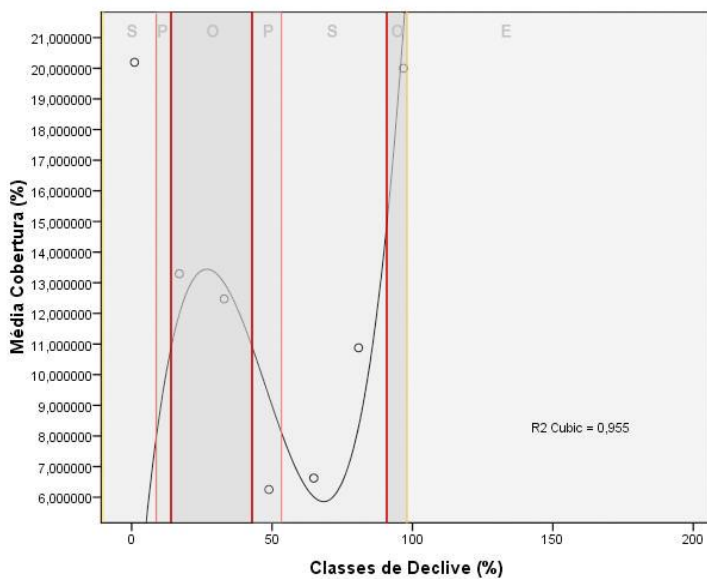


Figura 144 - Curva e resposta da espécie *Myrica faya* à variável, Declive, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Óptimo Ecológico.

Declive: A espécie mostra uma tendência para ter um ótimo associado a declives médios (20-40%), e outro ótimo para declives acentuados em torno dos 90-100%. Este comportamento mostra que a espécie é relativamente indiferente aos declives até cerca de 100%. Por isso, a espécie é uma colonizadora de diferentes declives, associada a solos incipientes, ou ainda áreas de distúrbios. As maiores densidades são encontradas nas zonas costeiras, dado que também é resistente ao sal, e nas escoadas de lavas recentes.

Deste modo, é um excelente instrumento de restauro, como o caso do presente estudo de um acesso em falésia até à Fajã do Calhau.

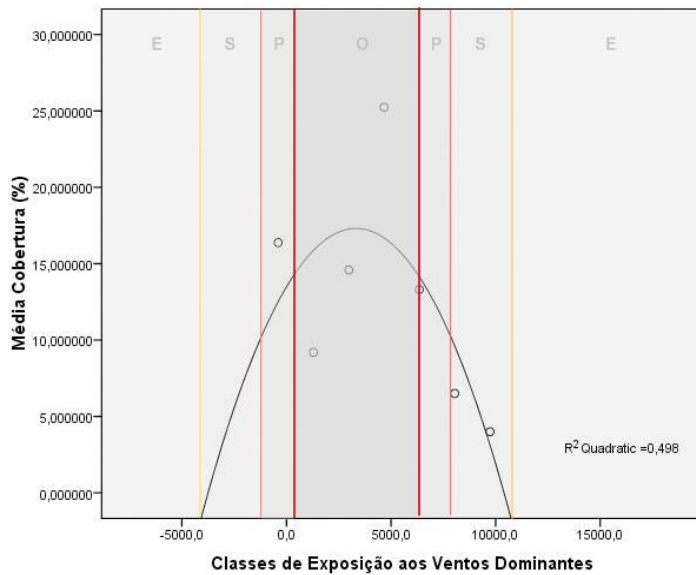


Figura 145 - Curva e resposta da espécie *Myrica faya* à variável, Exposição aos Ventos Dominantes, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição aos Ventos Dominantes: A espécie mostra um ótimo ecológico para baixas intensidades de ventos (0-5000 de índice de exposição), provavelmente associado a zonas de distúrbio, em que se torna uma excelente colonizadora de áreas incipientes.

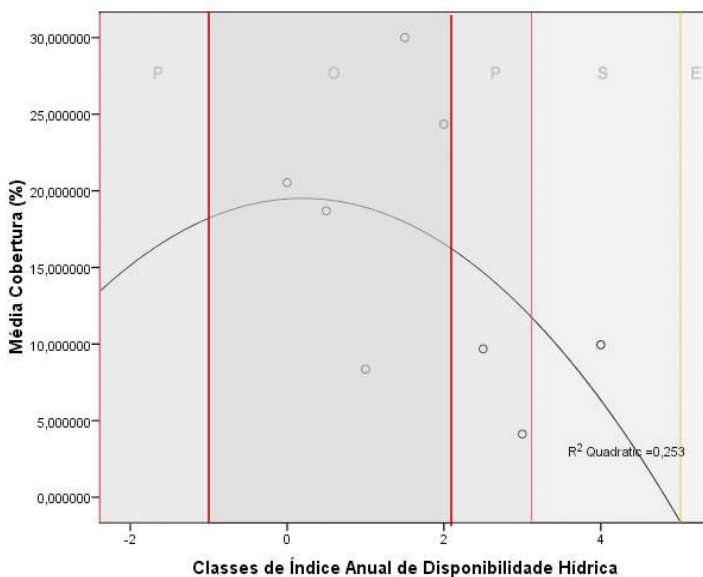


Figura 146 - Curva e resposta da espécie *Myrica faya* à variável, Índice Anual de Disponibilidade Hídrica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice Anual de Disponibilidade Hídrica: A *Myrica faya* apresenta um ótimo ecológico associado a situações de disponibilidade hídrica equilibrada, a relativamente encharcado (0-2 de valor de índice), o que mostra que esta espécie necessita de água no solo para se manter. Para valores negativos, que corresponde a *stress* hídrico, a espécie não sobrevive.

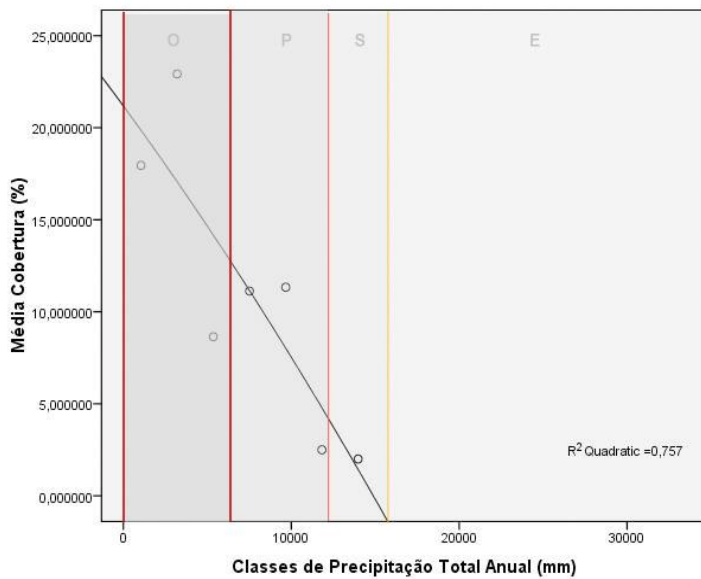


Figura 147 - Curva e resposta da espécie *Myrica faya* à variável, Precipitação Total Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Precipitação Total Anual: A espécie mostra uma tendência inversamente proporcional relativamente à precipitação, isto é, à medida que a precipitação aumenta, a percentagem média de cobertura da *Myrica* diminui. O valor óptimo de precipitação encontra-se de 0-7000 mm, e a partir de 12000 mm a espécie entra em *stress*. Estes dados representam a preferência da *M. faya* para zonas mais costeiras até médias altitudes.

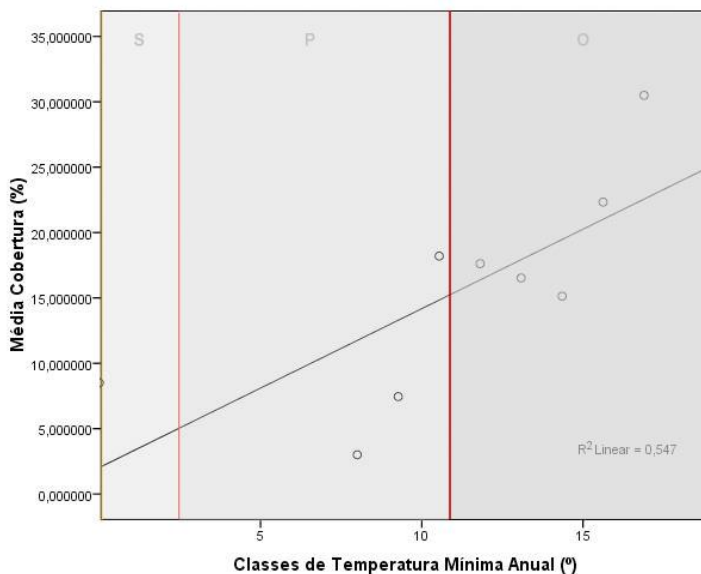


Figura 148 - Curva e resposta da espécie *Myrica faya* à variável, Temperatura Mínima Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Temperatura Mínima Anual: A espécie mostra uma tendência inversamente proporcional relativamente à temperatura mínima, isto é, à medida que a temperatura aumenta, a percentagem média de cobertura de *Myrica* também aumenta. O valor óptimo de temperatura encontra-se de 11-18°, e para valores inferiores a 3°, a espécie entra claramente em *stress*, não conseguindo resistir às baixas temperaturas.

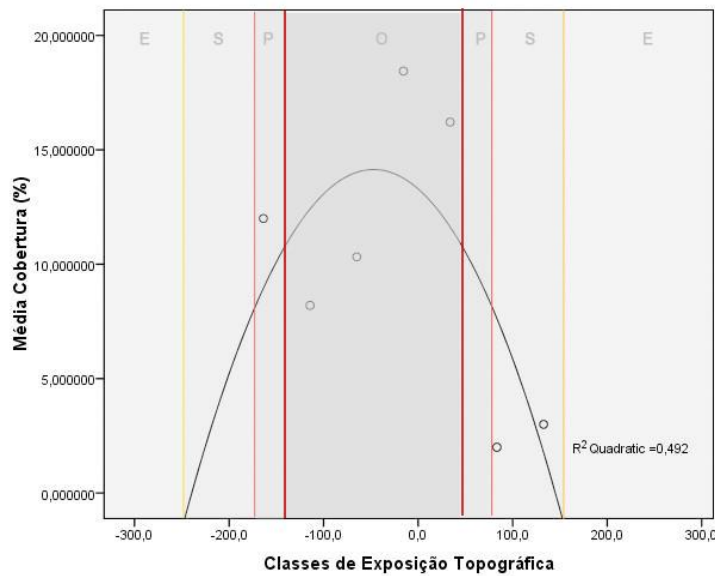


Figura 149 - Curva e resposta da espécie *Myrica faya* à variável, Exposição Topográfica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição Topográfica: Esta espécie apresenta o seu ótimo em zonas ligeiramente expostas a abrigadas, mostrando ser pelo decréscimo rápido de cobertura média a partir de 90 de índice de exposição, muito sensível aos ventos intensos. Este facto poderá estar relacionado com o porte de arbusto e/ou arbóreo que a torna mais instável e susceptível na sua estrutura de crescimento.

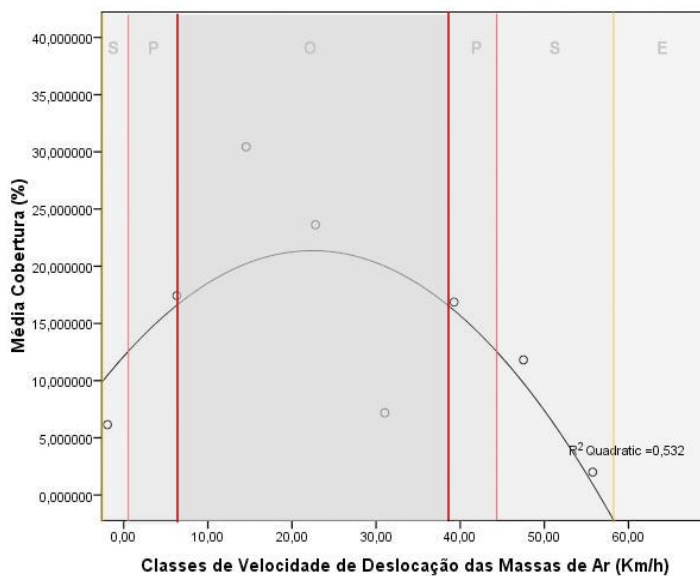
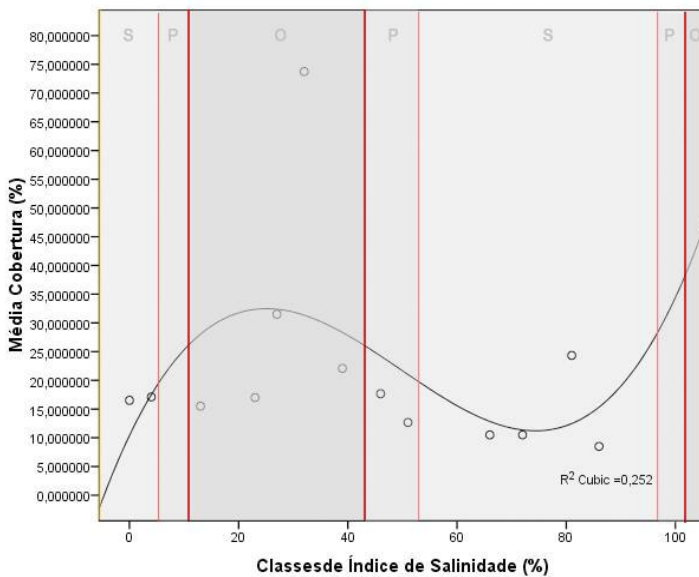


Figura 150 - Curva e resposta da espécie *Myrica faya* à variável, Velocidade de Deslocação das Massas de Ar, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Velocidade de Deslocação das Massas de Ar: Esta espécie mostra um ótimo ecológico para intensidades de vento baixas a médias (de 7-38Km/h). No entanto, a partir de 44 Km/h deixa de conseguir suportar o vento mais intenso, diminuindo rapidamente a percentagem cobertura média, muito provavelmente pela discussão apresentada no ponto anterior (Exposição Topográfica).



Índice de Salinidade: A espécie mostra um comportamento binominal, sendo que tem como ótimo ecológico em relação ao sal, uma grande percentagem de halofitismo, dado que mesmo nas situações de média altitude dos Açores, os sítios muito expostos recebem sempre uma carga de *spray* marítimo. Assim, a espécie mostra algum *stress* nas situações de completa ausência de sal, sendo por outro lado, capaz de suportar zonas de costa com alto valor de *spray* marítimo (16-42%).

✿ A *Picconia azorica* é de acordo com FRANCO, 1984, uma árvore ou arbusto perenifólio, com ritidoma liso; folhas decussadas, simples, inteiras ou raramente serrilhadas, coriáceas, glabras.

Flores hermafroditas, pequenas, reunidas em curtos cachos auxiliares; cálice rodado – estrelado; corola rodada, branca, fundamente partida em 4 segmentos patentes; drupa com 10-13 mm, ovóide-oblonga negra.

De acordo com DIAS, *et al.*, 2007, esta espécie tem uma distribuição associada a solos evoluídos, bem drenados e sem encharcamento. Por isso, as maiores densidades são encontradas nas zonas costeiras, dado que também é resistente ao sal, e nas escoadas de lavas recentes. No entanto, a sua distribuição potencial seria muito mais vasta. Actualmente, a *Picconia* está limitada pelo avanço do *Pittosporum undulatum*, que o vai retirando da paisagem, por competição pela luz e espaço, como se pode observar nas largas encostas de São Jorge, ou nas encostas Norte da ilha do Pico.

Distribuição: Presente em todas as ilhas dos Açores, excepto Graciosa e Corvo. (DIAS, *et al*, 2010)

Status e Protecção: Espécie endémica dos Açores e protegida pela Directiva Habitats e Convenção de Berna. (DIAS, *et al*, 2010)

O estudo do ótimo ecológico desenvolvido para as diferentes variáveis ambientais deu os seguintes resultados:

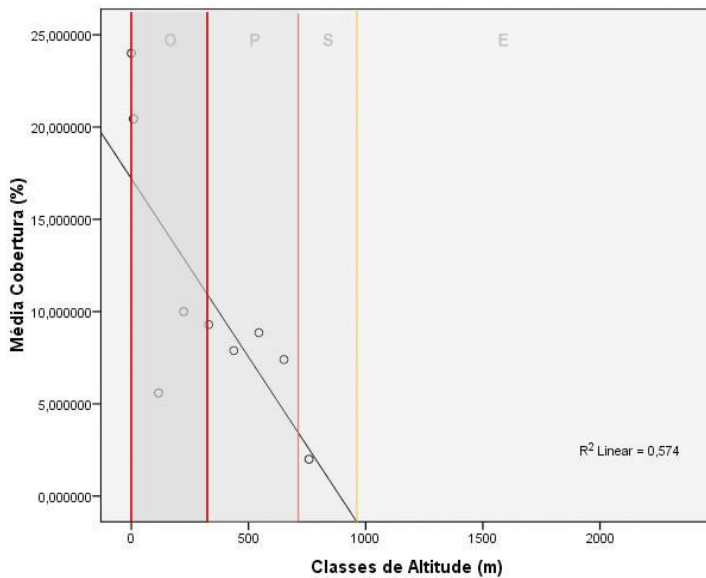


Figura 152 - Curva e resposta da espécie *Picconia azorica* à variável, Altitude, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Altitude: A espécie tem uma distribuição altitudinal óptima desde o nível do mar (0 metros) até aos 300 m, entrando em zona de exclusão a partir dos 900 m, onde não consegue sobreviver. Estes dados mostram que a espécie tem um padrão de distribuição preferencial pelas áreas litorais, particularmente abaixo dos 600 m.

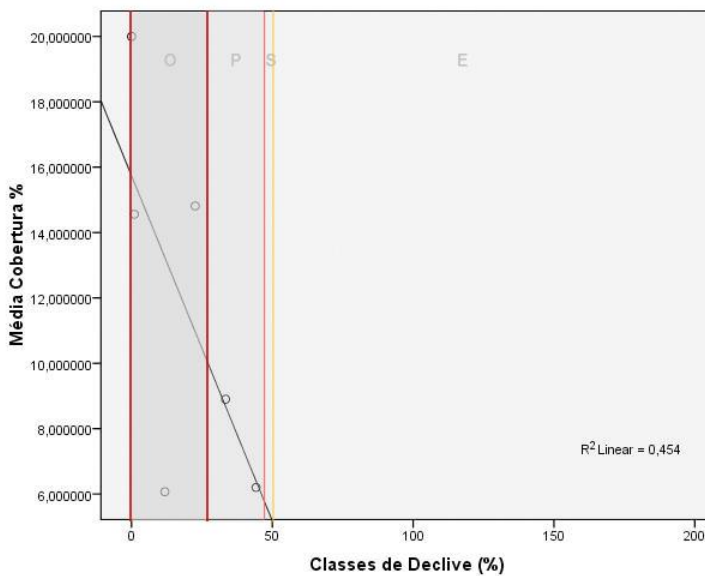


Figura 153 - Curva e resposta da espécie *Picconia azorica* à variável, Declive, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Declive: A espécie mostra ter uma tendência inversamente proporcional com o declive, isto é, à medida que o declive aumenta a percentagem média de cobertura do *Picconia azorica* diminui. O valor do óptimo de declive encontra-se entre 0-25 % de declive. Estes dados mostram que a espécie não se mantém em falésias e arribas costeiras, preferindo terrenos planos em solos profundos, com árvores de grande porte, formando Bosques de Faia, descritas por DIAS, 1996, dominados pela *Picconia azorica* e *Myrica faya*.

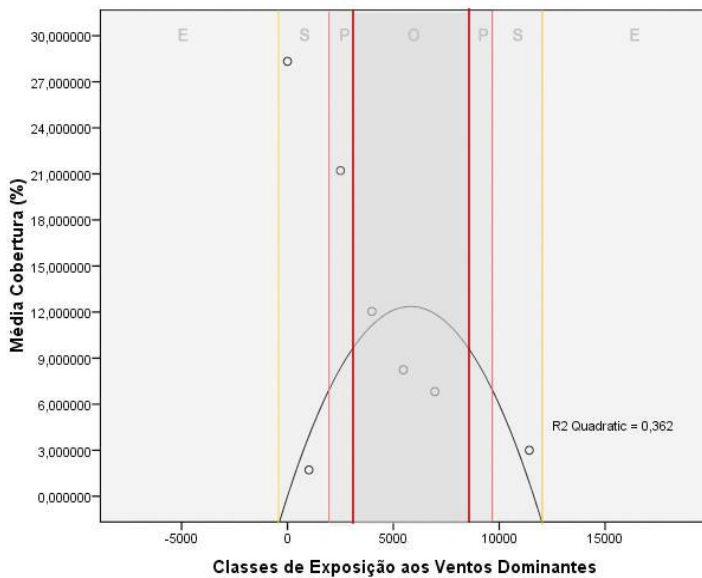


Figura 154 - Curva e resposta da espécie *Picconia azorica* à variável, Exposição aos Ventos Dominantes, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição aos Ventos Dominantes: A espécie mostra tendência para suportar intensidades de exposição aos ventos moderadas, situando-se o óptimo entre 3500 – 9000 (índice de exposição).

Também é possível verificar que a partir do valor de cerca de 12000 de exposição aos ventos dominantes, a espécie deixa de surgir.

Estes dados emergem de, nos Açores os espaços deixados disponíveis para a *Picconia* crescer ocorrem em zonas expostas, dado que as melhores áreas prováveis para esta espécie se desenvolver são terrenos ocupados para agricultura, ou seja, terrenos planos com solos profundos.

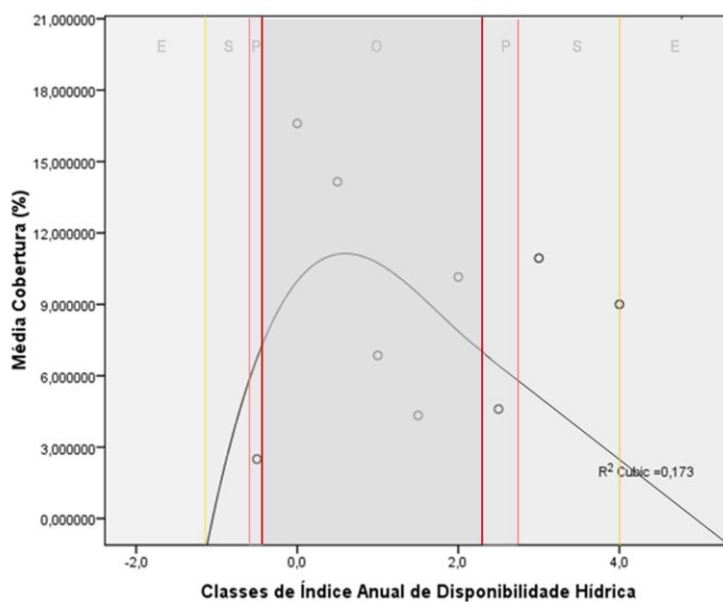


Figura 155 - Curva e resposta da espécie *Picconia azorica* à variável, Índice Anual de Disponibilidade Hídrica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice Anual de Disponibilidade Hídrica: A *Picconia azorica* apresenta um óptimo ecológico associado a situações de disponibilidade hídrica equilibrada, a relativamente encharcado (0-2 de valor de índice), o que mostra que esta espécie necessita de água no solo para se manter. Para valores negativos, que corresponde a stress hídrico, a espécie não sobrevive.

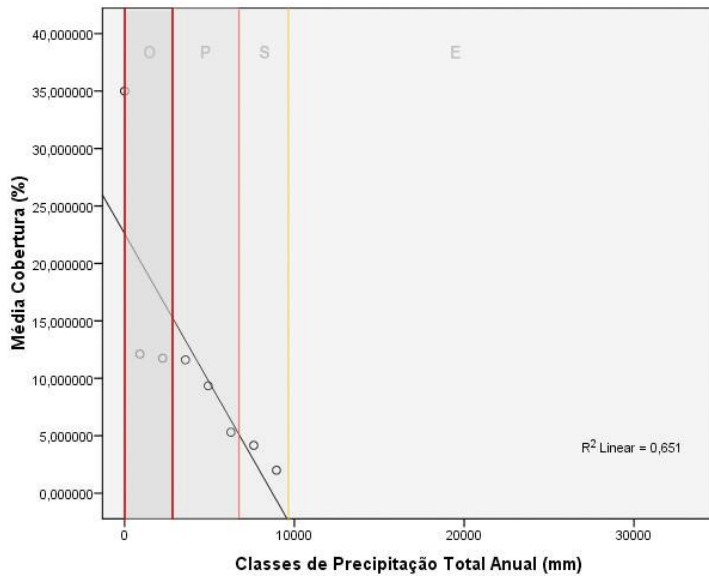


Figura 156 - Curva e resposta da espécie *Picconia azorica* à variável, Precipitação Total Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Precipitação Total Anual: A espécie mostra uma tendência inversamente proporcional relativamente à precipitação, isto é, à medida que a precipitação aumenta, a percentagem média de cobertura da *Picconia* diminui. O valor óptimo de precipitação encontra-se de 0-3000 mm, e a partir de 1000 mm a espécie deixa de sobreviver. Estes dados representam a preferência da *P. azorica* para as zonas litorais açorianas.

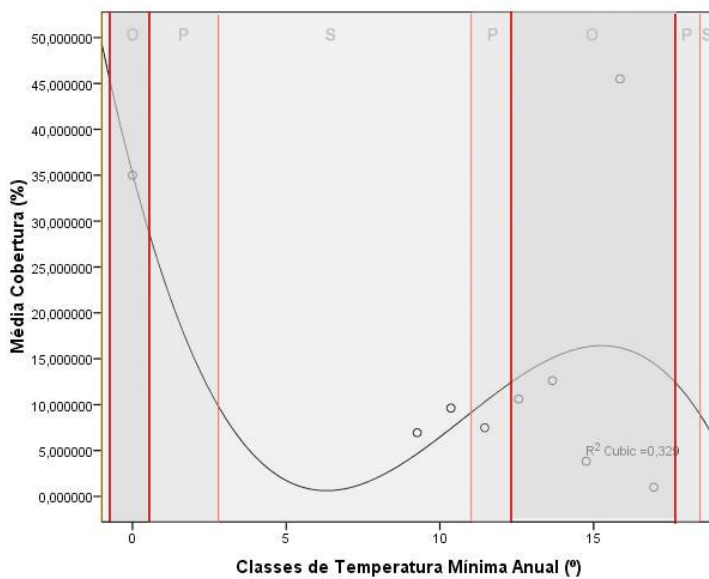


Figura 157 - Curva e resposta da espécie *Picconia azorica* à variável, Temperatura Mínima Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Temperatura Mínima Anual: Apesar do comportamento binomial ditado pelo modelo de resposta da espécie, esta espécie possui claramente um óptimo ecológico para altos valores de Temperatura Mínima, 12-17°, o que é perfeitamente compreensível uma vez que o habitat desta espécie se encontra maioritariamente abaixo dos 500 - 600m.

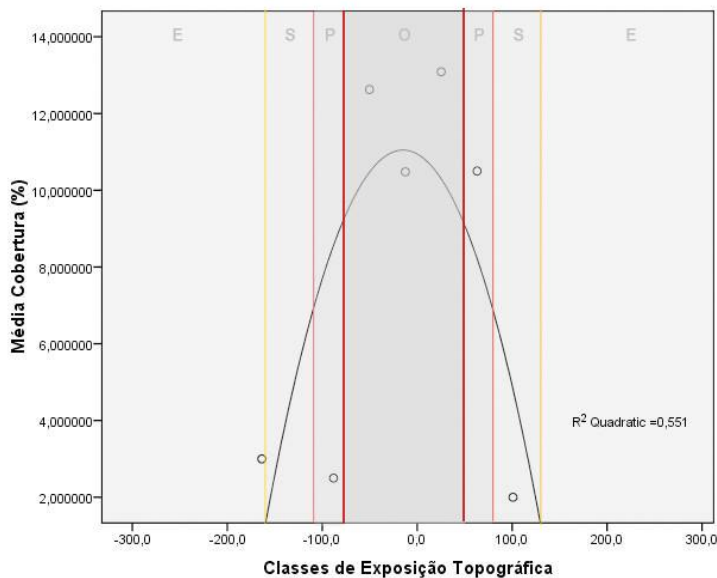


Figura 158 - Curva e resposta da espécie *Picconia azorica* à variável, Exposição Topográfica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição Topográfica: Esta espécie apresenta o seu óptimo em zonas ligeiramente expostas a abrigadas, mostrando ser pelo decréscimo rápido de cobertura média a partir de 980 de índice de exposição, muito sensível aos ventos intensos. Este facto poderá estar relacionado com o porte de arbusto e/ou arbóreo que a torna mais instável e susceptível na sua estrutura de crescimento.

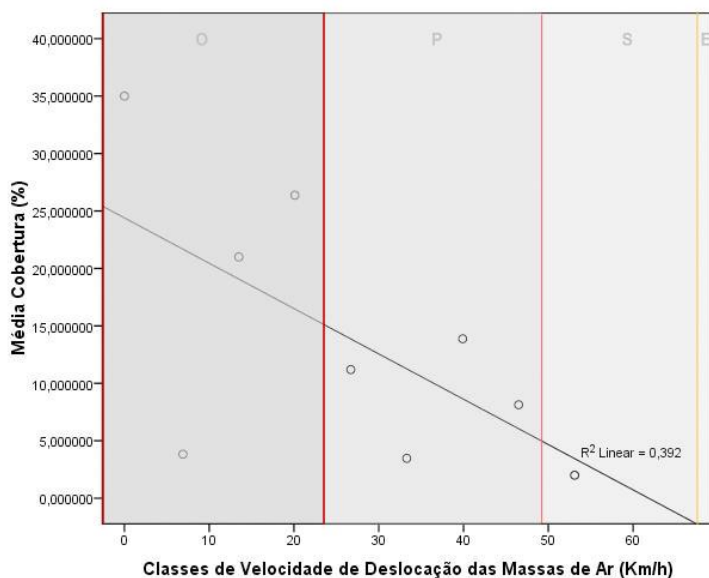


Figura 159 - Curva e resposta da espécie *Picconia azorica* à variável, Velocidade de Deslocação das Massas de Ar, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Velocidade de Deslocação das Massas de Ar: Esta espécie mostra um óptimo ecológico para intensidades de vento baixas (de 0-22Km/h). No entanto, a partir de 48Km/h deixa de conseguir suportar o vento mais intenso, diminuindo rapidamente a percentagem de cobertura média, mais uma vez este facto estará relacionado com o porte arbóreo que a torna mais instável e susceptível na sua estrutura de crescimento.

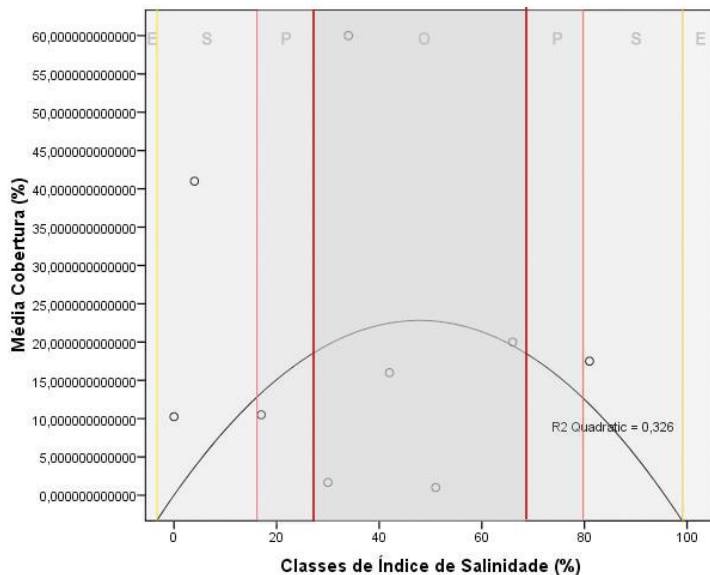


Figura 160 - Curva e resposta da espécie *Picconia azorica* à variável, Índice de Salinidade, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice de Salinidade: Na sequência do comportamento da espécie ditada pela altitude e declive, torna-se compreensível que a espécie tenha como ótimo ecológico em relação ao sal, uma grande percentagem de halofitismo. Assim, a espécie mostra algum *stress* nas situações de completa ausência de sal, como para excesso de sal (80-100%). O ótimo ecológico da *Picconia azorica* encontra-se de 24 – 70% de índice de sal.

- ✿ A ***Woodwardia radicans***, de acordo com FERNANDES & FERNANDES, 1980, possui rizomas espessos, oblíquos, largamente lanceolados, ferrugíneos e produzindo raízes cobertas por pêlos longos e castanhos.

Folhas homomorfas, grandes (até 2.5 m), arqueadas e com a parte superior da folha a tocar no solo; pecíolo alongado, subigualando por vezes o limbo; limbo de contorno triangular ou ovado-lanceolado, coriáceo; pinas alternas a subopostas, sésseis, até 30 cm de comprimento. Soros linear-oblongos, com indúcio convexo, coriáceo, dispostos em série de cada lado da nervura e situados em depressões.

Esta espécie é um hemicriptófito, ocorrendo em regra acima dos 400 m e ocasionalmente abaixo de 100, nas ravinas frescas das florestas e matas, e noutros lugares sombrios e húmidos, geralmente ao longo de regatos.

De acordo com os estudos de DIAS, *et al.*, (*in press*), em termos de altitude, verificou-se que a *Woodwardia radicans* tende a desenvolver-se em zonas altas, ou seja, cresce preferencialmente entre os 501 e os 600 m. No entanto, foram encontradas populações entre os 150-1000 m. Considerando o declive, conclui-se que as populações estudadas ocorrem entre 41 e 80º.

Relativamente à geomorfologia local, esta espécie tende a desenvolver-se com maior frequência em encostas, ocorrendo também em margem de ribeiras e em taludes, e o tipo de substrato predominante é o terrícola e saxícola. (DIAS, *et al.*, (*in press*))

Distribuição: Presente em todas as ilhas dos Açores, excepto Graciosa. (DIAS, *et al.*, 2010)

Status e Protecção: Espécie natural dos Açores e protegida pela Directiva Habitats e Convenção de Berna. (DIAS, *et al.*, 2010)

O estudo do óptimo ecológico desenvolvido para as diferentes variáveis ambientais deu os seguintes resultados:

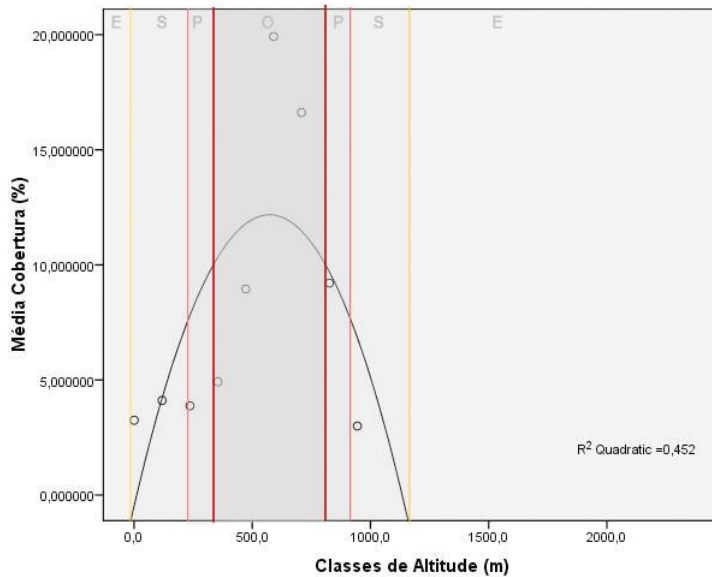


Figura 161 - Curva de resposta da espécie *Woodwardia radicans* à variável, Altitude, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Altitude: Confirma-se que a espécie tem uma distribuição altitudinal desde zonas mais baixas até aos 1200 m de altitude (zonas de montanha). O modelo de resposta obtido mostra que a zona do óptimo ecológico encontra-se dos 350 aos 800 m, o que corresponde a grande parte da superfície geográfica dos Açores. Porém, a partir dos 900 metros a espécie entra em zona de stress.

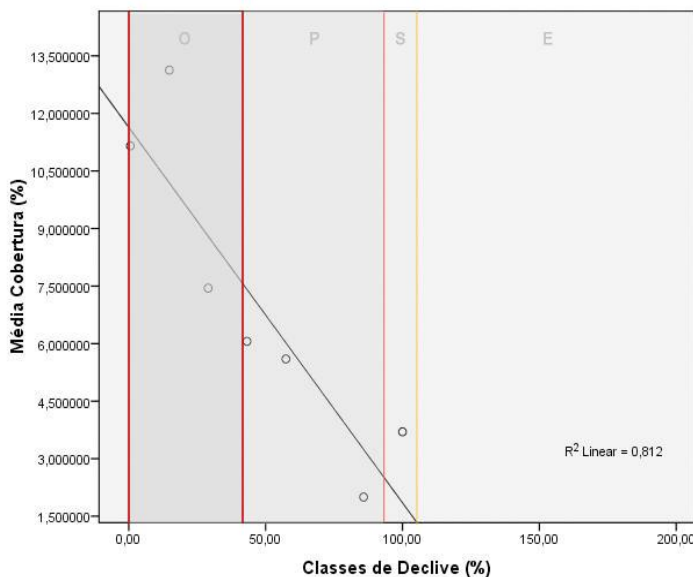


Figura 162 - Curva e resposta da espécie *Woodwardia radicans* à variável, Declive, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Declive: A espécie mostra ter uma tendência inversamente proporcional com o declive, isto é, à medida que o declive aumenta a percentagem média de cobertura da *Woodwardia radicans* diminui. No entanto, o valor óptimo de declive encontra-se entre os 0 – 40% de declive, e a zona provável onde esta espécie ocorre vai dos 40-90% o que vai de encontro com os estudos de (DIAS, *et al.*, *in press*), em que é frequente a *W. radicans* surgir em encostas, margens de ribeiras e taludes.

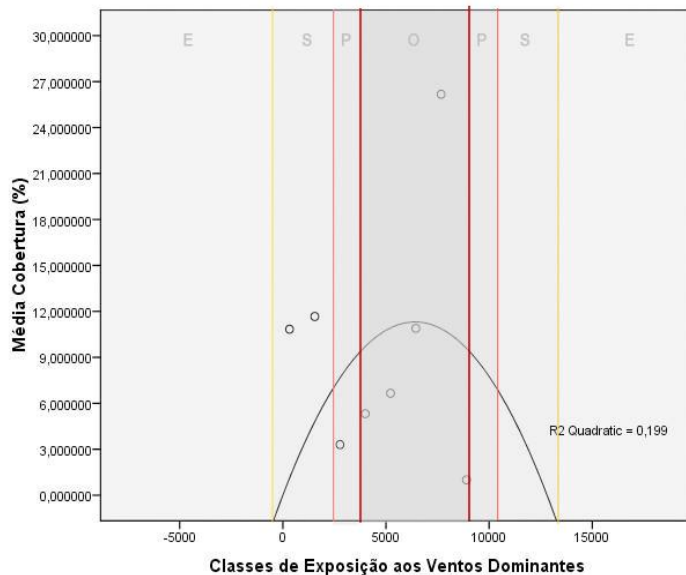


Figura 163 - Curva e resposta da espécie *Woodwardia radicans* à variável, Exposição aos Ventos Dominantes, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição aos Ventos Dominantes: A espécie mostra tendência para suportar intensidades de exposição aos ventos moderadas, situando-se o ótimo entre 4000 – 9000 (índice de exposição). Também é possível verificar que a partir do valor de cerca de 13000 de exposição aos ventos dominantes, a espécie deixa de surgir.

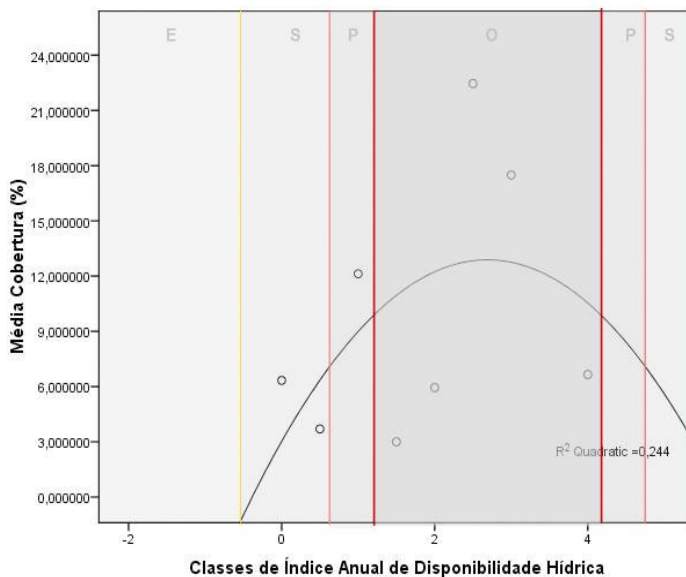


Figura 164 - Curva e resposta da espécie *Woodwardia radicans* à variável, Índice Anual de Disponibilidade Hídrica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice Anual de Disponibilidade Hídrica: O ótimo ecológico encontra-se em torno dos valores de 2-4 do índice, o que corresponde a elevados valores de encharcamento anuais, confirmando assim, as tendências desta espécie em desenvolver-se em margens de ribeiras e em taludes, sempre muito húmidos pela elevada precipitação oculta.

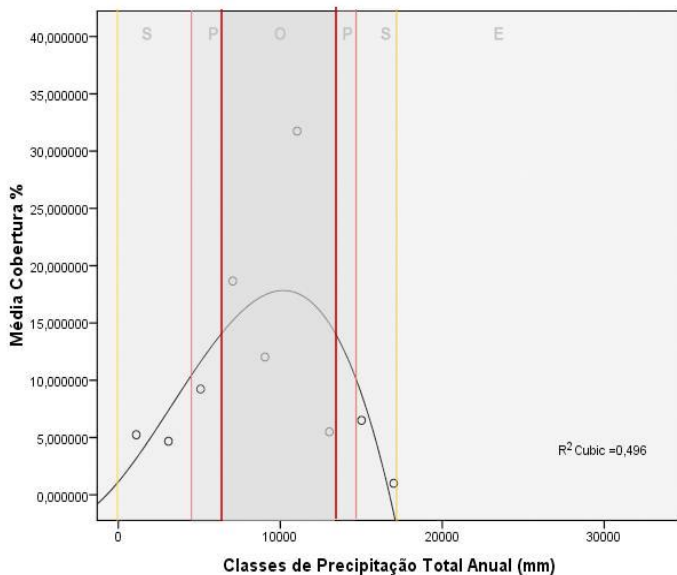


Figura 165 - Curva e resposta da espécie *Woodwardia radicans* à variável, Precipitação Total Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Precipitação Total Anual: O ótimo da espécie encontra-se em altos valores de precipitação (10000mm), uma vez que se tratam de habitats de montanha com elevados valores de precipitação oculta, podendo no entanto, a espécie ter uma distribuição para valores muito baixos no seu limite inferior. Tal está de acordo com a possibilidade da espécie colonizar zonas mais baixas, sendo uma excelente espécie para colonizar os habitats húmidos, nomeadamente a cascata do acesso à Fajã do Calhau.

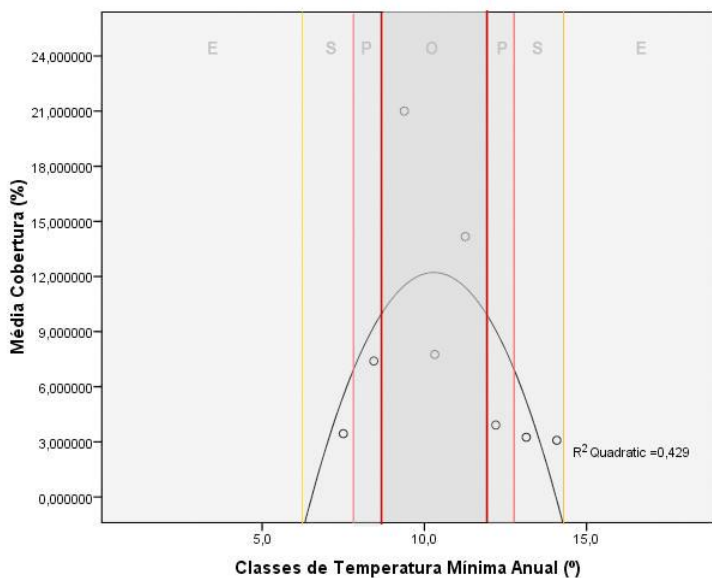


Figura 166 - Curva e resposta da espécie *Woodwardia radicans* à variável, Temperatura Mínima Anual, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Temperatura Mínima Anual: O ótimo ecológico para a *Woodwardia radicans* encontra-se para valores médios de Temperatura Mínima, 8-12°, o que é perfeitamente explicável pela distribuição altitudinal da espécie.

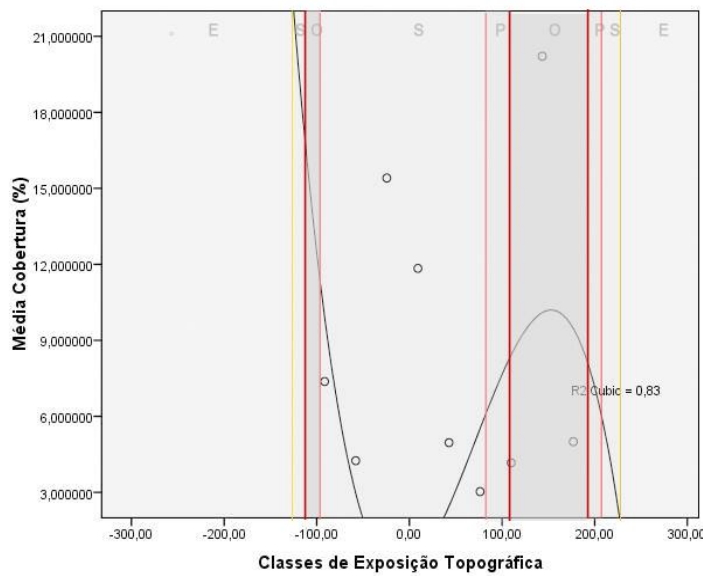


Figura 167 - Curva e resposta da espécie *Woodwardia radicans* à variável, Exposição Topográfica, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Exposição Topográfica: A *Woodwardia radicans* revela um comportamento binomial, variando desde zonas expostas (-100 de índice de exposição), a zonas mais abrigadas (100-200 de índice de exposição).

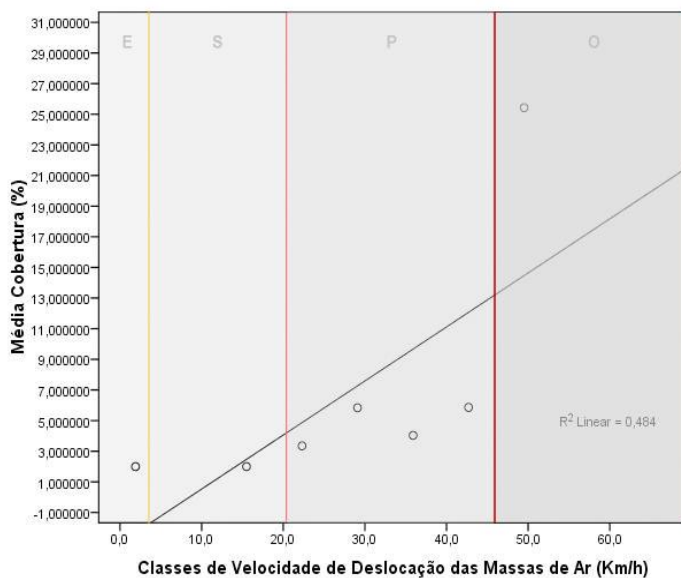


Figura 168 - Curva e resposta da espécie *Woodwardia radicans* à variável, Velocidade de Deslocação das Massas de Ar, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Velocidade de Deslocação das Massas de Ar: O ótimo ecológico encontra-se deslocado para zonas com forte intensidade de vento, ultrapassando os limites estudados para os Açores (médias). Por isso, aparentemente a espécie consegue suportar as condições mais extremas de montanha. Estes dados poderão dever-se aos inventários da espécie presente em zonas expostas, como taludes e encostas de montanha.

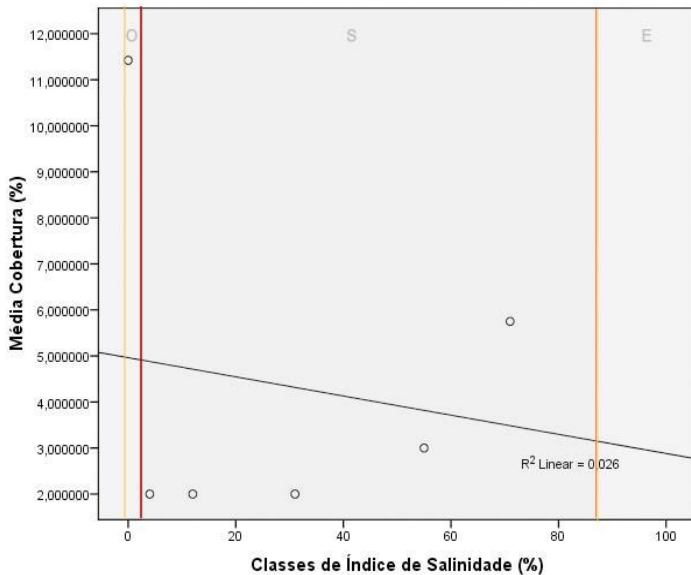


Figura 169 - Curva e resposta da espécie *Woodwardia radicans* à variável, Índice de Salinidade, sendo: E – Zona de Exclusão; S – Zona de Stress; P – Zona Provável; O – Ótimo Ecológico.

Índice de Salinidade: A espécie mostra uma relação negativa com o sal, isto é, não suporta exposição ao *spray* marítimo, o que confirma mais uma vez o seu habitat associado a zonas de elevada precipitação e portanto de baixa condutividade.

Neste capítulo usou-se as variáveis ambientais que influenciam a distribuição das espécies, através de uma base de dados (Atlântida), podendo-se gerar assim valores de amplitude ecológica das espécies vegetais a partir dessas mesmas variáveis.

Este capítulo teve bons resultados, uma vez que foi possível, através do estudo alargado a todas as ilhas dos Açores, determinar os óptimos das espécies de forma quantitativa de modo a serem aplicados em SIG, para o modelo de restauro do acesso à Fajã do Calhau.

Desta forma, pela análise de uma curva ajustada foi possível determinar os óptimos ecológicos das espécies, baseado nas coberturas.

Através desta análise, e para a maioria das espécies, foi possível encontrar um óptimo que corresponde a 40% da distribuição da espécie. A maioria das plantas ajustaram-se a uma curva de Gauss, embora exista casos em que se verificou que a espécie tinha um comportamento de acordo com o modelo de resposta BETA.

Assim, e perante estes resultados, e refazendo o processo em Sistemas de Informação Geográfica de forma reversiva aplicado à área de estudo da Fajã do Calhau, é possível encontrar na área de estudo os espaços onde se realizam óptimos das espécies. É nestes óptimos ecológicos que as espécies melhor cumprem as suas funções, e portanto, é nestas zonas óptimas que a espécie tem melhor crescimento vegetativo e maiores valores de cobertura, que é exactamente o que se pretende nestas áreas de renaturalização.

Na Fajã do Calhau, este instrumento de restauro através do óptimo ecológico das espécies é muito importante, uma vez que a Fajã é muito heterogénea. Justifica-se, assim, a aplicação desta metodologia para encontrar as espécies mais adaptadas para cada uma das faixas bio-ecológicas.

Este estudo permitiu, também, ordenar as espécies de acordo com determinados critérios adaptativos ao meio ambiente, uma vez que o conjunto de espécies vegetais mostrou um comportamento mais esteno (esteno-espécies), enquanto outras apresentaram um comportamento mais amplo e com maior abertura desses critérios (euri-espécies).

Também, foi possível encontrar um conjunto de espécies com comportamento binomial, apresentando dois ótimos ecológicos, normalmente um ótimo associado à zona costeira e outro associado à zona de montanha.

Deste modo as esteno-espécies são espécies que para grande parte dos factores possuem exigências restritas, portanto apresentam uma distribuição mais estreita, e a curva de ótimo é mais “apertada”. As espécies com este carácter são: *Asplenium marinum*, *Azorina vidalii*, *Euphorbia azorica* e *Limonium eduardi-diasii*.

Por outro lado, as euri-espécies, que apresentam um comportamento mais alargado aos factores ambientais são: *Erica azorica*, *Festuca francoi*, *Festuca petraea*, *Juniperus brevifolia*, *Laurus azorica*, *Myrica faya*, *Picconia azorica* e *Woodwardia radicans*.

E por fim, as espécies que apresentaram comportamento binomial são as seguintes: *Erica azorica*, *Juniperus brevifolia* e *Laurus azorica*.

Além disso, estas curvas de resposta também permitiram perceber que existem diferentes tendências ecológicas de adaptação ao meio terrestre açoriano:

- ✓ Espécies de costa - que mostram claramente uma preferência ecológica para os ambientes costeiros, como foi possível verificar pelas variáveis Altitude e Índice de Salinidade, em que as espécies mais ajustadas são: *Asplenium marinum*, *Azorina vidalii*, *Euphorbia azorica* e *Limonium eduardi-diasii*.

A *Festuca petraea* sendo claramente uma espécie de costa, nesta análise mostrou preferência para zonas mais altas. Esta situação merece que se realize mais estudos de campo para se perceber porque os resultados foram estes.

- ✓ Espécies de Média Altitude – Espécies com grande amplitude terrestre, e conseqüentemente ecológica, em que as espécies mais ajustadas são: *Myrica faya*, *Laurus azorica*, *Picconia azorica* e *Woodwardia radicans*.

- ✓ Espécies de Montanha – Mostram claramente uma preferência ecológica por zonas altas, com elevada precipitação e ventos intensos. As espécies mais adaptadas são: *Erica azorica*, *Juniperus brevifolia* e *Festuca francoi*.

A *Erica azorica* como possui um comportamento binomial, apresenta não só um ótimo ecológico nas zonas costeiras, como também nas zonas de montanha.

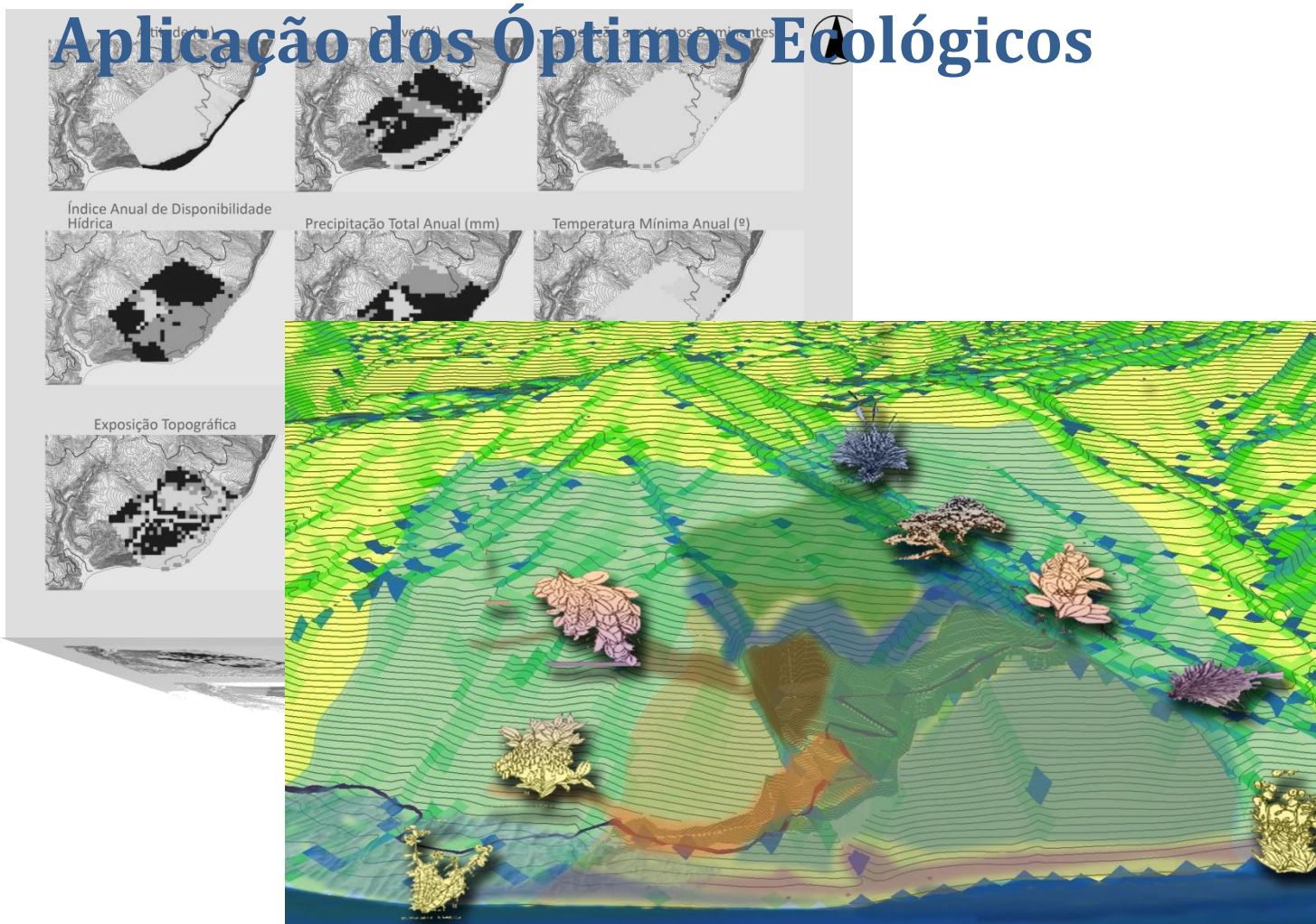
- ✓ Espécies de falésias e taludes – O reconhecimento de espécies que tenham tendência para se desenvolver em falésias é um instrumento importante de renaturalização deste acesso, dado que se trata de uma falésia costeira, sendo assim fundamental ter um conjunto de espécies capaz de lidar com estas condições.

Através da variável ambiental declive, as espécies mais adaptadas são as seguintes: *Festuca francoi*, *Festuca petraea*, *Erica azorica* e *Myrica faya*.

- Zonas Húmidas: (IADH) – No acesso há uma ribeira com uma zona húmida e cascata que está associada a uma grande zona de encharcamento, e pela análise do Índice Anual de Disponibilidade Hídrica as espécies mais adaptadas são: *Festuca francoi*, *Woodwardia radicans* e *Juniperus brevifolia*.

Capítulo III

Modelo em Sistemas de Informação Geográfica de Determinação dos Padrões de Renaturalização pela Aplicação dos Óptimos Ecológicos



III.1. Introdução

Com este trabalho pretende-se realizar uma abordagem científica ao problema de restabelecimento dum coberto vegetal num espaço de intervenção com forte mobilização de materiais, destruição dos ecossistemas e descaracterização da paisagem, como no caso da construção do acesso à Fajã do Calhau. O restauro de ecossistemas degradados é, considerado, hoje em dia, fundamental para o desenvolvimento sustentável de uma região. Uma das abordagens é o designado restauro ecológico, que se baseia em décadas de conhecimento acumulado de Ecologia, Biologia, Clima e Pedologia, e no conhecimento de numerosas tentativas para extrair as partes pertinentes e aplicadas, de forma a reconstruir ou reparar um ecossistema. (ZHANG & DONG, 2010).

A sucessão de comunidade de plantas é um dos temas clássicos da ecologia vegetal, e trata-se de um processo ecológico importante que tem sido estudado desde à algum tempo (CLEMENTS, 1928, 1936). O restauro da vegetação pode ser encarado como uma sucessão secundária, e esta começa quando uma área é intervencionada parcialmente ou completamente desprovida de vegetação por causa de uma perturbação ou efeitos de uma determinada obra. (ZHANG & DONG, 2010).

A maioria dos projectos de restauro ambientais concentram-se na recuperação da vegetação para avaliar o sucesso da renaturalização. No entanto, se a meta de um projecto de restauro é criar um ecossistema auto-sustentável e resistente a perturbações (SER, 2004), necessita-se analisar mais do que a vegetação, mas todos os factores que influenciam a distribuição e diversidade das comunidades nos diferentes locais. (RUIZ-JAÉN & AIDE, 2005)

Consequentemente, há uma necessidade crescente de conceitos metodológicos e técnicas cientificamente testadas para o restauro ecológico das comunidades vegetais e as suas relações de biocenose. Enquanto que, inicialmente, os projectos de restauro foram, várias vezes, desenhados por conservacionistas ambientais e outros profissionais, a ecologia de restauro tem estabelecido agora, o carácter de disciplina científica usando, assim, as áreas de renaturalizações como ecossistemas modelo para o esclarecimento dos mecanismos de ecologia geral e de teste à teoria. (KIEHL, 2010)

Conforme NAM-CHOON, 2005, para restaurar um ecossistema desequilibrado a preservação da biodiversidade é crucial. Portanto, projectos de restauro iniciados em áreas ecologicamente importantes e com potencial, como a área de acesso à Fajã do Calhau, devem procurar meios de promover as espécies endémicas e nativas, utilizando estas no revestimento da obra.

Desta forma, e segundo GODEFROID *et al.*, 2001, a reintrodução de espécies nativas tem-se tornado cada vez mais importante na conservação em todo o mundo. O valor da reintrodução de espécies tem sido reconhecido nos tratados e legislação internacionais, desde a Convenção de Berna, a Convenção da Diversidade Biológica, a Estratégia Europeia para a Conservação de Plantas, até ao Parlamento Europeu com a “ Directiva Habitats – 92/43/CEE”. Estes acordos aumentaram a aceitação pública e ajudaram a valorizar os esforços de reintrodução como uma componente integral de conservação da biodiversidade.

Desta forma, o restauro ecológico torna-se uma estratégia de elevada importância para o território e para os equilíbrios ambientais, em que se utilizam as espécies endémicas e nativas, aplicando os princípios de sucessão ecológica, da dinâmica dos ecossistemas e da influência dos factores ambientais, de modo a promover os processos de autosustentação de um determinado ecossistema.

Assim, o presente estudo visa analisar e demonstrar as ecozonas óptimas onde introduzir as espécies vegetais que melhor se adaptam às condições ambientais da Fajã do Calhau. Isto implicou que no Capítulo II estudou-se modelos teóricos do comportamento das espécies, para que se pudesse transferir

esse conhecimento para a prática (neste capítulo) e aplicar a uma obra de restauro, combatendo a erosão, e melhorando o impacto paisagístico e todas as vantagens já descritas do restauro com espécies naturais.

III.2. Metodologia

Fase 1

Em ambiente SIG, e utilizando o suporte geográfico da área da obra do acesso à Fajã do Calhau, foram desenvolvidas GRIDs com o cálculo dos valores das classes de amplitude ecológica, de cada factor ambiental determinado no capítulo anterior, para as diferentes espécies.

Fase 2

Através dos Sistemas de Informação Geográfica, aplicou-se os modelos de simulação dos 11 factores ambientais estudados no capítulo I, à área de estudo, obtendo-se a distribuição dos valores de cada um desses factores ambientais.

Fase 3

Nesta fase, o projecto SIG evolui para a substituição dos valores da GRID dos factores ambientais (Fase 2) pelas classes da amplitude ecológica da espécie de cada variável (Fase 1), reclassificando-se por 4 classes, em que:

- ✓ **0** - Corresponde à classe onde a espécie não mostrou capacidade de crescimento (Zona de Exclusão);
- ✓ **1** – Zona de *Stress*, onde a espécie mostra valores de cobertura/frequência pouco significativos, até 20% do valor máximo de cobertura média da espécie nos Açores;
- ✓ **2** – Zona Provável, onde a espécie apresenta valores de cobertura frequente, entre 20 - 60 % do máximo de cobertura média da espécie nos Açores;
- ✓ **3** – **Óptimo Ecológico**, onde a espécie mostra valores de cobertura média superiores a 60%.

Estas classes foram determinadas por uma opção prática neste trabalho, embora, a curva de respostas das espécies às variáveis ambientais variam de espécie para espécie, e de parâmetro para parâmetro. Em alguns casos verifica-se um comportamento correspondente a uma curva exponencial (*Festuca petraea* em relação ao Índice Anual de Disponibilidade Hídrica), enquanto noutros verifica-se um comportamento que corresponde a uma evolução aritmética (*Woodwardia radicans* em relação à Velocidade de Deslocação das Massas de Ar). Uma vez que se pretende normalizar esta relação entre os factores ambientais e as respostas das espécies, optou-se pela forma mais directa (aritmética). Assume-se, assim, que a relação de algumas espécies a determinadas variáveis ficarão subdimensionadas, pelo que nascem, então, as 4 classes anteriores de 0 – 3.

As zonas de classe zero têm um factor multiplicativo e, quando este existe, anula os restantes factores. Isto é, a área com valor zero fica excluída, independentemente da qualidade dos outros

factores, dado que se aplica aqui a Lei da Tolerância de Shelford, em que o primeiro valor que está para além dos limites de tolerância da espécie, é que condiciona a existência deste.

Portanto, a substituição destas classes na GRID das variáveis ambientais permite obter para uma destas GRID's, a distribuição da amplitude ecológica das diferentes espécies, evidenciando-se as zonas óptimas para a introdução das espécies com o valor de 3 e as zonas inadequadas (zonas de exclusão) com os valores de 0.

Fase 4

Determinação da tolerância ecológica, em função do conjunto das nove variáveis ambientais estudadas, obtida pela reunião de cada uma das GRIDS calculadas anteriormente.

III.3. Análise e Discussão dos Resultados

Tendo por objectivo a concepção de cartas de distribuição óptima das diferentes espécies vegetais estudadas no Capítulo II na área de restauro do acesso à Fajã do Calhau, apresenta-se, para cada variável ambiental, a disposição de cada espécie na área de estudo.

Assim, os valores da GRID apresentados nas cartas correspondem a:

- 0 – Zona de Exclusão;
- 1 – Zona de *Stress*;
- 2 – Zona Provável;
- 3 – Óptimo Ecológico;

▪ *Asplenium marinum* L.

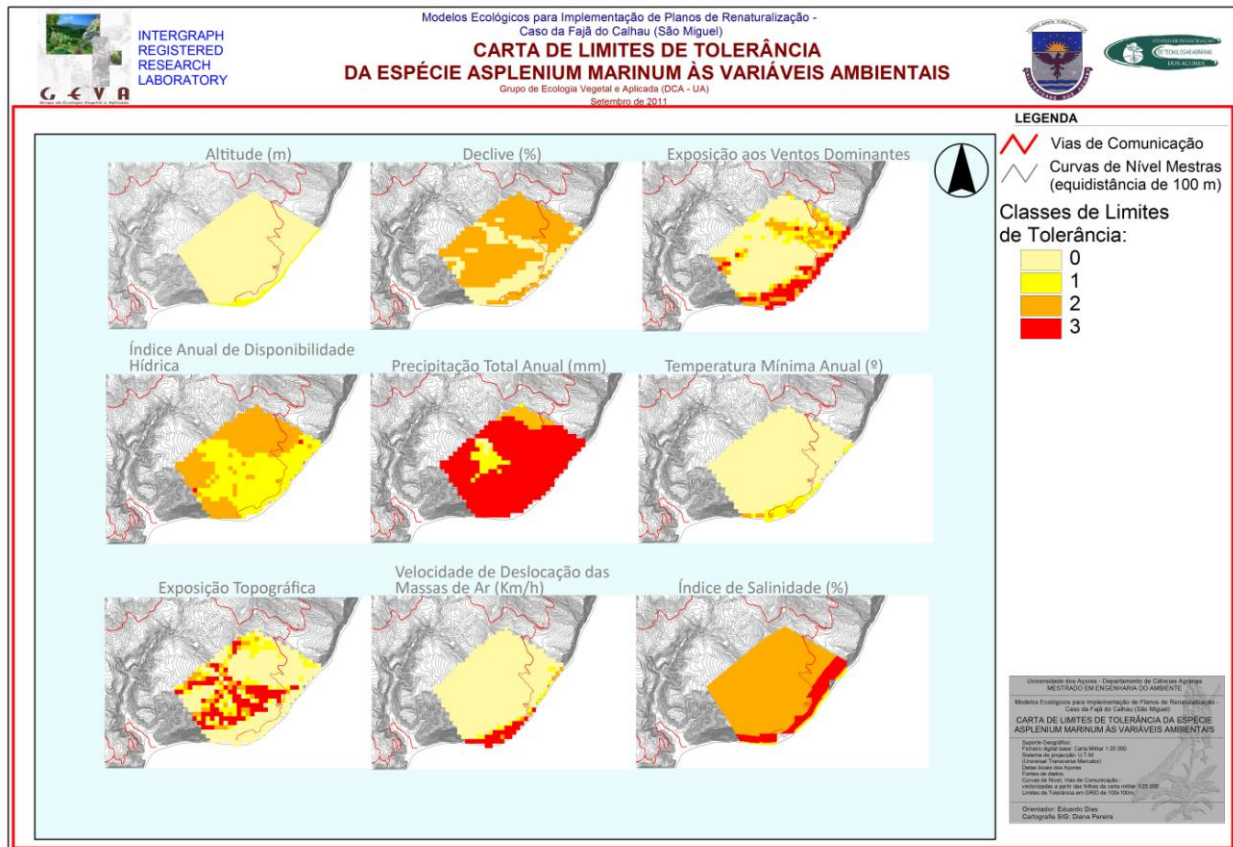


Figura 170 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie *Asplenium marinum* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de *Stress*; 2- Zona Provável; 3 – Óptimo Ecológico.

As classes de tolerância para o *Asplenium marinum* mostram que esta espécie tem uma distribuição altitudinal estreita, encontrando-se a maioria dos óptimos na faixa costeira até cerca dos 100 metros, com óptimos para baixas intensidades de ventos, solos com disponibilidade hídrica equilibrada - sem encharcamento, valores altos de temperatura mínima, zonas abrigadas e relação muito positiva com o *spray* marítimo, demonstrando o carácter halófito deste feto.

Portanto, esta espécie tem uma preferência pela zona supralitoral da Fajã do Calhau.

▪ ***Azorina vidalii* (Wats.) Feer**

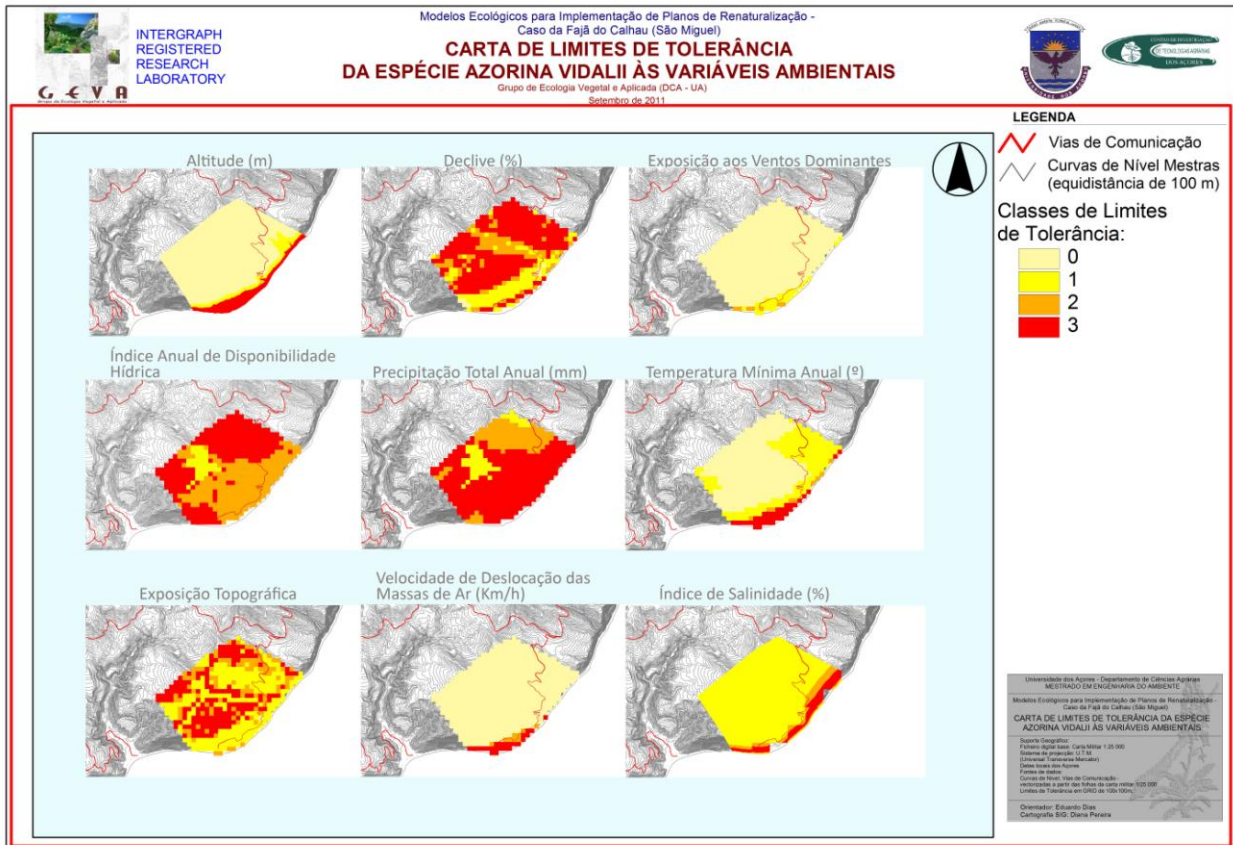


Figura 171 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie *Azorina vidalii* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de Stress; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.

A *Azorina vidalii*, tal como o *A. Marinum*, possui uma distribuição altitudinal estreita, chegando o óptimo ecológico até cerca de 100 m. Esta espécie apresenta valores óptimos para: baixos declives; baixas intensidades de exposição aos ventos dominantes; disponibilidade hídrica equilibrada, mas com uma certa quantidade de água no solo; baixos valores de precipitação total anual; altos valores de temperatura mínima; e uma relação muito positiva com o sal, conseguindo suportar até 100% de salinidade, o que mostra que é claramente halófito, podendo ser adicionada ao longo da faixa costeira da área de estudo.

▪ ***Erica azorica* Hochst:**

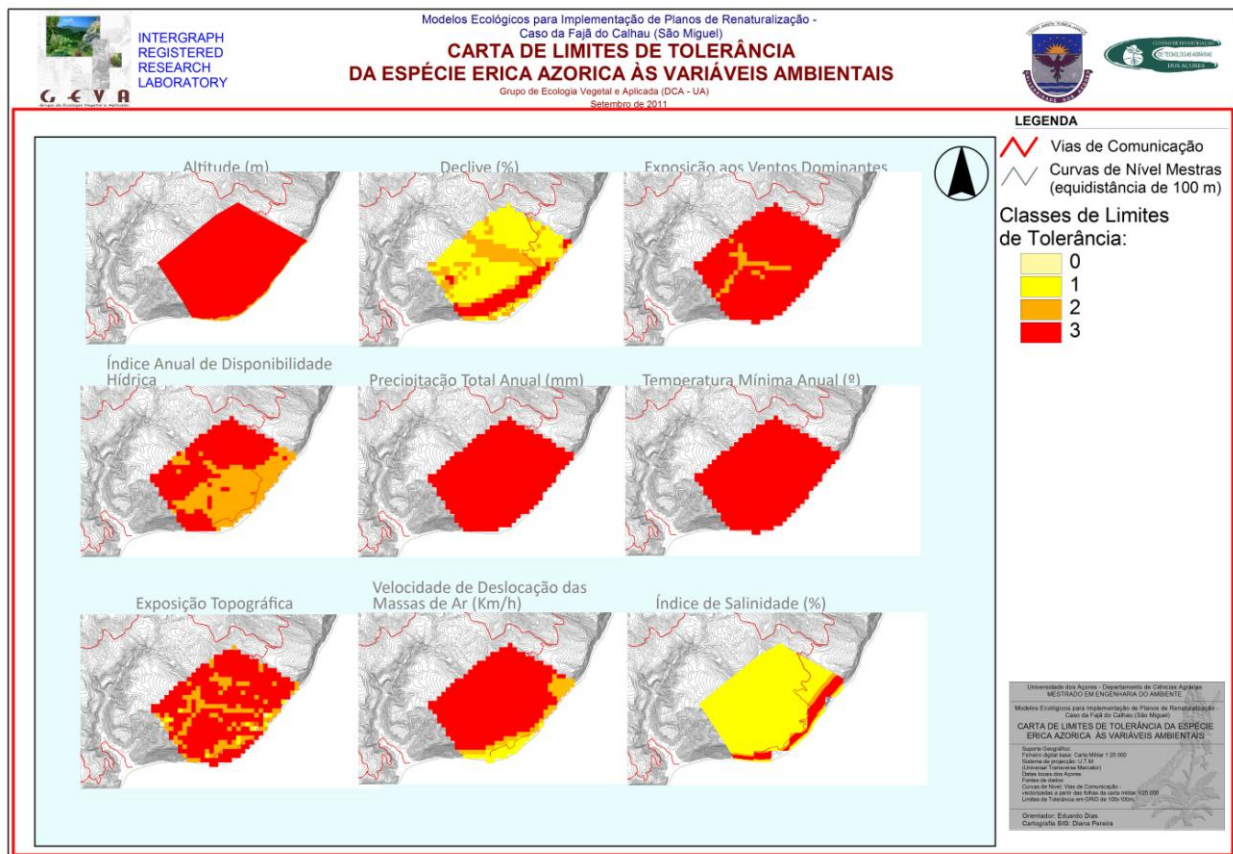


Figura 172 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie *Erica azorica* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de *Stress*; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.

A *Erica azorica* possui uma distribuição altitudinal desde o nível do mar às zonas máximas de altitude da área de estudo da Fajã do Calhau, revelando o carácter ubiquista desta espécie, mostrando assim, condições favoráveis para colonizar quase toda a superfície do acesso à Fajã.

Para além disso, os estudos desta espécie valorizam o forte carácter colonizador em lavas recentes e rochas descobertas, tornando-a um excelente instrumento de restauro nesta intervenção de grande magnitude que expõe ambientes rochosos primários.

Em relação às outras variáveis, esta espécie demonstra ser relativamente indiferente ao declive, embora o óptimo aponte para zonas de declive médio; no que diz respeito à exposição aos ventos dominantes apresenta uma grande resistência a áreas muito ventosas; óptimo associado às situações de disponibilidade hídrica equilibrada e também de condições de encharcamento.

A *Erica* mostra um óptimo para valores amplos de precipitação total anual, temperatura mínima e velocidade de deslocação das massas de ar. Na sequência do comportamento da espécie com os factores ambientais, torna-se compreensível que a espécie tenha uma relação muito positiva com o sal, mostrando algum *stress* na completa ausência de *spray* marítimo, mas sendo capaz, por outro lado, de suportar zonas de costa com elevada percentagem de sal.

▪ ***Euphorbia azorica* Seub.:**

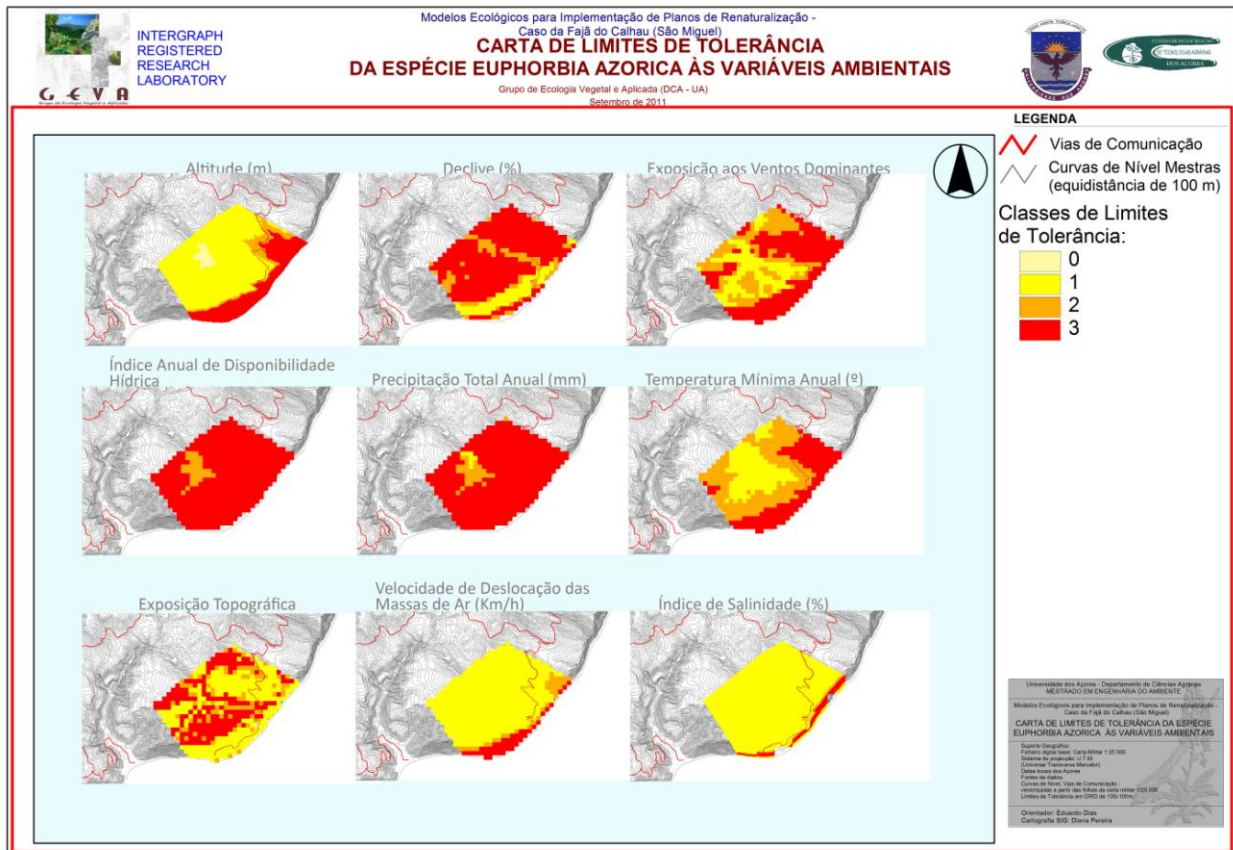


Figura 173 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie *Euphorbia azorica* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de Stress; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.

A *Euphorbia azorica* tem uma distribuição ótima para altitudes baixas, mostrando uma tendência para declives relativamente baixos, com capacidade de suportar intensidades de exposição aos ventos moderadas a relativamente abrigadas.

O ótimo ecológico da *E. azorica* encontra-se para elevados valores de Temperatura Mínima, para fracas intensidades de velocidade de deslocação das massas de ar e com uma capacidade elevada de suportar o sal, o que mostra que é claramente halófita, sendo perfeitamente explicável, dado que esta espécie se distribui pelas zonas costeiras.

▪ *Festuca francoi* Fdez. Prieto, C. Aguiar & E. Dias:

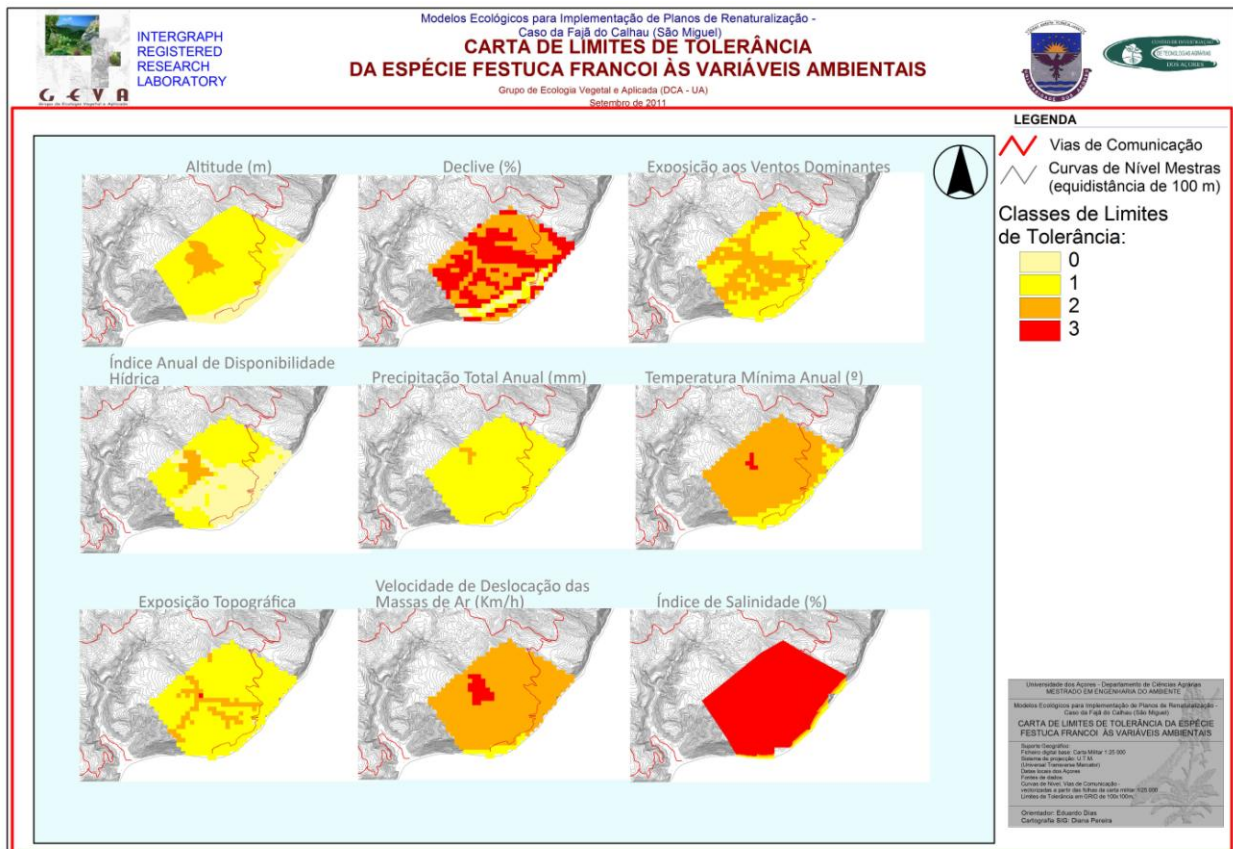


Figura 174 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie *Festuca francoi* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de Stress; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.

A *Festuca francoi* tem uma distribuição altitudinal ótima para as zonas altas da área de estudo, geralmente acima de 600 m, e com grande resistência à exposição aos ventos dominantes. Os limites ecológicos encontram-se para: altos valores de encharcamento anuais (índice anual de disponibilidade hídrica) e de precipitação, baixos valores de temperatura mínima, habitats severamente expostos e não suportando exposições ao *spray* marítimo. Esta relação do sal com a *F. francoi*, confirma o seu habitat associado a zonas de elevada precipitação e, portanto, de baixa condutividade.

▪ ***Festuca petraea* Guthn. ex Subz.**

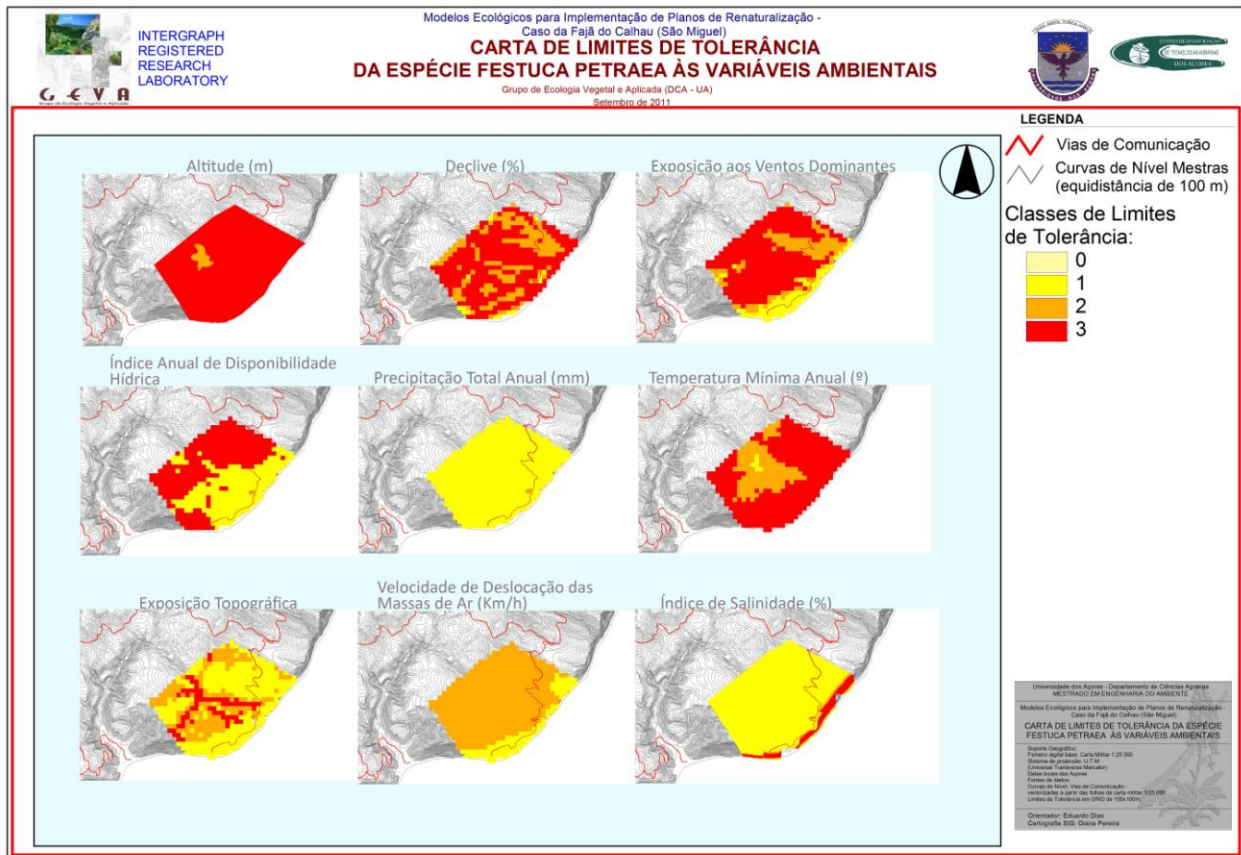


Figura 175 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie *Festuca petraea* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de Stress; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.

A *Festuca petraea* possui uma distribuição ampla, para altitudes médias, mostrando uma tendência para tolerar percentagens de declives médios a altos. A espécie mostra disposição para suportar intensidades de exposição aos ventos dominantes relativamente intensas, e com um ótimo ecológico associado a situações de disponibilidade hídrica equilibrada, a relativamente encharcado, e valores elevados de Temperatura Mínima.

Esta espécie encontra-se preferencialmente em habitats expostos, com capacidade de suportar fortes intensidades de vento, e com uma relação positiva com o sal, suportando até 100% de índice de salinidade, o que demonstra o seu perfil halófito, tornando-se um forte elemento para o restauro do acesso à Fajã do Calhau.

▪ *Juniperus brevifolia* (Seub.) Antoine:

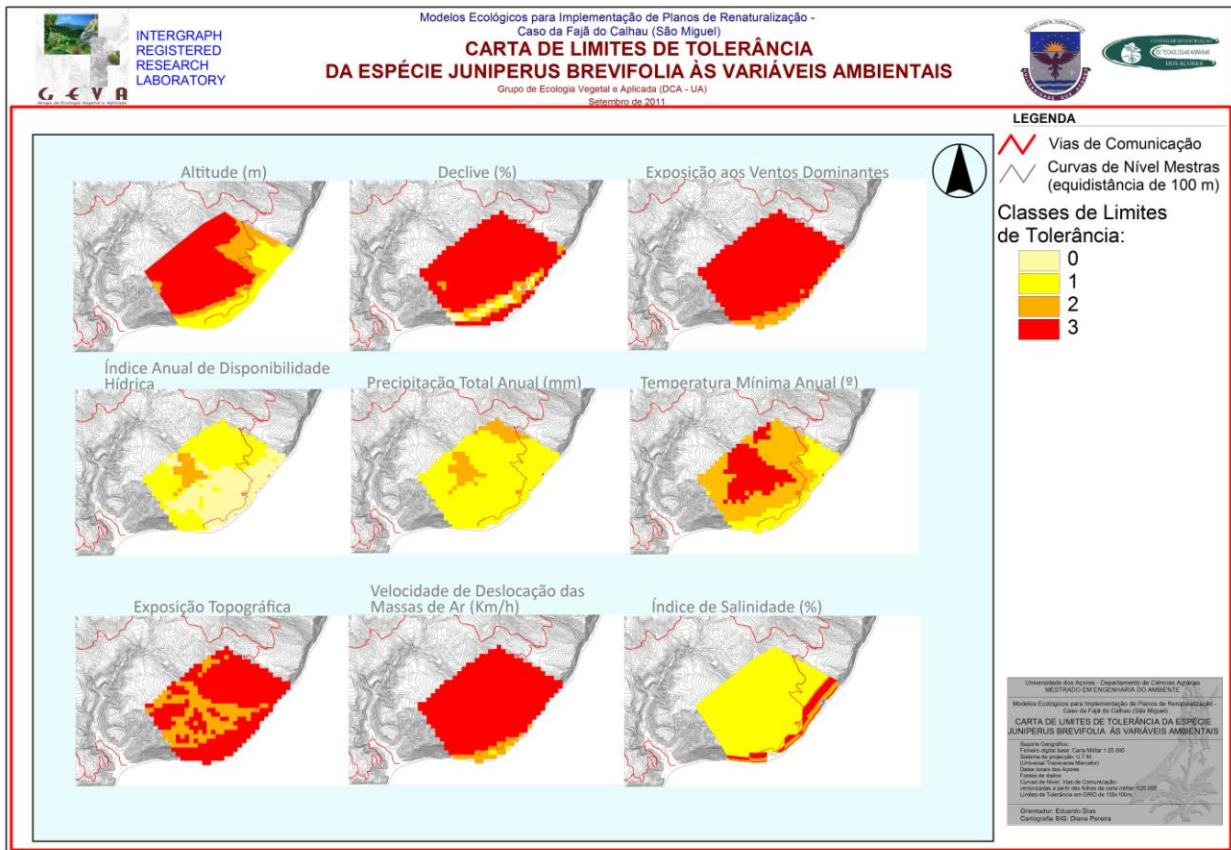


Figura 176 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie *Juniperus brevifolia* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de *Stress*; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.

O *Juniperus brevifolia* tem uma distribuição altitudinal desde zonas mais litorais até às zonas mais altas da área de estudo, encontrando-se o declive ótimo para percentagens médias e altas.

Também, é possível verificar que, a espécie mostra tendência para suportar valores de intensidade de exposição aos ventos elevados, com ótimo para altos valores de encharcamento anuais (índice anual de disponibilidade hídrica) e de precipitação.

A tolerância ecológica ótima do *J. brevifolia* encontra-se para valores baixos de Temperatura Mínima e mostra uma amplitude longa de resistência aos ventos.

A espécie mostra uma reação positiva em relação a uma percentagem média de sal. Assim, a espécie mostra algum *stress* nas situações de completa ausência de sal, sendo por outro lado, capaz de suportar zonas com alto valor de *spray* marítimo, até cerca de 80%, o que permite a introdução desta espécie em duas faixas na Fajã do Calhau, uma mais junto da costa e outra nas zonas altas da área de estudo.

▪ ***Laurus azorica* (Seub.) Franco:**

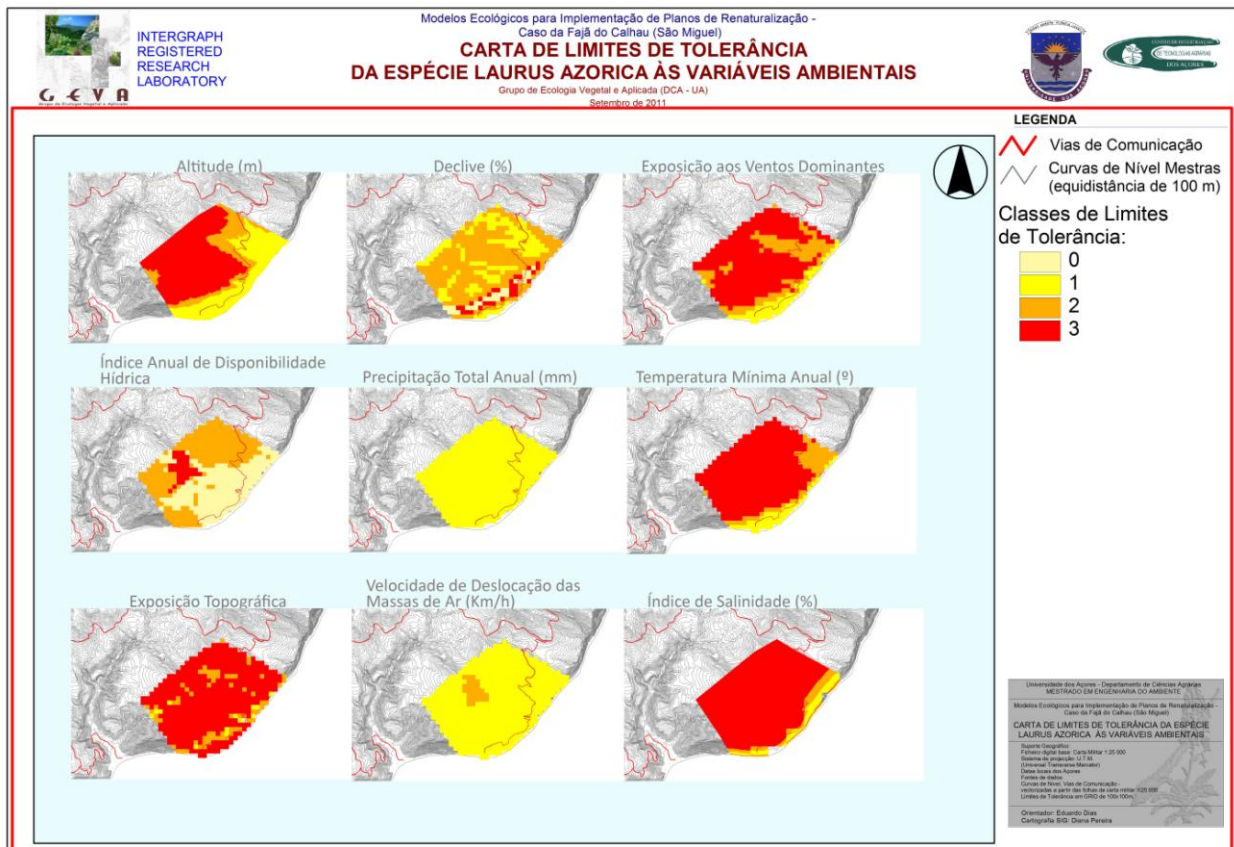


Figura 177 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie *Laurus azorica* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de Stress; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.

O *Laurus azorica* possui uma distribuição altitudinal em média altitude, não suportando o sal. Mostra uma relação negativa com o declive, não tolerando declives elevados e com tendência para suportar intensidades de exposição aos ventos moderadas a intensas.

Os limites ecológicos encontram-se para: situações de disponibilidade hídrica equilibrada a elevada; valores médios de temperatura mínima; zonas ligeiramente expostas e uma larga amplitude de resistência aos ventos. Porém, mais uma vez se verifica que não suporta o *spray* marítimo, estando o ótimo afastando para zonas longe da faixa costeira. Desta forma a espécie deverá ser introduzida no início do caminho do acesso à Fajã, o mais afastada possível da exposição ao sal.

▪ *Limonium eduardi-diasii* Fdez. Prieto & C. Aguiar:

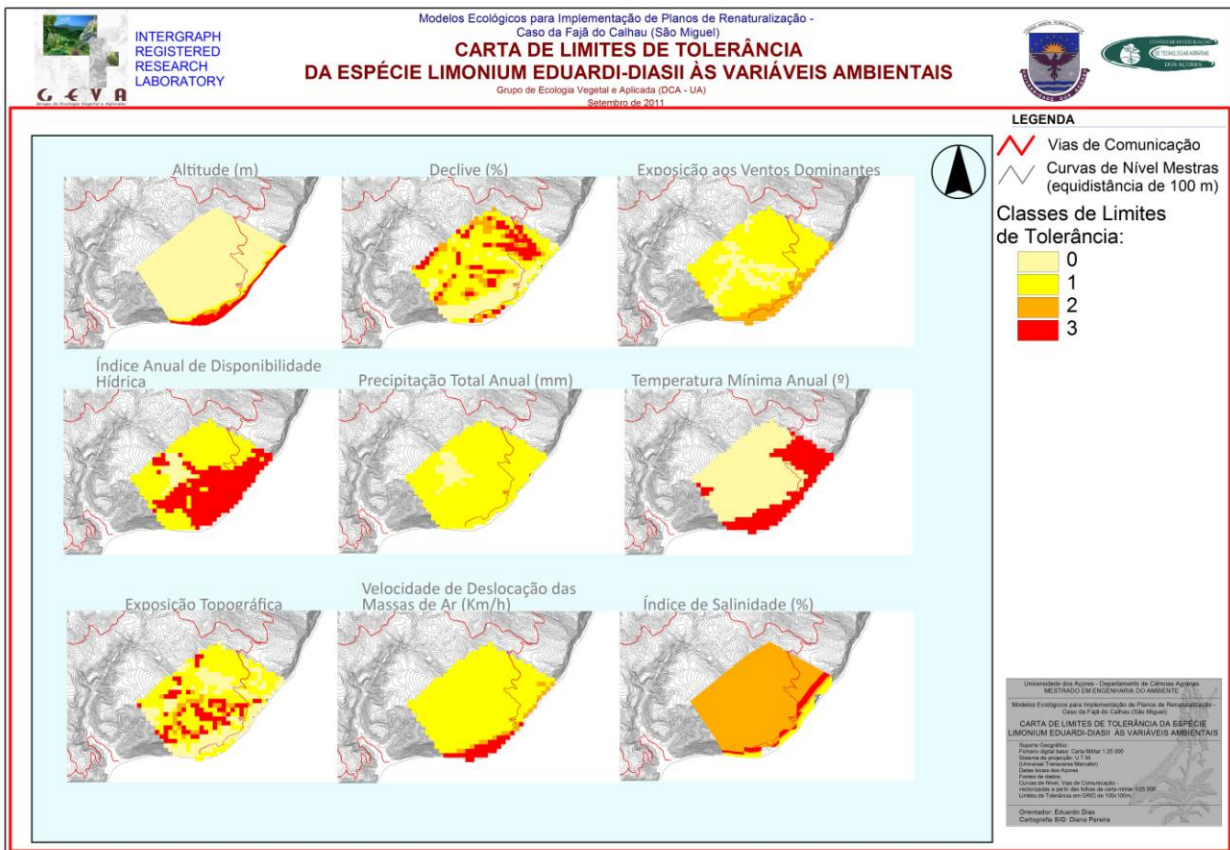


Figura 178 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie *Limonium eduardi-diasii* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de Stress; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.

O *Limonium eduardi-diasii* tem uma distribuição altitudinal muito estreita, chegando até cerca de 100 m, mostrando uma tendência para ter um ótimo associado a baixos declives.

Esta espécie apresenta um ótimo ecológico para situações de algum stress hídrico, sem água doce no substrato, baixos valores de precipitação total anual e altos valores de temperatura mínima.

Também é possível verificar que o *Limonium* prefere zonas equilibradas de exposição topográfica e para fracas intensidades de vento, com uma forte influência do sal, confirmando o carácter halófito desta espécie e a preferência pela zona supralitoral da área da Fajã do Calhau, que também se verifica pela forte área de Zona de Exclusão nas variáveis: Temperatura Mínima Anual, Altitude e Índice de Salinidade, mostrando, assim, a grande incapacidade da espécie em crescer a grandes distâncias do mar.

▪ ***Myrica faya* Ait.:**

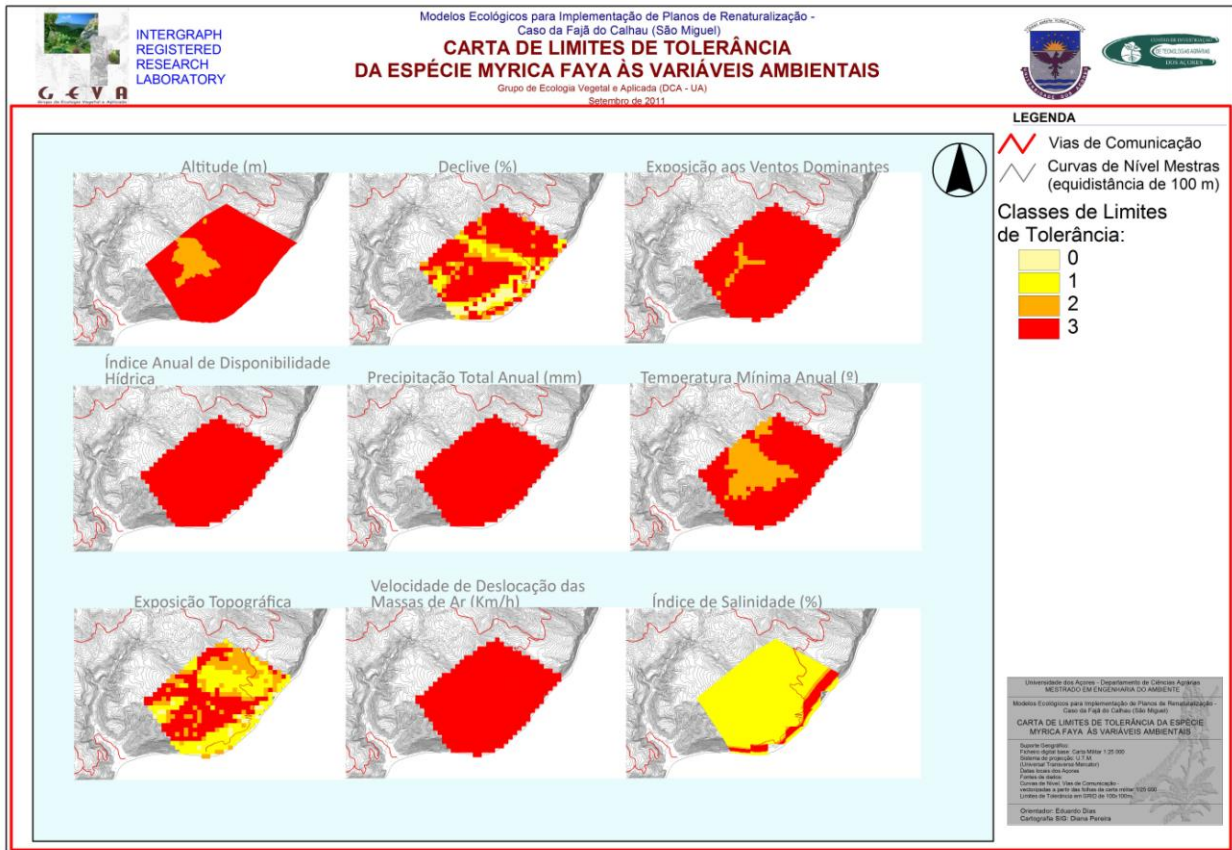


Figura 179 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie *Myrica faya* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de Stress; 2- Zona Provável; 3 – Óptimo Ecológico.

A *Myrica faya* apresenta uma distribuição altitudinal desde o nível do mar até média altitude, embora tenha preferência pelas faixas mais costeiras, apresentando um óptimo para declives médios e elevados.

Esta espécie revela uma ampla distribuição em relação à disponibilidade hídrica e precipitação, preferindo claramente temperaturas mínimas elevadas e zonas ligeiramente expostas a abrigadas, com influência do sal. Isto implica que, a *Myrica* mostra algum *stress* nas situações de completa ausência de sal, sendo por outro lado, capaz de suportar zonas de costa com alto valor de *spray* marítimo, o que a torna numa excelente colonizadora de áreas incipientes como o acesso para a Fajã do Calhau.

▪ ***Picconia azorica* (Tutin) Knobl.:**

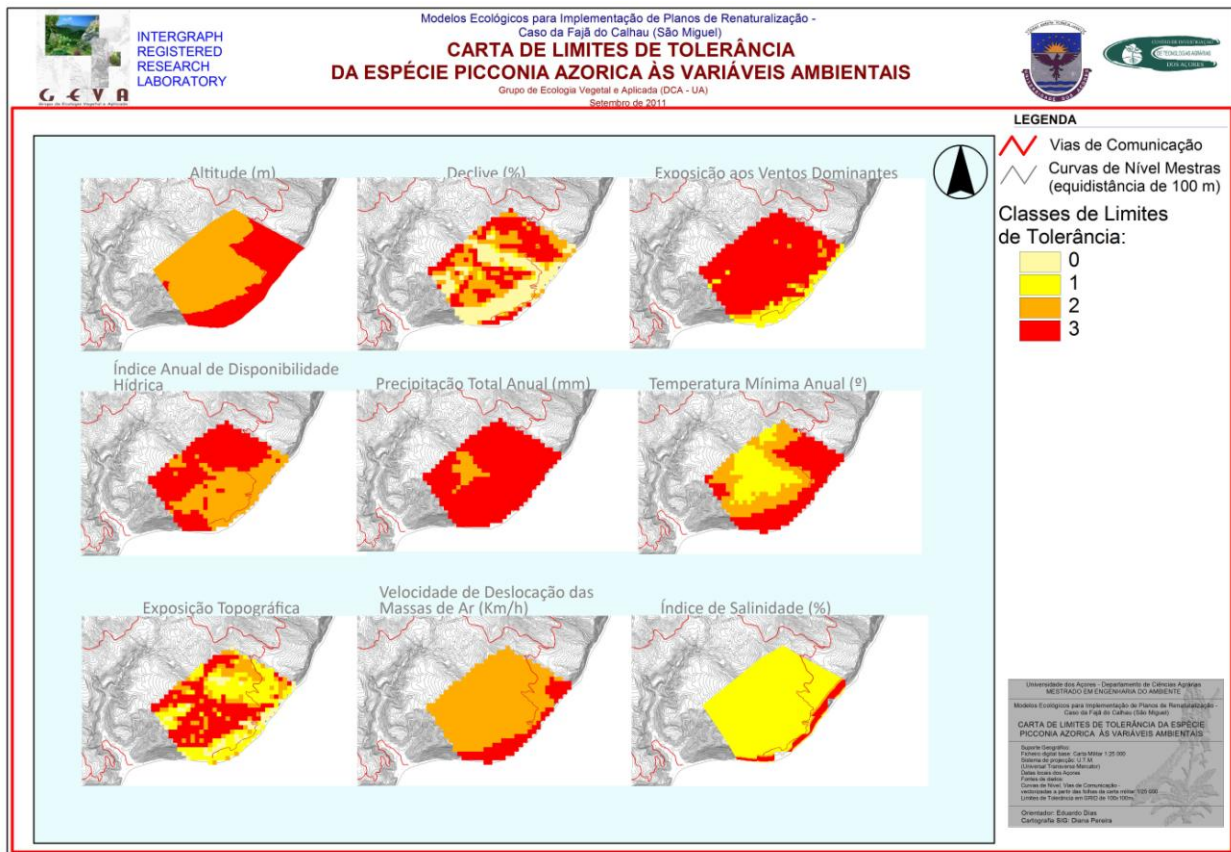


Figura 180 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie *Picconia azorica* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de Stress; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.

A *Picconia azorica* tem uma distribuição altitudinal ótima desde nível o nível do mar até cerca de 300 metros, mostrando, assim, a preferência desta espécie pela faixa litoral da área de estudo.

Os limites ecológicos ótimos encontram-se para: baixos valores de declive, zonas ligeiramente encharcadas, com elevada temperatura mínima e baixas intensidades de vento.

Estes limites estão relacionados com o porte arbóreo da *Picconia* que a torna mais instável e susceptível na sua estrutura de crescimento, devendo-se introduzir, na área de estudo, em zonas com influência do sal, preferencialmente abaixo dos 300 m, abrigadas e com disponibilidade de água no solo.

▪ ***Woodwardia radicans* (L.) J. E. Sm.**

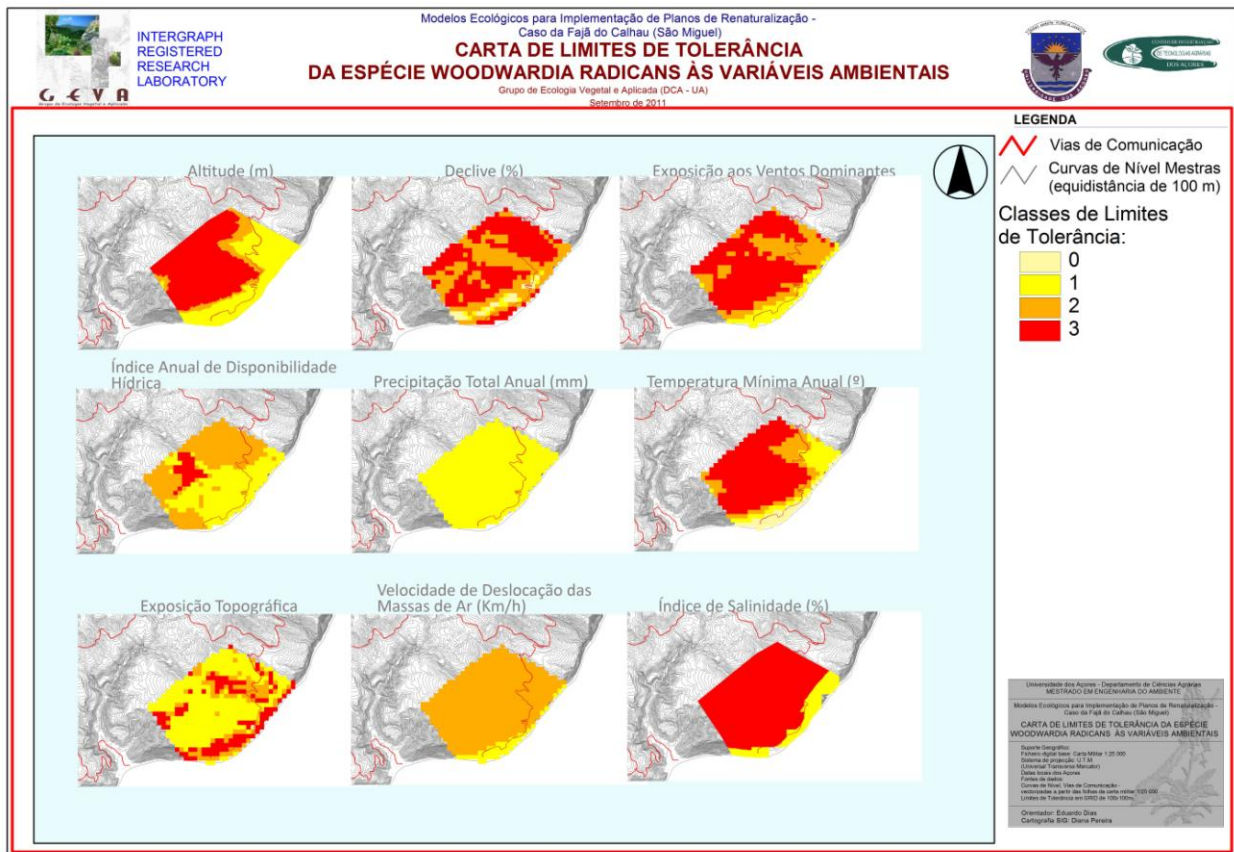


Figura 181 – Carta de Limites de Tolerância da Espécie *Woodwardia radicans* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que as classes variam de 0 – Zona de Exclusão; 1 – Zona de Stress; 2- Zona Provável; 3 – Ótimo Ecológico.

A *Woodwardia radicans* apresenta uma distribuição altitudinal preferencial a partir de cerca de 300 m até ao limite superior da área de estudo, com um ótimo ecológico associado a elevados valores de encharcamento anuais e valore médios de temperatura mínima. Este carácter da espécie mostra que é um ótimo instrumento para colonizar as zonas húmidas do acesso à Fajã, como a cascata e ribeira.

Também é possível verificar que a *Woodwardia* mostra uma relação negativa com o sal, o que confirma mais uma vez o seu habitat associado a zonas húmidas, longe da faixa costeira.

Fase 4: Nesta última fase, e em função do conjunto das nove variáveis ambientais estudadas para cada espécie anteriormente, obteve-se pela reunião de cada uma das GRIDS os seguintes resultados:

❖ *Asplenium marinum* L.:

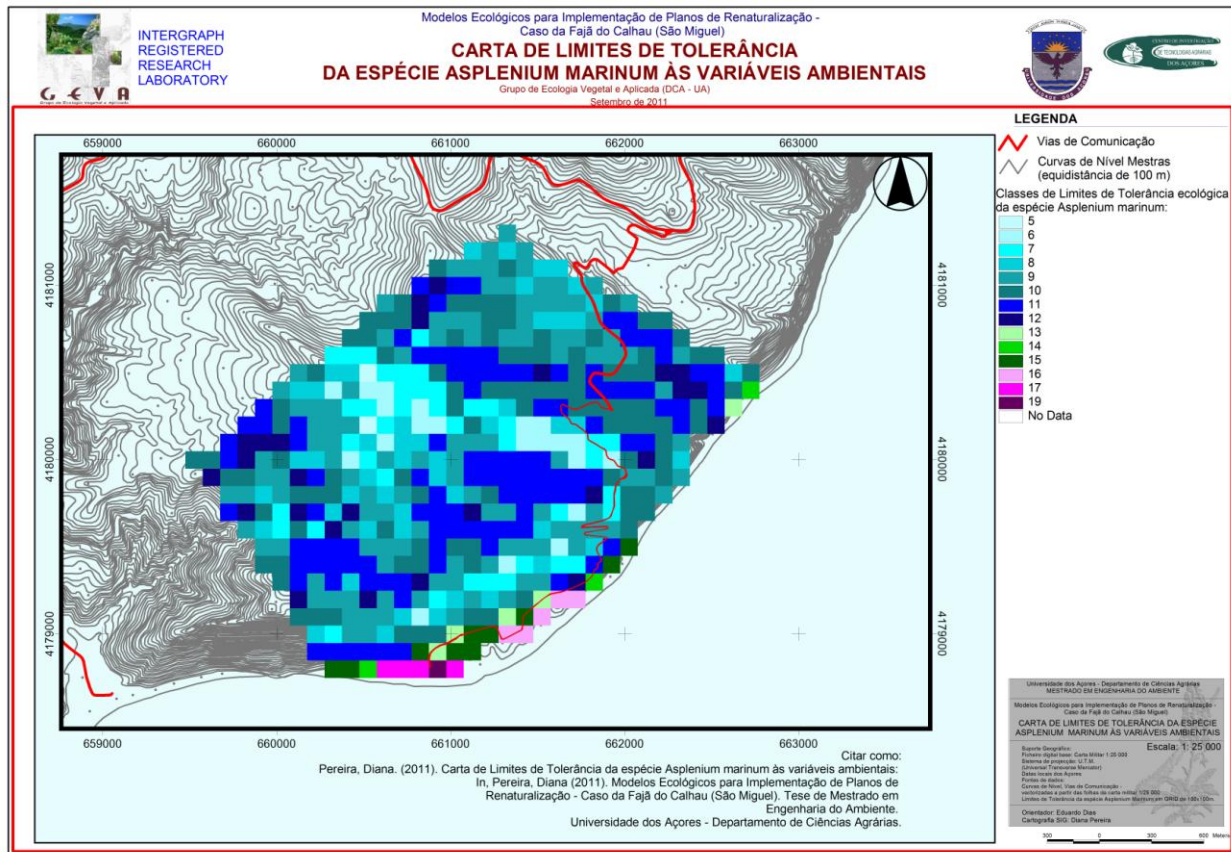


Figura 182 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie *Asplenium marinum* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.

❖ *Erica azorica* (Wats.) Feer:

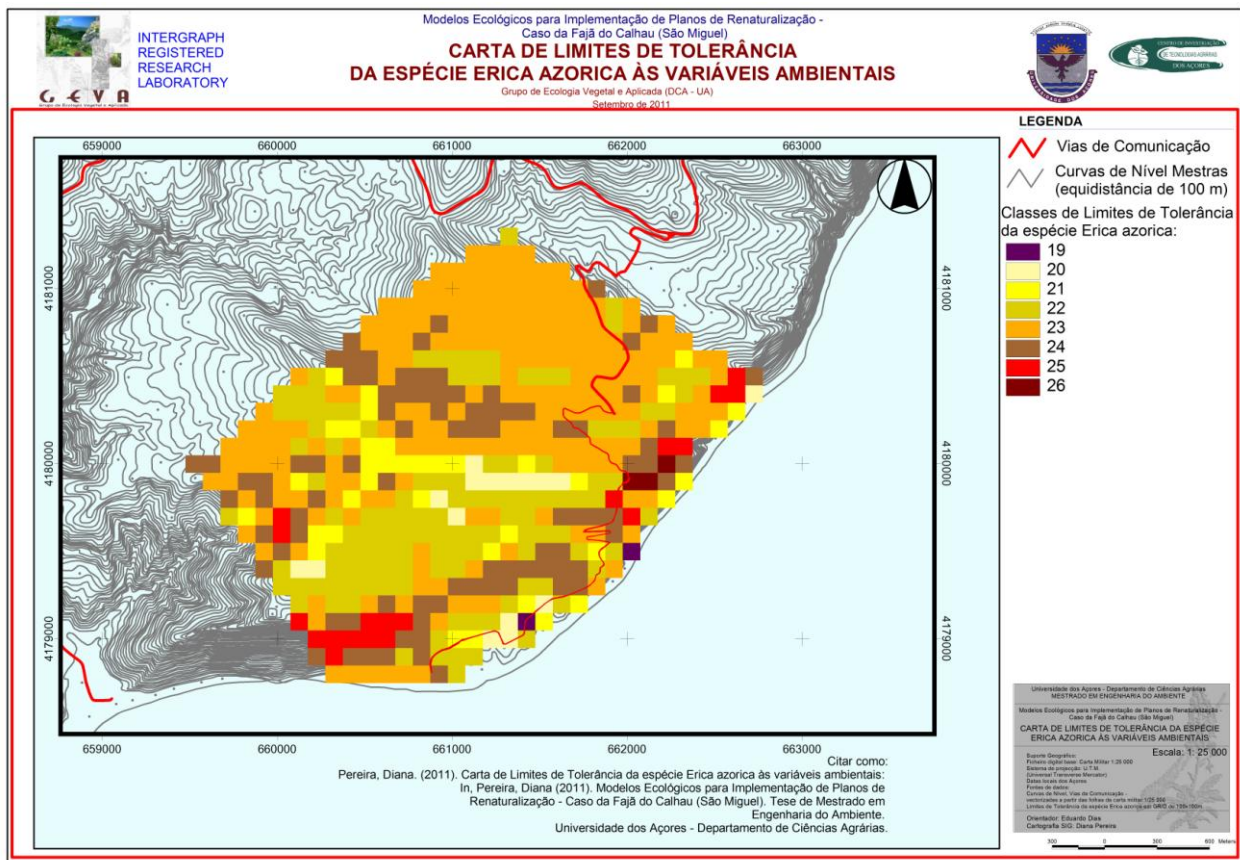


Figura 184 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie *Erica azorica* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que os valores das classes à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.

❖ *Euphorbia azorica* Seub.:

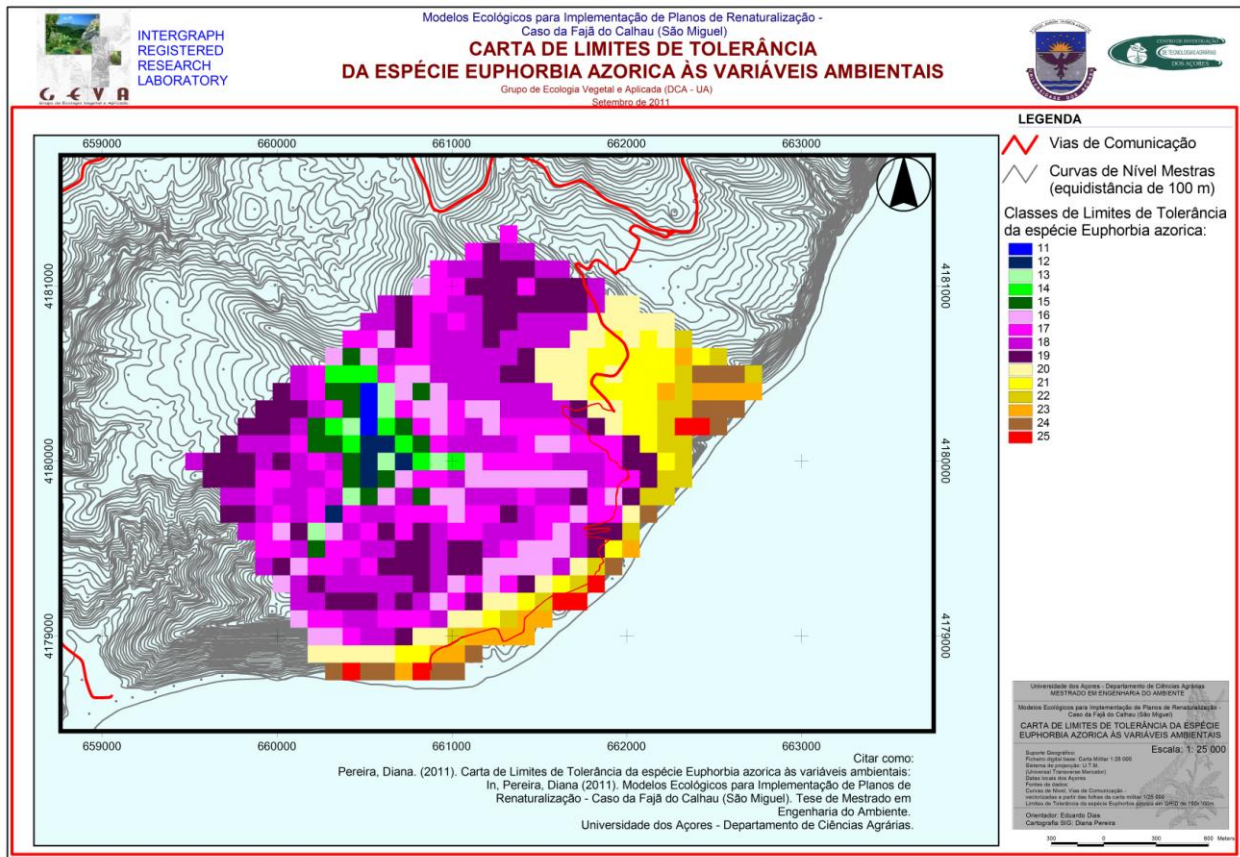


Figura 185 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie *Euphorbia azorica* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.

❖ *Festuca francoi* Fdez. Prieto, C. Aguiar & E. Dias:

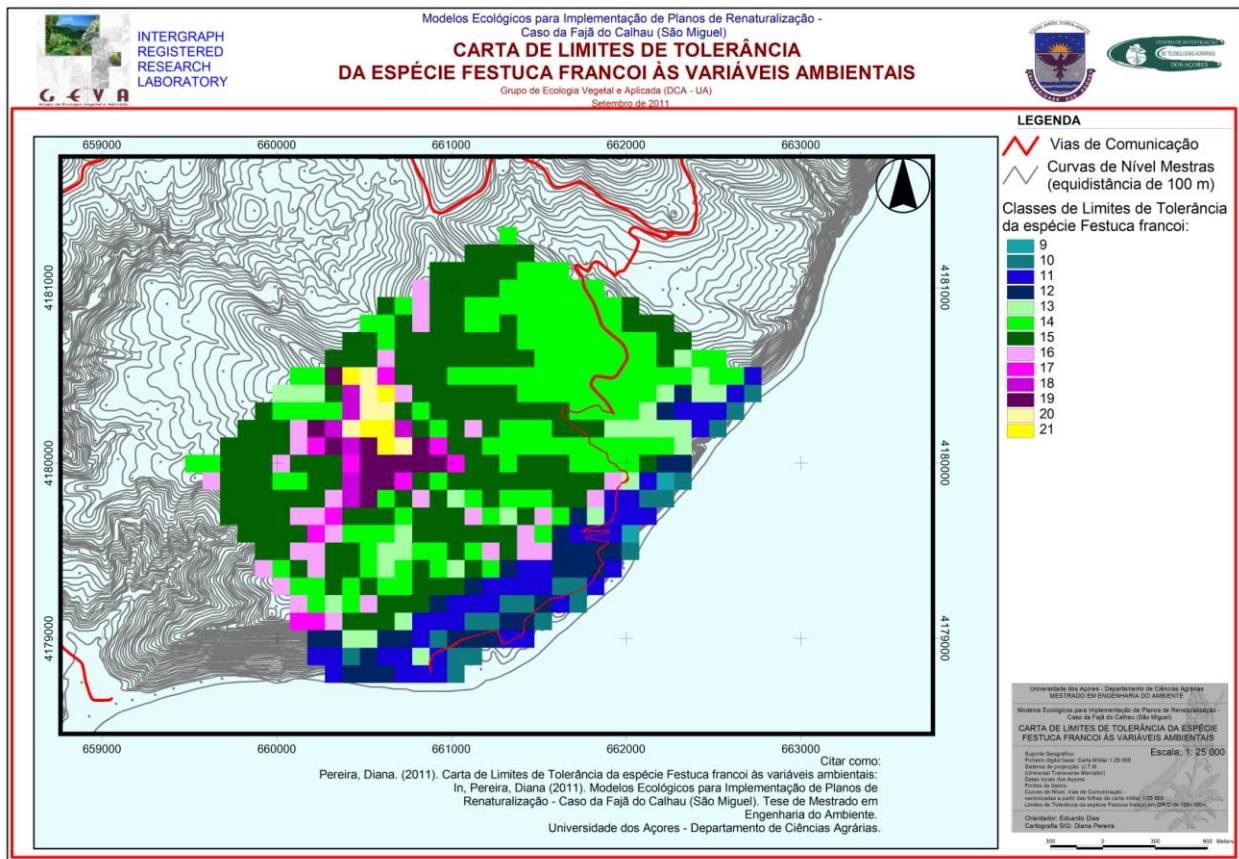


Figura 186 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie *Festuca francoi* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.

❖ ***Festuca petraea* Fdez. Guthn. ex Seub.:**

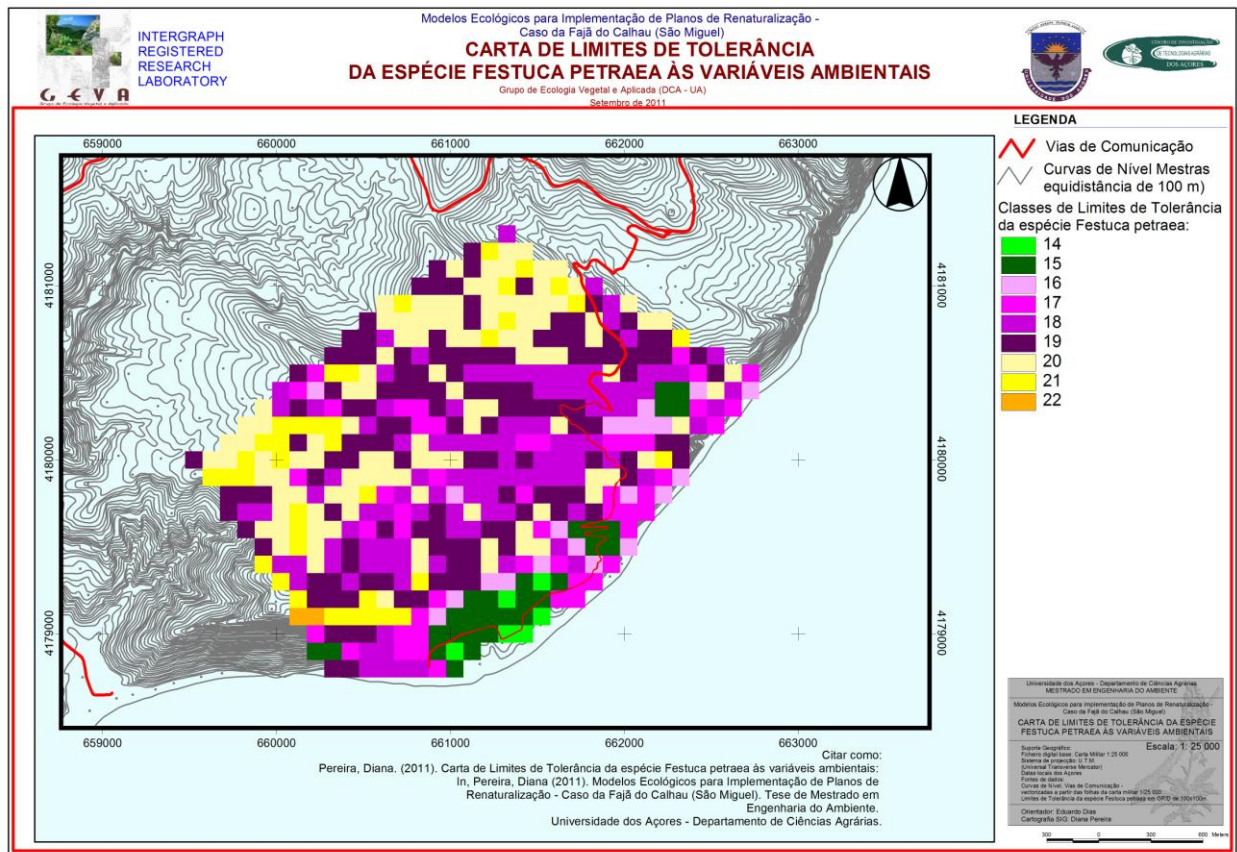


Figura 187 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie *Festuca petraea* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.

❖ *Juniperus brevifolia* (Seub.) Antoine:

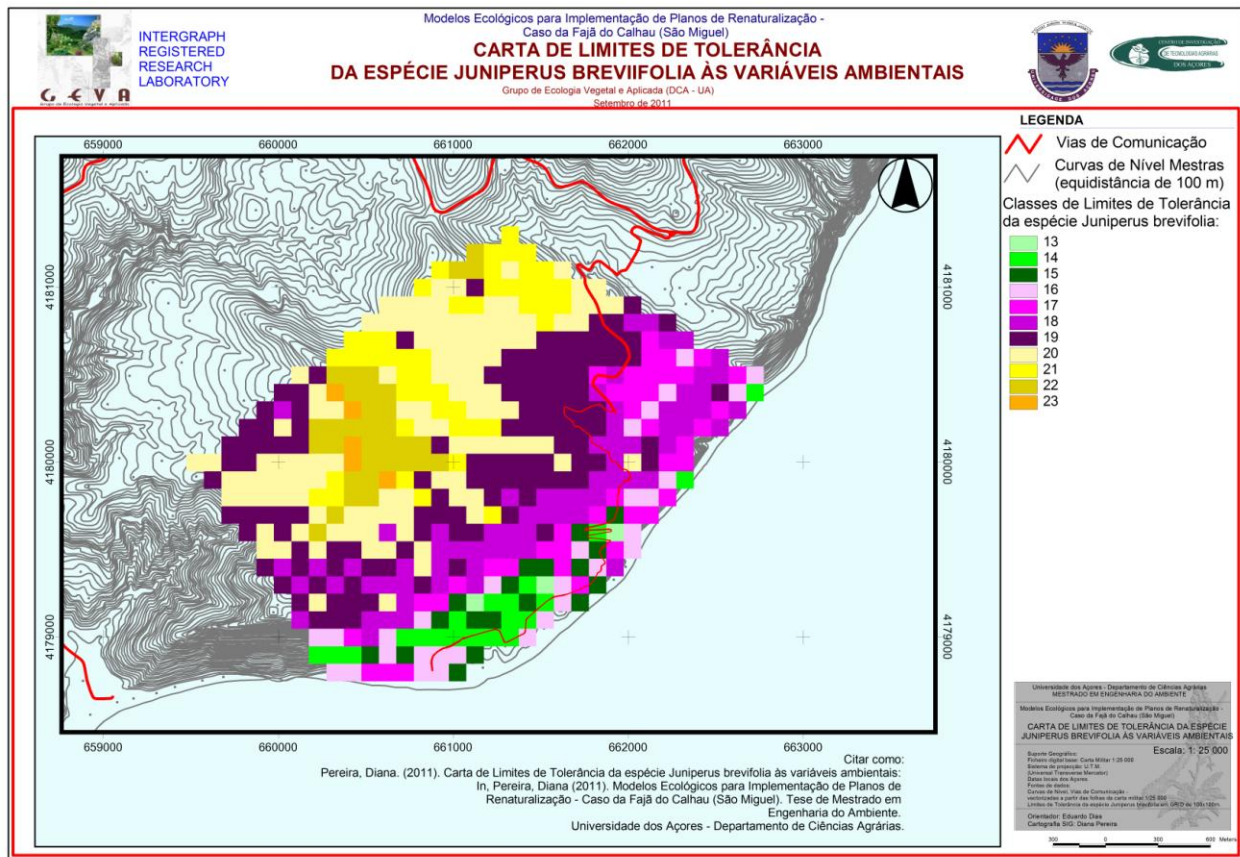


Figura 188 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie *Juniperus brevifolia* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.

❖ *Laurus azorica* (Seub.) Franco:

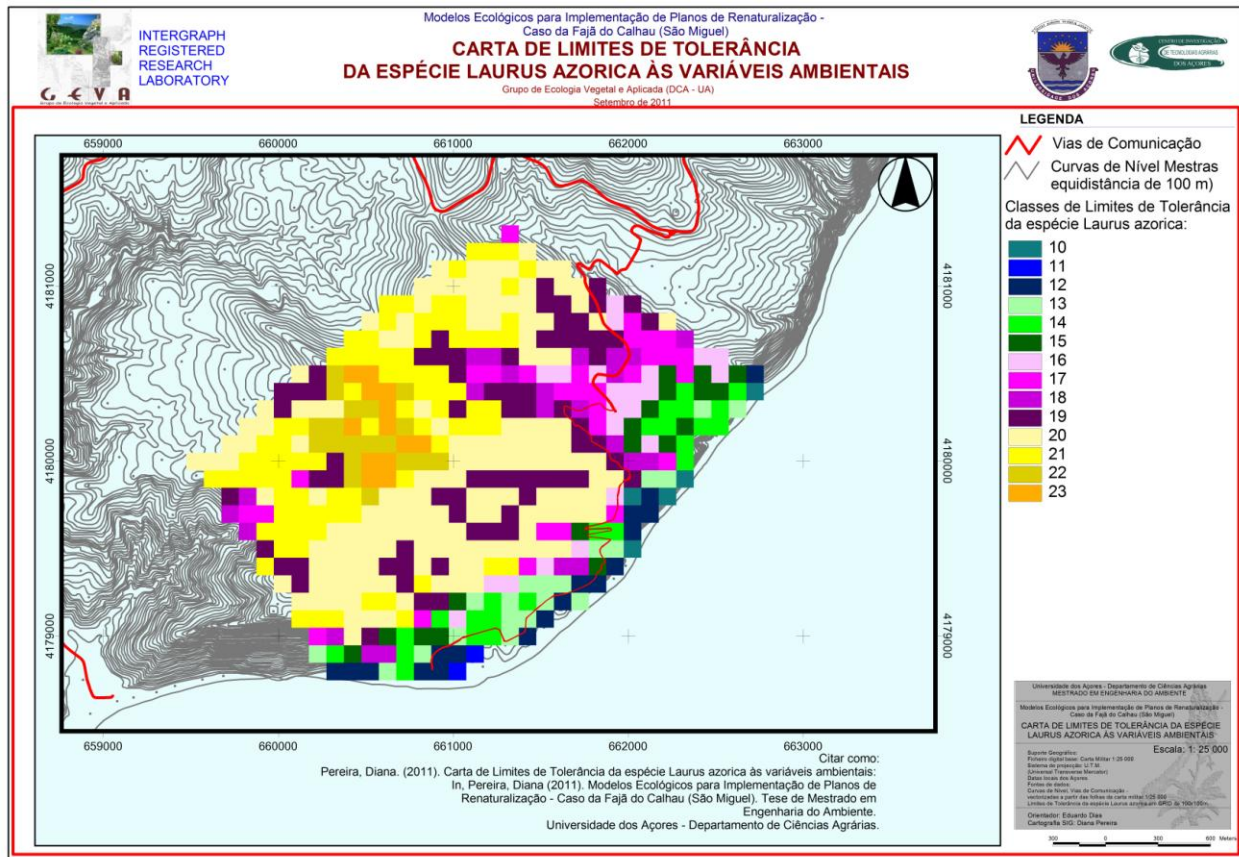


Figura 189 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie *Laurus azorica* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.

❖ *Limonium eduardi-diasii* Fdez. Prieto & C. Aguiar:

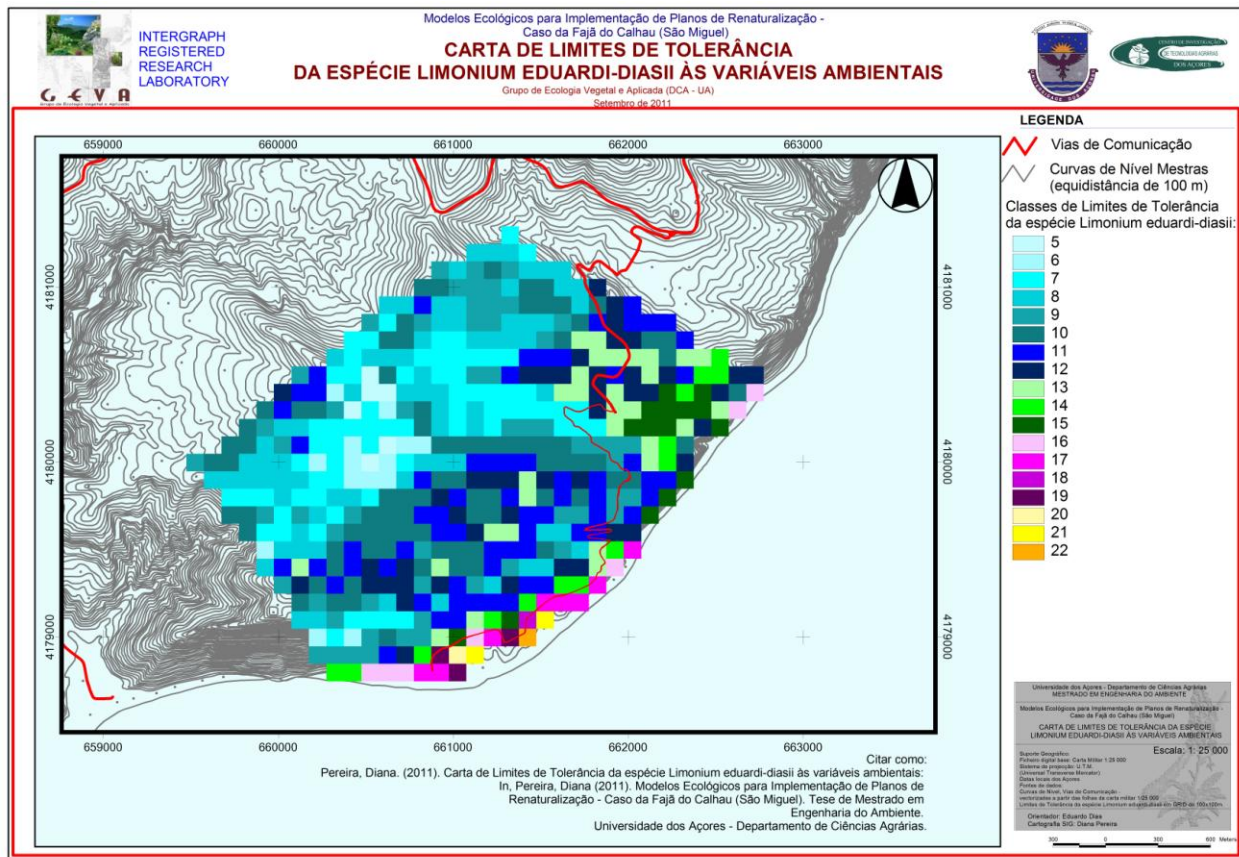


Figura 190 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie *Limonium eduardi-diasii* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.

❖ *Myrica faya* Ait.:

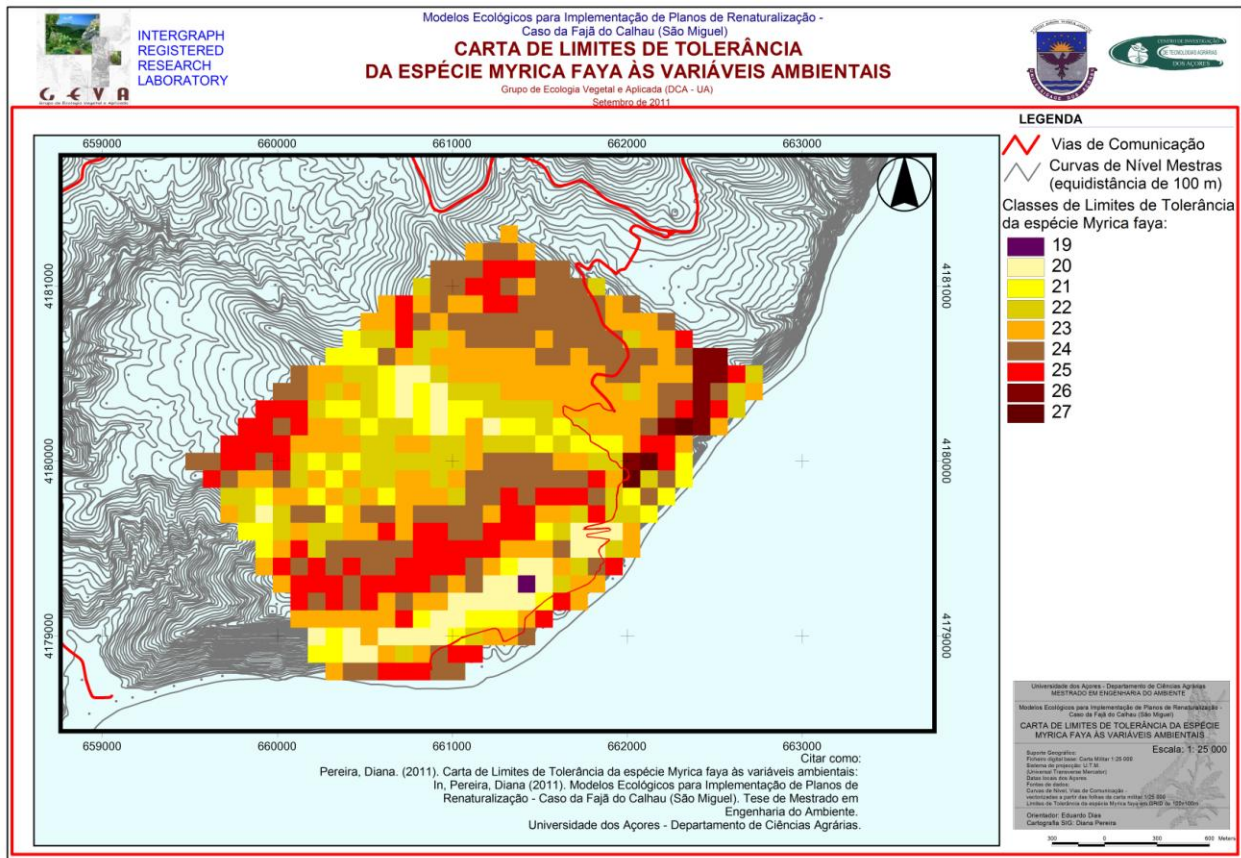


Figura 191 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie *Myrica faya* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.

❖ *Picconia azorica* (Tutin) Knobl.:

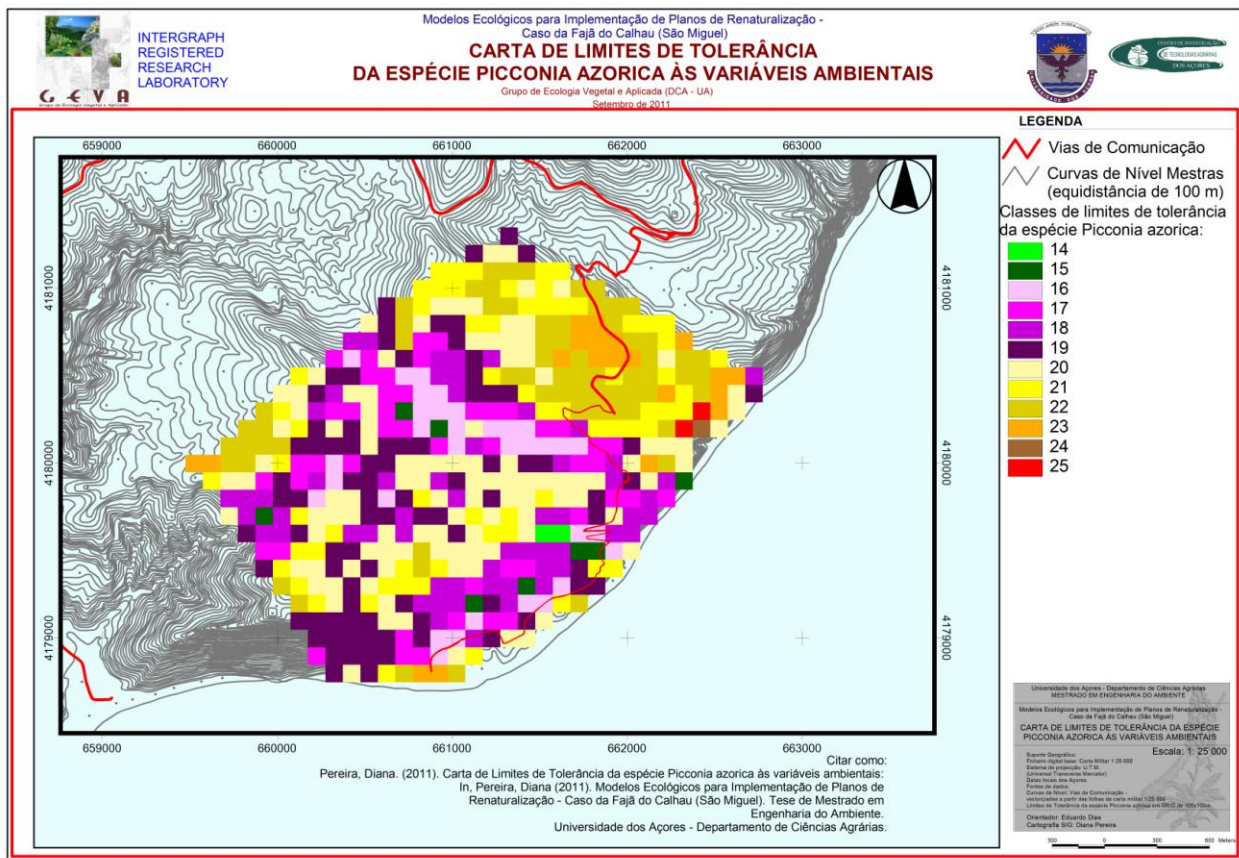


Figura 192 – Carta da reunião dos Limites de Tolerância da Espécie *Picconia azorica* às variáveis ambientais (Altitude; Declive; Exposição aos Ventos Dominantes; Índice Anual de Disponibilidade Hídrica; Precipitação Total Anual; Temperatura Mínima Anual; Exposição Topográfica; Velocidade de Deslocação das Massas de Ar; Índice de Salinidade), em que os valores das classes referem-se à soma de todas as variáveis em cada célula da GRID.

III. 4. Conclusão

Neste Capítulo utilizou-se os modelos ambientais do Capítulo I, aplicando-os à Fajã do Calhau. Numa segunda fase, aplicou-se as *GRIDS* geradas aos limites ecológicos das espécies, substituindo os valores pelas classes (0-3), obtendo-se, assim, a distribuição do óptimo ecológico das diferentes espécies. Ou seja, foi, assim, possível descrever as várias condições ambientais da área da Fajã do Calhau a partir desses óptimos ecológicos. Em resultados pode verificar-se a existência, tal como se tinha previsto no final do Capítulo II, dos diferentes habitats, dos quais se partiu para este estudo, demonstrando-se que havia um determinado gradiente ecológico na Fajã do Calhau, onde se analisou e seleccionou as espécies a introduzir.

Desta forma, foi extraído da distribuição nos Açores inteiros o óptimo ecológico das onze espécies vegetais seleccionadas, veio a verificar-se que, a partir da conjugação das variáveis ambientais surge uma zona costeira, sob o efeito do sal. Esta zona costeira (habitat halófito) é relativamente estreita, na maioria da sua faixa na zona de estudo, devido à grande expansão de falésia, excepto a própria Fajã do Calhau onde se prolonga por terra dentro.

Depois, surge uma zona intermédia acima da área costeira, com maiores declives e condições médias de temperatura. E por fim, aparece uma zona de montanha, que ocorre porque, a zona da obra é suficientemente alta para já começar a aparecer indicadores, como o encharcamento e valores de temperaturas típicas das zonas de maior altitude dos Açores, configurando-se, desta forma, como um habitat de montanha.

Estas três faixas (habitats de montanha, habitats métricos e habitats halófitos) foram claramente evidenciadas pelos factores ambientais. Portanto, conclui-se que foi uma boa estratégia seleccionar um pacote de espécies diverso, já adaptadas a estes *habitats*. Isto é, tem-se um grupo de espécies de zonas costeiras, outro de zonas intermédias e outro grupo de zonas de montanha.

Assim, foi possível confirmar que as tendências ecológicas detectadas, no final do capítulo II, ajustam-se aos habitats detectados nos resultados deste capítulo, quando se conjuga os nove factores ambientais na área de estudo da Fajã do Calhau.

Porém, não foi possível, neste trabalho de simular a estrutura geológica, nem o tipo de substrato. Estes dois itens não foram utilizados porque, por um lado não havia dados para os Açores inteiros, e por outro lado, não havia dados descritivos da própria Fajã do Calhau, uma vez que o acesso à Fajã corresponde a uma situação de obra recente, em que grande parte do substrato é primário, de rocha descoberta e de depósitos de vertente.

Por isso, esta análise pode ser melhorada se, em outros casos de aplicação deste procedimento de modelação, no projecto em SIG for necessário introduzir estas variáveis.

Posteriormente, na segunda parte deste capítulo, e a partir das nove variáveis ambientais, encontrou-se os óptimos ecológicos das espécies. A GRID resultante explicitou os resultados esperados, e foi, por isso, encontrada uma correspondência entre os valores das variáveis e a distribuição da amplitude ecológica da espécie. Verificou-se assim, para a maioria dos casos, que as espécies possuem dimensão da sua zona óptima e provável dentro da área do acesso à Fajã do Calhau.

Do ponto de vista metodológico, conduziu a uma boa solução a substituição do gradiente das variáveis ambientais pelo gradiente ecológico das espécies, sendo um bom instrumento para determinar

as áreas de distribuição das mesmas, dado que permite avaliar com suporte quantitativo e determinar quais as melhores zonas onde se pode aplicar cada uma das espécies vegetais.

Também, é de salientar que este modelo foi sensível às espécies que tinham um comportamento atípico, como as espécies pioneiras que não têm um habitat definido, e dependem mais do substrato do que das variáveis climáticas, como a *Erica azorica*.

Portanto, o modelo foi sensível aos comportamentos simulados das espécies no capítulo II e trouxe uma boa expressão para o caso aplicado da Fajã do Calhau. Porém, dado que no seu desenho se trata de um modelo aberto, à medida que for possível melhorar a informação de base sobre novas variáveis, as mesmas poderão ser introduzidas no projecto, pelo que, estará pronto para ser aplicado e afinado em outras situações.

A Fajã do Calhau, neste contexto, funcionou como um teste à aplicação da teoria dos óptimos ecológicos e a modelação das variáveis ambientais conjugadas como modelo de restauro ecológico.

Numa abordagem conjunta, criou-se uma carta de síntese da distribuição dos óptimos das espécies (*Asplenium marinum*; *Azorina vidalii*; *Erica azorica*; *Euhorbia azorica*; *Festuca francoi*; *Festuca petraea*; *Juniperus brevifolia*; *Laurus azorica*; *Limonium eduardi-diasii*; *Myrica faya*; *Picconia azorica* e *Woodwardia radicans*), utilizando os valores mais elevados da tolerância destas (Ótimo Ecológico e Zona Provável) (ver **Figura 194**), tentando verificar se toda a superfície da obra em estudo teria espécies que poderiam ser utilizadas perante o modelo estudado, o que se averiguou positivamente.

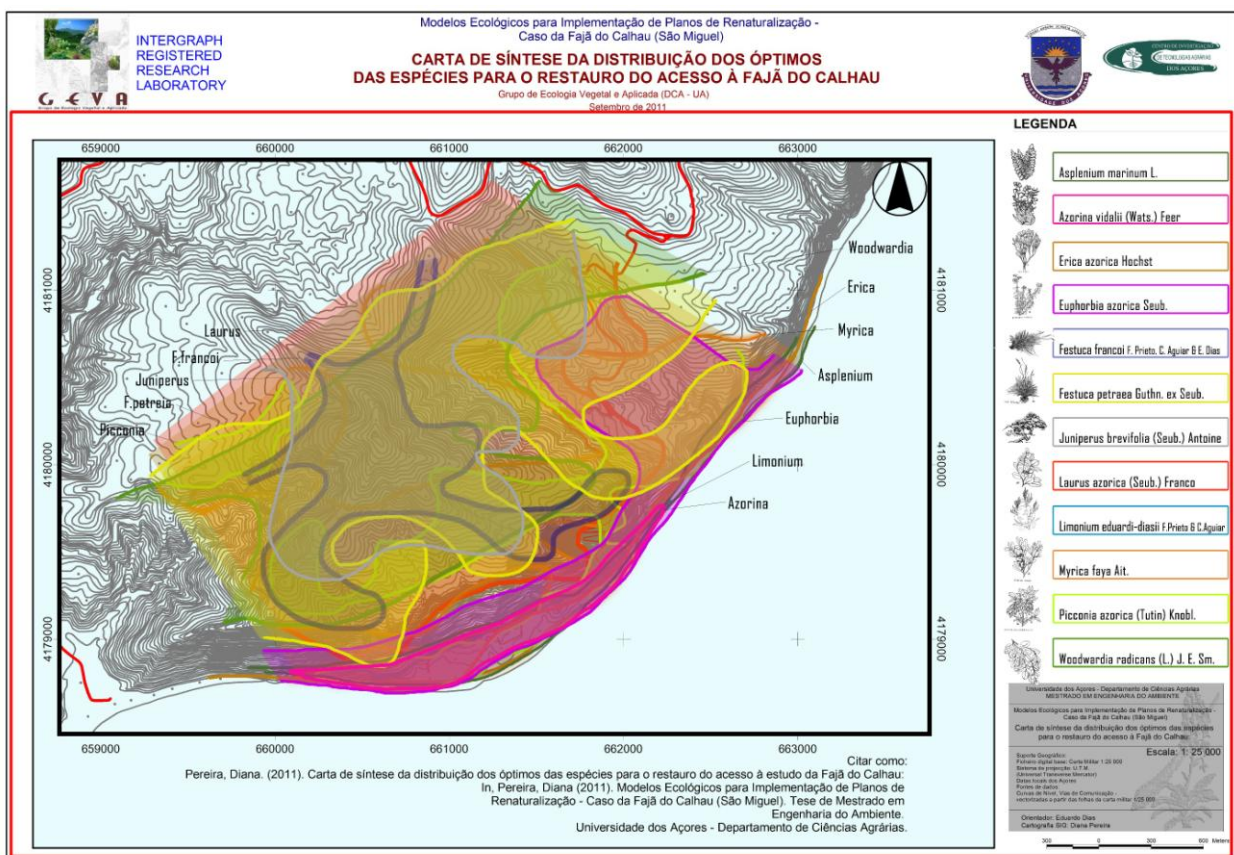


Figura 194 – Carta de síntese da distribuição dos óptimos das espécies (*Asplenium marinum*; *Azorina vidalii*; *Erica azorica*; *Euhorbia azorica*; *Festuca francoi*; *Festuca petraea*; *Juniperus brevifolia*; *Laurus azorica*; *Limonium eduardi-diasii*; *Myrica faya*; *Picconia azorica* e *Woodwardia radicans*) para o restauro do acesso à Fajã do Calhau.

Desta forma, é possível confirmar que há um conjunto de espécies, claramente costeiras, e que estão ajustadas para o ambiente costeiro da própria Fajã do Calhau. Outro conjunto de espécies adaptadas às variáveis métricas, características das zonas intermédias, como o vento e temperatura, e são as que têm uma distribuição na área de estudo mais ampla, como a *Erica azorica* e *Myrica faya*. E depois, distintamente, aparece um grupo de plantas de limites ecológicos mais estreitos de zonas de montanha, que estão empurradas para a parte alta da área de estudo, e poderão ser utilizadas para explorar os habitats mais húmidos e frios da Fajã do Calhau (como a *Festuca francoi*, *Woodwardia radicans* e *Juniperus brevifolia*).

Assim, no global, a selecção de espécies que se fez à partida por três grandes habitats nos Açores inteiros (zonas costeiras, métricas e de montanha) veio encontrar, de facto, ressonância na área de estudo.

Portanto, a abordagem aqui desenvolvida de forma experimental, permitiu recobrir, de uma forma conceptual, toda a superfície da obra, por espécies endémicas e nativas, mostrando que é possível em áreas de restauro encontrar óptimos ecológicos das espécies ajustáveis, mas também mostrar que existe uma separação das espécies pelos seus habitats e que a plantação não pode ser feita de forma aleatória para atingir a máxima eficácia. Como exemplo, a *Festuca petraea* não pode ser usada em toda a área, ou a *Erica azorica* como possui dois óptimos ecológicos, tem de se introduzir as duas variedades em duas situações diferentes (uma de costa e outra de montanha).

Em suma, as espécies naturais dos Açores ao terem o seu habitat com limites definidos explicitando diferentes estratégias ecológicas, aplica em termos de restauro, que os óptimos correspondem a zonas de maior êxito de aplicação da espécie, as zonas prováveis com êxito mais duvidoso e as zonas de exclusão, onde as espécies provavelmente não irão resistir. Assim, a utilização destas espécies em restauros ecológicos não é um processo que dependa apenas (como muitas vezes é considerado como decisivo) só de ter a espécie para a poder aplicar no terreno (seja na forma de semente ou plântula), mas uma questão de respeitar a ecologia desta, para conseguir da forma mais eficiente, aplicar a renaturalização e reconstruir ecossistemas a que a espécie faz parte.

Esta carta final (**figura 194**) veio exactamente demonstrar este aspecto, em que as espécies que melhor se adaptam às condições de costa não têm zonas óptimas em áreas de montanha, e vice-versa. Desta forma, as espécies têm de ser aplicadas no terreno, conhecendo primeiro a distribuição dos seus habitats e óptimos ecológicos, para que as sementes e plântulas sejam colocadas nos melhores locais. Este modelo provou ser uma boa metodologia para atingir uma máxima eficácia em situações de restauro, zonando a área por várias condições ambientais a que correspondem espécies vegetais especializadas em cada um dos mesmos e permitindo descobrir os habitats a que correspondem diferentes tipos de vegetação e estratégias adaptativas, no sentido de ajustar o restauro ecológico da renaturalização e, assim, cumprir os objectivos conceptuais para esta estratégia de gestão ambiental e implementação de biodiversidade.

Conclusão Final

Inicialmente, no Capítulo I, tornou-se necessário estudar a acção individual de cada uma das variáveis ambientais com efeitos ecofisiológicos conhecidos, em que foram desenvolvidos métodos matemáticos no sentido de avaliar o peso das variáveis ambientais, nomeadamente processos de ordenação. Neste trabalho, optou-se por utilizar estudos já realizados para a vegetação natural dos Açores, sobre o estudo das variáveis ambientais na ecologia da vegetação e das plantas (DIAS, 1996; PEREIRA, 2004), como forma de seleccionar os factores mais pertinentes a serem aplicados neste estudo.

Assim, ao caracterizar biofisicamente cada um dos espaços ecológicos na área da obra, em termos dos seus factores ambientais, criou-se um meio associar as tipologias de vegetação adaptadas a cada uma dessas condições.

No capítulo II, e usando as variáveis ambientais que influenciam a distribuição das espécies simuladas anteriormente, e através de uma base de dados (Atlântida), conseguiu-se gerar, valores de amplitude ecológica das espécies vegetais a partir dessas mesmas variáveis.

Este capítulo teve bons resultados, uma vez que foi possível através do estudo das populações em toda a área da sua distribuição nos Açores, determinar os óptimos das espécies de forma quantitativa, e que podem, assim, ser aplicados em SIG para o restauro do acesso à Fajã do Calhau.

Desta forma, pela análise de uma curva ajustada foi possível determinar os óptimos ecológicos das espécies, baseado nas coberturas.

Perante estes resultados, e refazendo o processo em Sistemas de Informação Geográfica de forma reversiva, agora aplicado à área de estudo da Fajã do Calhau, foi possível delimitar os óptimos das espécies de forma ponderada. É nestes espaços do óptimo ecológico que as espécies melhor cumprem as suas funções, e portanto, é nestas zonas que a espécie tem melhor crescimento vegetativo e maiores valores de cobertura, valores que se pretendem maximizar nestas áreas de renaturalização.

Na Fajã do Calhau, este instrumento de restauro através do óptimo ecológico das espécies é muito importante, uma vez que se trata de uma área muito heterogénea, justificando-se, assim, a aplicação desta metodologia para encontrar as espécies mais adaptadas para cada uma das faixas bio-ecológicas.

Além disso, estas curvas de resposta também permitiram perceber que existem diferentes tendências ecológicas de adaptação ao meio terrestre açoriano:

- ✓ Espécies de costa ;
- ✓ Espécies de Média Altitude;
- ✓ Espécies de Montanha;
- ✓ Espécies de falésias e taludes;
- ✓ Zonas Húmidas – No acesso há uma ribeira com uma zona húmida e cascata que está associada a uma grande zona de encharcamento, e pela análise do Índice Anual de Disponibilidade Hídrica as espécies mais adaptadas são: *Festuca francoi*, *Woodwardia radicans* e *Juniperus brevifolia*.

Finalmente, no Capítulo III, utilizou-se os modelos ambientais do Capítulo I, aplicando-os à Fajã do Calhau. Seguidamente, aplicou-se as *GRIDS* geradas aos limites ecológicos das espécies, substituindo os valores pelas classes (0-3), obtendo-se, assim, a distribuição do ótimo ecológico das diferentes espécies. Ou seja, foi possível descrever as várias condições ambientais da área da Fajã do Calhau a partir desses ótimos ecológicos, e verificou-se a existência, tal como se tinha previsto no final do Capítulo II, dos diferentes habitats, dos quais se partiu para este estudo. Isto é, este estudo demonstrou que havia um determinado gradiente ecológico na Fajã do Calhau, onde se analisou e seleccionou as espécies a introduzir.

Verificou-se, também, que as espécies naturais dos Açores têm o seu habitat com limites definidos, o que quer dizer em termos de restauro, que os ótimos correspondem a zonas de maior êxito de aplicação da espécie, as zonas prováveis com êxito mais duvidoso e as zonas de exclusão, onde as espécies provavelmente não vão resistir. Assim, a utilização destas espécies em restauros ecológicos não é um processo só de ter a espécie para a poder aplicar no terreno (seja de forma de semente ou plântula), mas uma questão de respeitar a ecologia da espécie, para conseguir da forma mais eficiente, poder aplicar a renaturalização e reconstruir ecossistemas a que a espécie faz parte.

Desta forma, as espécies têm de ser aplicadas no terreno, primeiro conhecendo a distribuição dos seus habitats e ótimos ecológicos, para que as sementes e plântulas sejam colocadas nos melhores locais. Este modelo provou que existe essa distribuição de habitats, e provou, também, que é uma boa metodologia para ser utilizada em situações de restauro, zonando a área por várias condições ambientais a que correspondem espécies vegetais especializadas em cada um desses habitats.

Portanto, num meio transformado pelo Homem, tentou-se perceber onde as espécies vegetais se enquadram e onde são mais eficientes no caso de estudo da Fajã do Calhau, gerando por um lado melhores condições para estas se desenvolverem, mas por outro lado também, permitir os recursos e serviços que essas espécies geram, desde a consolidação dos solos, estabilização de taludes, construção da paisagem e valorização ambiental.

Referências Bibliográficas

- AGOSTINHO, J. (1938). *Clima dos Açores, Parte I* – Açoreana, 2(1): 35-65.
- AGOSTINHO, J. (1940). *Clima dos Açores – Parte III – Vento*. Açoreana, 2 (3): 160-173.
- AGOSTINHO, J. (1941). *Clima dos Açores – Parte IV* - Açoreana, 2 (4):224-267.
- AGOSTINHO, J. (1942). *Clima dos Açores – Parte V* – O clima dos Açores no quadro dos climas mundiais. Açoreana, 3 (1): 49-73.
- AGOSTINHO, J. (1947). *Clima e Vegetação*. Açoreana, 4 (2): 149-181.
- ALDAY, J., MARRS, R. & MARTÍNEZ-RUIZ, C. (2011). *Vegetation succession on reclaimed coal wastes in Spain: the influence of soil and environmental factors*. Applied Vegetation Science, 14, 84-94.
- ALLEY, W. (1984). *On the treatment of evapotranspiration, soil moisture accounting, and aquifer recharge in monthly water balance models*. Water Resources Research, 20(8): 1137-1149.
- ANTOINE, G. & NIKLAUS, E.Z. (2000). *Predictive habitat distribution models in ecology*. Ecological Modelling, 135: 147-186.
- ARAÚJO, M. B., GUIBAN, A., (2006). *Five (or so) challenges for species distribution modelling*. J. Biogeogr. 33, 1677–1688.
- ASHCROFT, M. B., FRENCH, K. O. & CHISHOLM, L. A. (2011). *An evaluation of environmental factors affecting species distributions*. Ecological Modelling, 222: 524-531.
- AUSLANDER, M., NEVO, E. & INBAR, M. (2003). *The effects of slope orientation on plant growth, developmental instability and susceptibility to herbivores*. Journal of Arid Environments, 55: 405-416.
- AUSTIN, M. P. (1976). *On non-linear species responses models in ordination*. Vegetatio, 33: 33-41.
- AUSTIN, M. P. (1999). *On silent clash of paradigms: some inconsistencies in community ecology*. Oikos, 86: 170 – 178.
- AUSTIN, M. P. (2002). *Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modeling*. Ecological Modelling, 157: 101-118.

- AUSTIN, M. P., NICHOLLS, A. O., DOHERTY, M. D. & MEYERS, J. A. (1994). *Determining species response functions to an environmental gradient by means of a β -function*. *Journal Vegetation Science*, 5: 215-228.
- AZEVEDO, E. B. (1996). *Modelação do Clima Insular à escala local. Modelo CIELO aplicado à ilha Terceira* – Tese de doutoramento. Universidade dos Açores.
- AZEVEDO, E. B. (2002). *Projecto de Remodelação da Central Geotérmica do Pico Vermelho (CGPV)*. Estudo de Impacte Ambiental – Factores Climáticos. Departamento de Ciências Agrárias – Universidade dos Açores.
- BARBOUR, M. G., BURK, J. H. & PITTS, W. D. (1987). *Terrestrial plant ecology*. -2nd. Ed. The Benjamin/Cummings Pub. C. London.
- BARBOUR, M. KEELER-WOLF, T. & SCHOENHERR, A. A. (2007). *Terrestrial Vegetation of California*, 3rd Edition. University of California Press, Ltd, London.
- BELLIS, V. J. (1995). *Ecology of Maritime Forests of the Southern Atlantic Coast: A community profile*. National Biological Service, Louisiana.
- BETTENCOURT, M. L. (1977). *O clima dos Açores como recurso natural na aplicação especialmente em agricultura e indústria de turismo*. Instituto Nacional de Meteoroloa e Geofísica. Lisboa.
- BETTENCOURT, M. L. (1979). *O clima dos Açores como recurso natural, especialmente em agricultura e indústria do turismo*. – O clima de Portugal, fasc. 18. Instituto Nacional de Meteoroloa e Geofísica. Lisboa.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1932). *Plant Sociology, the study of plant communities. Authorized English translation of Pflanzensoziologie*. Translated, revised and edited by Fuller, G. D. & Conard, H. S. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London.
- CATARINO, F.M., CARVALHO J., DIAS E., DRAPER,D., FERNANDES, F., FONTINHA, S., JARDIM, R. & ROSSELLÓ-GRAELL, A. (2001). *Acções de Conservação da Flora em Portugal*. Em: *Conservación de espécies vegetales amenazadas en la región mediterránea occidental*. César Gomez Campo (edt.). Fundación Ramón Areces, Madrid. Pp. 63-92.
- CHAPMAN, L. (2000). *Assessing topographic exposure*. *Meteorol. Appl.*, 7: 335-340.
- CHYTRÝ, M. (1998). *Potential replacement vegetation: an approach to vegetation mapping of cultural landscapes*. *Applied Vegetation Science*, 1: 177-188.
- CLEMENTS, F. E. (1928). *Plant Succession and Indicators*. Wilson, New York.
- CLEMENTS, F.E. (1936). *Nature and structure of the climax*. *J. Ecol.* 24, 252-284.

- CLIMAAT (2008). *Clima e Meteorologia dos Arquipélagos Atlânticos - Clima Marítimo e Costeiro* (www.climaat.angra.uac.pt)
- COUDUN, C. & GÉGOUT, J. C. (2006). *The derivation of species response curves with Gaussian logistic regression is sensitive to sampling intensity and curve characteristics*. *Ecological Modelling*, 199: 164-175.
- CRAWLEY, M. J. (1997). *Plant Ecology*. – 2nd edition. Blackwell Science. Oxford.
- DANSEREAU, P. (1966). *Études macaronésiennes III. La zonation altitudinale*. *Naturaliste Can.* 93: 779-795.
- DE SWART, E. O. A. M., VAN DER VALK, A. G., KOEHLER, K. J. & BARENDREGT, A. (1994). *Experimental evaluation of realized niche models for predicting responses of plant species to a change in environmental conditions*. *Journal of Vegetation Science*, 5: 541-552.
- DIAS, E. & MELO, C. (2010). *Factors influencing the distribution of Azorean mountain vegetation: implications for nature conservation*. *Biodivers Conserv* 19, 3311-3326.
- DIAS, E., MENDES, C., MELO, C., BETTENCOURT, M.J. & BARCELOS, P. (2010). *Lista de Referência da Flora dos Açores*. Ed. Herbário da Universidade dos Açores (AZU). Departamento de Ciências Agrárias – Universidade dos Açores. ISBN 972-99474-4-9.
- DIAS, E. & PEREIRA, D. (2009a). *Carta de Capacidade Máxima de Água Disponível nos Solos – Ilha de São Miguel*. In: Dinis Pereira (2009). *Modelação em SIG dos Óptimos Ecológicos no desenvolvimento de *Cryptomeria japonica* nos Açores*. Tese de Mestrado pré-Bolonha em Sistemas de Informação Geográfica. Universidade de Trás-os-Montes e Alto-Douro.
- DIAS, E. & PEREIRA, D. (2009b). *Carta de Índice Anual de Disponibilidade Hídrica – Ilha de São Miguel*. In: Dinis Pereira (2009). *Modelação em SIG dos Óptimos Ecológicos no desenvolvimento de *Cryptomeria japonica* nos Açores*. Tese de Mestrado pré-Bolonha em Sistemas de Informação Geográfica. Universidade de Trás-os-Montes e Alto-Douro.
- DIAS, E. & PEREIRA, D. (2009c). *Carta de Exposição aos Ventos Dominantes – Ilha de São Miguel*. In: Dinis Pereira (2009). *Modelação em SIG dos Óptimos Ecológicos no desenvolvimento de *Cryptomeria japonica* nos Açores*. Tese de Mestrado pré-Bolonha em Sistemas de Informação Geográfica. Universidade de Trás-os-Montes e Alto-Douro.
- DIAS, E., PEREIRA, D., MEDEIROS, V., MENDES, J. & ELIAS, R. (2007). *Distribuição das principais manchas florestais - Açores*. In: J. S. SILVA. (ed.). *Árvores e Florestas de Portugal – Açores e Madeira*. A floresta das ilhas. Público. Lisboa.
- DIAS, E. (1986). *Estudo bio-ecológico da bacia da Lagoa do Negro (Terceira)*. *Relatórios e Comunicações do Departamento de Biologia* 16: 1-131- Ponta Delgada.

- DIAS, E. (1996). *Vegetação Natural dos Açores - Ecologia e Sintaxonomia das florestas Naturais*. Tese de doutoramento. Universidade dos Açores. Departamento de Ciências Agrárias. Angra do Heroísmo.
- DIAS, E. (2001). *Património Vegetal dos Açores – Uma análise descritiva*. Revista Atlântida, Vol. XLVI, pp, 251-268.
- DIAS, E., MENDES, C., MELO, C., PEREIRA, D. & ELIAS, R. (2005). *Azores Central Islands Vegetation and Flora Field Guide*. ALFA, Quercetea, 7: 123-173.
- DIAS, E., MENDES, C., MELO, C., PEREIRA, D., ELIAS, E., SANTOS, R. & ELIAS, S. (2005). *Plano Global de Gestão de Gestão para a Rede Natura 2000 - Açores – Áreas Terrestres*. Gabinete de Ecologia Vegetal e Aplicada. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.
- DIAS, E., NUNES, V., BARCELOS P. & PEREIRA, F. (1996). *On the Ecology and Status of Protected Plants in the Azores*. Poster. II International Symposium on Fauna and Flora of Atlantic Islands. Las Palmas.
- DIAS, E., MENDES, C. PEREIRA, D., BARCELOS, P. & PEREIRA, D. C. (2012,*in press*). *Atlas das plantas raras dos Açores: Parte 1 – Espécies Endémicas*. Arquipélago – Suplemento #.
- DIEKMANN, M. (2003). *Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review*. Basic Appl. Ecol. 4: 493-506.
- DORNER, J. (2002). *An introduction to using native plants in restoration projects*. Plant Conservation Alliance – Bureau of Land Management, US Department of Interior.
- ELIAS, R. & DIAS, E. (2008). *Ecologia das florestas de Juniperus dos Açores*. Cadernos de Botânica nº 5. Herbário da Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- ELIAS, R. (2006). *Ecologia das Florestas de Juniperus*. Tese de doutoramento. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo, Açores.
- ESSL, F. & DIRNBÖCK, T. (2008). *Diversity of native and alien vascular plant species of dry grasslands in central Europe*. Applied Vegetation Science, 11: 441-451.
- FEDRA, K. (1994). *GIS and Environmental Modeling*. In: M.F. Goodchild; B.O. Parks and L.T. Steyaert (eds.), *Environmental Modeling with GIS*. 35-50, Oxford University Press.
- FERNANDES, A. & FERNANDES, R. B. (1980). *Iconographia selecta Flora Azoricae*. Fasc.1: 1-131.
- FERNANDES, A. & FERNANDES, R. B. (1987). *Iconographia selecta Flora Azoricae*. Fasc.1 – Vol. II: 1-131.

- FONTES, J. (1999). Comportamento hidrológico dos solos agrícolas da Terceira: Avaliação e Simulação com o Modelo OPUS. Tese de Doutoramento. Universidade dos Açores – Departamento de Ciências Agrárias. Angra do Heroísmo.
- FREEDMAN, D. A. (1983). *A note on screening regression equations*. Am. Stat. 37, 152–155.
- FRANCO, J. A. (1984). *Nova Flora de Portugal (Continente e Açores)*. Vol. I: 1-648. Lisboa.
- GODEFROID, S., PIAZZA, C., ROSSI, G., BUORD, S., STEVENS, A., AGURAIUJA, R., COWELL, C., WEEKLEY, C. W., VOGG, G., IRIONDO, J. M., JOHNSON, I., DIXON, B., GORDON, D., MAGNANON, S., VALENTIN, B., BJUREKE, K., KOOPMAN, R., VICENS, M., VIREVAIRE, M. & VANDERBORGHT, T. (2011). *How successful are plant species reintroductions?* Biological Conservation, 144: 672-682.
- GONDARD, H., JAUFFRET, S., ARONSON, J. & LAVOREL, S. (2003). *Plant functional types: a promising tool for management and restoration of degraded lands*. Applied Vegetation Science, 6:223-234.
- GRAHAM, M. H. (2003). *Confronting multicollinearity in ecological multiple regression*. Ecology 84, 2809–2815.
- GRIME, J. P., HODGSON, J. G. & HUNT, R. (1988). *Comparative plant ecology – a functional approach to common British species*. Unwin Hyman. Londres. Reino Unido.
- GUISAN, A., THEURILLAT, J. P. & KIENAST, F. (1998). *Predicting the potential distribution of plant species in an alpine environmental*. Journal of Vegetation Science, 9: 65-74.
- HEA, M. Z., ZHENG, J. G., LIA, X. R. & QIAN, Y. L. (2007). *Environmental factors affecting vegetation composition in the Alxa Plateau, China*. Journal of Arid Environments, 69: 473-489.
- HEIKKINEN, J. & MÄKIPÄÄ, R. (2010). *Testing hypotheses on shape and distribution of ecological response curves*. Ecological Modelling, 221: 388-399.
- HENRÍQUEZ, M., PÉREZ, J. & RODRIGUEZ, C. (1986). *Flora y vegetación del archipelago Canario*. – Edirca. Gran Canaria.
- HOLTERMAN, H.J., VAN DE ZANDE, J. C., PORSKAMP, H. A. J. & HUIJSMANS, J. F. M. (1997). *Modelling spray drift from boom sprayers*. Computers and Electronics in Agriculture, 19: 1-22.
- HUGGETT, R. & CHEESMAN, J. (2002). *Topography and Environment*. Pearson Education Limited, Harlow.
- HUGGETT, R. J. (2002). *Fundamentals of Biogeography*. Routledge, New York.
- JONES, H. G. (1992). *Plants and Microclimate - A quantitative approach to environmental physiology*. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge.

- JORDAN, W., PETERS, R. & ALLEN, E. (1988). Ecological Restoration as a strategy for conserving biological diversity. *Environmental Management*, Volume 12, Number 1. 55-72.
- KELLMAN, M. C. (1975). *Plant Geography*. Methuen & Co, Cambridge.
- KESSEL, S. R. (1990). *An Australian Geographical Information and Modeling System for Natural Area Management*. *International Journal of Geographical Information Systems*.
- KIEHL, K. (2010). *Plant species introduction in ecological restoration: Possibilities and limitations*. *Basic and Applied Ecology*, 11: 281-284.
- LINDSAY, J. B. & RATHWELL, J. J. (2008). *Modelling channeling and deflection of wind by topography*. In: Q. Zhou; B. Lees & G. Tang (eds), *Advances in Digital Terrain Analysis*, 384-402, Springer. Berlin.
- LÜPNITZ, D. (1975). *Die vertikale Vegetation gliederung auf der Insel Pico – Azoren*. *Cuad. Bot. Canaria*, 23/24: 15-24.
- MADRUGA, J. (1995). *Caracterização e génese do horizonte plácico em solos vulcânicos do Arquipélago dos Açores*. Tese de Doutoramento. Universidade dos Açores – Departamento de Ciências Agrárias. Angra do Heroísmo.
- MALLIK, A. U. & KARIM, M. N. (2008). *Roadside revegetation with native plants: Experimental seeding and transplanting of stem cuttings*. *Applied Vegetation Science*, 11: 547-554.
- MATESANZ, S. & VALLADARES, F. (2007). *Improving revegetation of gypsum slopes is not a simple matter of adding native species: Insights from a multispecies a experiment*. *Ecological Engineering*, Volume 30, Issue 1, 67-77.
- MELO, C. (2007). *Critérios de avaliação da integridade ecológica das áreas da Rede Natura 2000. Caso estudo da Serra de Santa Bárbara*. Dissertação de Mestrado em Gestão e Conservação da Natureza. Universidade dos Açores - Departamento de Ciências Agrárias.
- MENDES, C. & DIAS, E. (2008). *Ecologia e Vegetação das Turfeiras de Sphagnum spp. Da ilha Terceira (Açores)*. *Cadernos de Botânica* nº 4. Herbário da Universidade dos Açores. 2ª edição. Angra do Heroísmo.
- MONTEIRO, G. & DIAS, E. (2009). *Contributo para a conservação da espécie Azorinda vidalii (Wats.) Feer. – 2º Congresso Lusófono de Ciência Regional*. Livro de Resumos. pp. 365-387
- MURRAY, K., CONNER, M. M. (2009). *Methods to quantify variable importance: implications for the analysis of noisy ecological data*. *Ecology* 90, 348 355.

- NAM-CHOON, K. (2005). *Ecological restoration and revegetation works in Korea*. Landscape Ecol Eng, 1: 77-83.
- NEDERHOFF, E. (1997). *Humidity and plants*. Commercial Grower, 52(7): 29-30.
- NOBEL, P. S. (2009). *Physicochemical and Environmental – Plant Physiology*. Fourth Edition. Academic Press, United Kingdom.
- ODUM, E. P. (1971). *Fundamentals of ecology*. W.B. Saunders Company. Filadélfia. EUA.
- OKSANEN, J. & MINCHIN, P. R. (2002). *Continuum theory revisited: what shape are species responses along ecological gradients?* Ecological Modelling, 157: 119-129.
- OZKAN, H.E. (1998). *Effect of Major Variables on Drift Distances of Spray Droplets*. Ohio State University Extension Fact Sheet- Food, agricultural and biological engineering, Ohio.
- PEREIRA, D. (2004). *Modelo Espacial da Distribuição das Florestas Naturais dos Açores – FLORESTAÇOR©*. Estágio de Licenciatura pré-Bolonha em Engenharia do Ambiente. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- PEREIRA, D. (2009). *Modelação em SIG dos Óptimos Ecológicos no desenvolvimento de *Cryptomeria japonica* nos Açores*. Tese de Mestrado pré-Bolonha em Sistemas de Informação Geográfica. Universidade de Trás-os-Montes e Alto-Douro.
- PERROW, M. & DAVY, A. (2002). *Handbook of Ecological Restoration – Principles of Restoration* (Volume 1). Cambridge University Press, United Kingdom.
- PICKETT, S. T. A., CADENASSO, M. L. & MEINERS, S. J. (2008). *Ever since Clements: from succession to vegetation dynamics and understanding to intervention*. Applied Vegetation Science, 12: 9-21.
- PIEDALLU, C. & GÉGOUT, J. (2008). *Efficient assessment of topographic solar radiation to improve plant distribution models*. Agricultural and Forest Meteorology, 148: 1696-1706.
- PLATTS, P. J., MCCLEAN, C. J., LOVETT, J. C., MARCHANT, R. (2008). *Predicting tree distributions in an East African biodiversity hotspot: model selection, data bias and envelope uncertainty*. Ecological Modelling, 218: 121–134.
- PRACH, K. (2003). *Spontaneous succession in Central-European man-made habitats: What information can be used in restoration practice?* Applied Vegetation Science, 6: 125-129.
- PRIETO, J. A. F., AGUIAR, C. DIAS, E. VILLARÍAS, M. I. G. (2008). *On the identify of *Festuca jubata* Lowe (Poaceae) and the description of a new *Festuca* species in the Azores Islands*. Botanical Journal of the Linnean Society, 157: 493-499.

- QUINE, C. P. & WHITE, M. S. (1998). *The potential of distance-limited topex in the prediction of site windiness*. *Forestry* 71: 325-332.
- REINHARDT, A. C. & GALATOWISCH, S. M. (2008). *The transition from invasive species control to native species promotion and its dependence on seed density thresholds*. *Applied Vegetation Science*, 11: 131-138.
- REINHARDT, A. C. & GALATOWISCH, S. M. (2008). *The transition from invasive species control to native species promotion and its dependence on seed density thresholds*. *Applied Vegetation Science*, 11: 131-138.
- RIVAS-MARTÍNEZ S (2008). *Global Bioclimatics. (Clasificación Bioclimática de la Tierra)*. (Versión 01-12-2008) (http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics-2008_00.htm)
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., SÁNCHEZ-MATA, D. & COSTA, M. (1999). *North american boreal and western temperate forest vegetation (syntaxonomical synopsis of the potential natural plant communities of North America II)*. *Itinera GEobotanica*, 12: 5-316.
- RODWELL, J. S. (2000). *British Plant Communities – Maritime communities and vegetation of open habitats. Volume 5*. Cambridge University Press. United Kingdom.
- ROSENBERG, N. J., BLAD, B. L. & VERNA, S. B. (1983). *The Biological Environment*. 2ª Edição. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- RUIZ-JAÉN, M. C. & AIDE, T. M. (2005). *Vegetation structure, species diversity, and ecosystem processes as measures of restoration success*. *Forest Ecology and Management*, 218: 159-173.
- SANTIKA, T. & HUTCHINSON, M. F. (2009). *The effect of species response form on species distribution model prediction and inference*. *Ecological Modelling*, 220: 2365-2379.
- SENECA, E. D. & BROOME, S. W. (1981). *The effect of highway construction on maritime vegetation in North Carolina*. A research report submitted to the North Carolina Department of Transportation, Division of Highways, Raleigh.
- SCHÄFER, H. (2005). *Flora of the Azores – A field guide*. Second Edition. Margraf Publishers. Weikersheim.
- SJÖGREN, E. (1973). *Recent changes in the vascular flora and vegetation of the Azores islands*. *Mems. Soc. Broteriana*, 26: 1-283.
- SMITHSON, P., ADDISON, K. & ATKINSON, K. (2002). *Fundamentals of the physical environment*. Third Edition. Routledge, London.

- SER - SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE & POLICY WORKING GROUP. (2004). *The SER International Primer on Ecological Restoration*. Society for Ecological Restoration International, Tucson. www.ser.org
- SER (2010). *Society for Ecological Restoration*. Consultado dia 30 de Julho de 2010. In: <http://www.ser.org/about.asp>
- SOLEIMANI, K., KORDSAVADKOOH, T. & MUOSAVI, S. R. (2008). *The effect of Environmental Factors on Vegetation Changes Using GIS (Case Study: Cherat Catchment, Iran)*. *World Applied Sciences Journal*, 3: 95-100.
- SOUSA, S. (2002). *A importância da Erica azorica no Planeamento Ambiental Regional: Contributo para a determinação do papel desempenhado por esta espécie nos ecossistemas naturais das ilhas Terceira e Pico*. Relatório de Estágio de Licenciatura em Engenharia do Ambiente. Departamento de Ciências Agrárias – Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.
- THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. (1955). *The water balance, Public*. *Climatol. Lab. Climatol. Drexel Inst. Technol.*, 8(1): 1-104.
- THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. (1957). *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. Publication in climatology. Centerton, New Jersey, 10 (3), 181-311.
- TUTIN, T.G. (1953). *The vegetation of the Azores*. *J. Ecol.* 41: 53-61.
- VAN DIGGELEN, R. & MARRS, R. H. (2003). *Restoring plant communities*. *Applied Vegetation Science*, 6: 105-278.
- VASILEVSKAIA, V. K. & SCHULKINA, T. V. (1976). *The morphological and anatomical structure of the arborescent plant Azorina vidalii (Wats.)*. *Transactions of the Moscow Society of the Naturalists*, Vol: XLII.
- WALKER, L. R. & DEL MORAL, R. (2008). *Lessons from primary succession for restoration of damaged habitats*. *Applied Vegetation Science*, 12: 55-67.
- WANG, H., HSIEH, Y. P., HARWELL, M.A. & HUANG, W. (2007). *Modeling soil salinity distribution along topographic gradients in tidal salt marshes in Atlantic and Gulf coastal regions*. *Ecological Modelling*, 201: 429-439.
- WHITTINGHAM, M. J., STEPHENS, P. A., BRADBURY, R. B., FRECKLETON, R. P. (2006). *Why do we still use stepwise modelling in ecology and behaviour?* *J. Anim. Ecol.* 75, 1182–1189.
- WILSON, J. D. (1984). *Determining a Topex score*. *Scottish For.* 384: 251-256.
- WOODWARD, F. I. (1987). *Climate & Plant Distribution – (Cambridge Studies in Ecology)*. Cambridge University Press, Cambridge.

- ZAKI, H. M., ADNAN, A. M. I., PAKHRIAZAD, H. Z. & FADLLI, A. Y. M. (2010). *Determining and Mapping of Vegetation using GIS and Phytosociological Approach in Mount Tahan, Malaysia*. Journal of Agricultural Science, 2: 80-89.
- ZBYSZEWSKI, G., DE MEDEIROS, A. & FERREIRA, O. V. (1958). *Carta geológica de Portugal – Ilha de São Miguel (Açores), notícia explicativa*. – Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- ZBYSZEWSKI, G., DE MEDEIROS, A. & FERREIRA, O. V. (1971). *Carta geológica de Portugal – Ilha Terceira (Açores), notícia explicativa*. – Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- ZHANG, J. & DONG, Y. (2010). *Factors affecting species diversity of plant communities and the restoration process in the loess area of China*. Ecological Engineering, 36: 345-350.