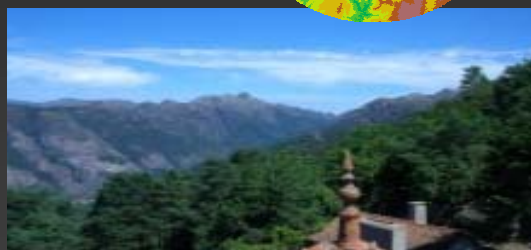
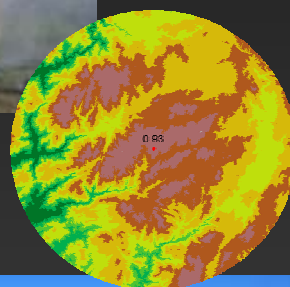


ANÁLISE DA REDE NACIONAL DE POSTOS DE VIGIA EM PORTUGAL



RELATÓRIO SÍNTESE

CEABN/ADISA - INESC INOVAÇÃO

Fevereiro de 2005

ANÁLISE DA COBERTURA

DA REDE NACIONAL DE POSTOS DE VIGIA

RELATÓRIO FINAL

Trabalho desenvolvido no âmbito do Protocolo de colaboração entre:

INESC INOVAÇÃO – Instituto de Novas Tecnologias

e

ADISA - Associação de Desenvolvimento do Instituto Superior de Agronomia

Dezembro de 2004

ENQUADRAMENTO DO PROJECTO

O presente trabalho integra-se no âmbito de uma iniciativa sobre incêndios florestais, promovida pela COTEC Portugal (Associação Empresarial para a Inovação). Esta iniciativa traduz-se num projecto de investigação científica intitulado “*Projecto de Vigilância Florestal, Detecção de Incêndios Florestais e Apoio a Sistemas de Combate*”, no âmbito do qual se celebrou um protocolo de colaboração INOV/ADISA com o objectivo de proceder à “*Análise da cobertura da actual Rede Nacional de Postos de Vigia (RNPV) e proposta de reformulação desta rede com vista à optimização dos recursos a ela afectos*”. A coordenação geral e a execução por parte da ADISA ficou a cargo do Centro de Ecologia Aplicada Professor Baeta Neves (CEABN).

EQUIPA TÉCNICA

COORDENAÇÃO GERAL: Francisco Castro Rego

**ADISA / CEABN – CENTRO DE ECOLOGIA APLICADA PROF. BAETA NEVES
(Instituto Superior de Agronomia - Universidade Técnica de Lisboa)**

Desenvolvimento:

Filipe Xavier Catry (coordenação)

Maria João Maia

Teresa Alexandra Santos

Levantamentos de Campo:

António Gravato (responsável)

Inês Castro Vasco

Amândio Esteves

INOV - INESC INOVAÇÃO – INSTITUTO DE NOVAS TECNOLOGIAS

Fernando Oliveira Moreira (responsável pela execução no INOV)

Paulo Relvas Pinto

Joel Almeida

ÍNDICE

1	JUSTIFICAÇÃO E OBJECTIVOS	1
2	LEVANTAMENTO DA LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E DE OUTRAS CARACTERÍSTICAS DA REDE NACIONAL DE POSTOS DE VIGIA	5
2.1	Introdução	5
2.2	Aspectos Metodológicos	7
2.3	Resultados	9
2.3.1	Localização Geográfica	9
2.3.2	Altura das Plataformas e Outras Características	11
3	ELABORAÇÃO DE UMA CARTA DE VISIBILIDADES	13
3.1	Introdução	13
3.1.1	Importância da Análise de Visibilidade	13
3.1.2	Factores que Influenciam a Visibilidade e a Detecção	14
3.1.2.1	A distância	14
3.1.2.2	A topografia	17
3.1.2.3	A ocupação do solo	20
3.1.2.4	Outros factores	20
3.2	Aspectos Metodológicos	22
3.2.1	Cartografia Específica de Base	22
3.2.1.1	O Modelo digital do terreno (MDT)	22
3.2.1.2	Os pontos de observação	28
3.2.2	Bases de Dados das Detecções	28
3.2.2.1	Método I – Grau de obertura em função do número de postos de vigia que observam cada local	30
3.2.2.2	Método II – Grau de cobertura em função da distância	37
3.2.2.3	Método III – Grau de cobertura em função da altura da coluna de fumo a partir da qual o fogo pode ser detectado pela RNPV	42

3.3	Resultados	45
3.3.1	Método I – Grau de cobertura em função do número de postos de vigia que observam cada local	45
3.3.2	Método II – Grau de cobertura em função da distância	49
3.3.3	Método III – Grau de cobertura em função da altura da coluna de fumo a partir da qual o fogo pode ser detectado pela RNPV	51
3.3.4	Produção de uma Carta Síntese de Cobertura pela RNPV	54
4	PRODUÇÃO DE NOVA CARTOGRAFIA QUE IDENTIFIQUE AS ÁREAS ONDE A VIGILÂNCIA É PRIORITÁRIA	58
4.1	Introdução	58
4.2	Aspectos metodológicos	60
4.3	Resultados	65
5	AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DOS POSTOS DE VIGIA	70
5.1	Introdução	70
5.2	Aspectos metodológicos	70
5.3	Resultados	74
5.3.1	Análise do Número de Visadas por Posto de Vigia	74
5.3.2	Análise da Visibilidade por Posto de Vigia	77
5.3.3	Análise da Influência da Presença de Obstáculos nas Imediações do Posto de Vigia	79
5.3.4	Análise da Influência dos Factores Zona, Cobertura e Hora sobre a Detecção	85
6	PROPOSTA DE MEDIDAS A ADOPTAR NA REESTRUTURAÇÃO DA RNPV	92
6.1	Introdução	92
6.2	Metodologia	93
6.2.1	Cartografia utilizada	93
6.2.2	A aplicação SOMBRAS	95

6.2.3	Método de avaliação dos mapas de probabilidade de detecção _____	95
6.2.4	Construção de uma base de potenciais locais para instalação de novos postos de vigia _____	97
6.2.5	Solução construída de raiz _____	104
6.2.6	Proposta para a remoção de postos _____	104
6.2.7	Proposta para a adição de novos postos _____	105
6.2.8	Proposta para a recolocação de postos _____	105
6.3	Resultados _____	107
6.3.1	Solução construída de raiz _____	107
6.3.2	Proposta para a remoção de postos _____	112
6.3.3	Proposta para a adição de novos postos _____	121
6.3.4	Proposta para recolocação de postos _____	125
7	CONCLUSÕES _____	130
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	141

Índice de Figuras

Figura 1. Imagem com a distribuição espacial do total acumulado de áreas ardidadas entre 1990 e 2003 (Fonte: DGRF).	1
Figura 2. Evolução da RNPV por décadas (Fonte: Galante, 2001).	6
Figura 3. Localização geográfica dos 236 postos de vigia que actualmente integram a RNPV, de acordo com o levantamento GPS efectuado (pontos a vermelho), em sobreposição ao modelo digital do terreno.	10
Figura 4. Erros de localização dos postos de vigia, mostrando-se a distribuição das distâncias entre o levantamento efectuado neste trabalho e as coordenadas constantes na base de dados da DGRF.	11
Figura 5. Erros nas medições da altura das plataformas dos postos de vigia, mostrando-se a distribuição das diferenças (m) entre o levantamento efectuado neste trabalho e as alturas constantes na base de dados da DGRF.	11
Figura 6. Representação esquemática das linhas de visão e das áreas visíveis, e áreas não visíveis (a cinzento) num terreno irregular (adaptado de Fisher, 1996a).	18
Figura 7. Focos de incêndio registados entre 2001 e 2003 num raio de 50 km em redor do posto de vigia 11-01, situado numa zona montanhosa (em cima), e do posto de vigia 53-01, situado numa zona plana (em baixo). Os fogos detectados pelo posto de vigia em causa estão assinalados a vermelho.	19
Figura 8. Comparação entre os resultados de visibilidade obtidos com dois tipos de informação altimétrica de base.	24
Figura 9. Comparação entre as duas cartas de visibilidade obtidas através de um MDT com uma resolução espacial de 25 m (em cima) e de um MDT com 90 m (em baixo), e representação da grelha de pontos de amostragem utilizados na análise estatística (a vermelho). A visibilidade é representada em termos do número de postos de vigia que observam o local.	27
Figura 10. Representação esquemática da existência de áreas que não são directamente visíveis, mas onde um fogo será provavelmente detectado (esquema adaptado de Fisher, 1996c).	34

Figura 11. Regressão linear entre o logaritmo natural do número de fogos observado por km^2 pelos postos de vigia em 2001 e a distância (m) à qual foram detectados (Catry, 2002).	37
Figura 12. Distribuição geográfica das duas classes de postos de vigia em função da distância de visibilidade.	38
Figura 13. Probabilidade de detecção em função da distância (FD) para o conjunto de postos de vigia que integram a Rede Nacional de Postos de Vigia.	40
Figura 14. Probabilidades de detecção em função da distância (FD) para os Grupos 1 e 2 (menor e maior visibilidade) de postos de vigia que integram a RNPV.	41
Figura 15. Representação esquemática da utilização do conceito de altura de coluna de fumo detectável (H).	42
Figura 16. Representação esquemática do método de cálculo do parâmetro <i>OffsetB</i> de um ponto.	44
Figura 17. Mapa de Visibilidade da RNPV, correspondente ao número de postos de vigia que têm visibilidade sobre cada local do território continental (factor vigia).	46
Figura 18. Relação entre o número de postos de vigia que têm visibilidade sobre o local (FV) e a percentagem de detecções efectuadas pela RNPV.	48
Figura 19. Distribuição geográfica do factor distância (FD).	50
Figura 20. Relação entre o factor distância (FD) e a percentagem de detecções efectuadas pela RNPV.	51
Figura 21. Mapa com as alturas de coluna de fumo (H) a partir das quais um foco de incêndio pode ser detectado pela Rede Nacional de Postos de Vigia.	52
Figura 22. Relação entre altura da coluna de fumo (H) e a percentagem de detecções efectuadas pela RNPV.	53
Figura 23. Comparação entre as três cartas nacionais de visibilidade iniciais.	54
Figura 24. Carta síntese de cobertura pela Rede Nacional de Postos de Vigia.	55
Figura 25. Relação entre a visibilidade síntese (VS) e a percentagem de detecção efectuadas pela RNPV.	56
Figura 26. Fluxograma síntese da informação utilizada no processo de análise espacial para a identificação de áreas prioritárias para vigilância complementar contra incêndios florestais.	62

Figura 27. Carta de Vigilância Prioritária, onde se identificam as áreas consideradas tendo um risco de incêndio significativo (0,75), destacando-se dentro destas as áreas consideradas simultaneamente de interesse público (1).	66
Figura 28. Carta que identifica as áreas do território nacional onde a vigilância complementar à RNPV é prioritária; nesta carta é dado um peso adicional às áreas de interesse público que se situam em zonas onde o risco de incêndio é mais elevado.	67
Figura 29. Carta que identifica as áreas do território nacional onde a vigilância complementar à RNPV é prioritária; nesta carta as áreas de interesse público não foram valorizadas.	68
Figura 30. Comparação entre o número de detecções efectuadas pela Rede Nacional de Postos de Vigia ao longo do ano e o número de detecções efectuadas por outros meios (período 2001-2003).	71
Figura 31. Variação do número de ocorrências ao longo do dia a nível nacional (baseado em dados dos anos 2001-2003).	72
Figura 32. Frequências relativas do número horário de ocorrências de focos de incêndio no território continental.	72
Figura 33. Número de visadas efectuadas em três anos (2001 a 2003), pelos postos de vigia que integram a RNPV.	76
Figura 34. Exemplo dos mapas individuais de visibilidade apresentados no Anexo I, e que serviram de base às análises efectuadas.	77
Figura 35. Visibilidade individual (só um posto de vigia): Percentagem de área visível num raio de 25 km em redor de cada posto de vigia, e frequência com que essa situação se verifica.	78
Figura 36. Intervisibilidade (vários postos de vigia): Percentagem de área visível num raio de 25 km em redor de cada posto de vigia, e frequência com que essa situação se verifica.	79
Figura 37. Comparação entre a área potencialmente observada pelo posto de vigia 47-06 num raio de 25 km, entre Oeste e Este (mapa em cima), e a sua visibilidade efectiva no Verão de 2004 (fotografia em baixo).	80
Figura 38. Fotografias tiradas no Verão de 2004, a partir da plataforma do posto de vigia 47-05, onde é evidente a obstrução à visibilidade causada pelas árvores circundantes.	82

Figura 39. Fotografias tiradas a partir da plataforma do posto de vigia 21-06, onde é possível observar vários povoamentos jovens de eucalipto, que poderão vir a dificultar a visibilidade neste posto.	83
Figura 40. Exemplo de outros tipos de obstrução à visibilidade dos postos de vigia: topografia e elementos construídos.	84
Figura 41. Focos de incêndio registados entre 2001 e 2003 num raio de 25 km em redor do posto de vigia 11-01. Os focos detectados pelo posto de vigia em causa estão assinalados a vermelho, encontrando-se os restantes assinalados a preto .	85
Figura 42. Zonas do território continental em que a RNPV apresenta um maior ou menor grau de eficácia na detecção de focos de incêndio (% de detecções efectuadas pelos postos de vigia relativamente a todos os focos de incêndio detectados num raio de 25 km em seu redor). Baseado nos dados nacionais das detecções efectuadas em três anos (2001-2003, DGRF).	86
Figura 43. Percentagens de probabilidade de detecção pela RNPV em função do grau de cobertura e da zona geográfica considerada (vermelho - zona mais desfavorável; azul - zona intermédia; preto - zona mais favorável).	87
Figura 44. Percentagens de focos de incêndio detectados pela RNPV relativamente ao número total de detecções efectuadas ao nível distrital (média de três anos: 2001-2003).	88
Figura 45. Comparação visual entre a eficácia de detecção da Rede e a densidade populacional, ao nível distrital. No mapa à esquerda, apresentam-se as percentagens de detecção pela RNPV em relação ao total (média de três anos: 2001-2003), e no mapa da direita a densidade populacional (habitantes/km²).	89
Figura 46. Efeito simultâneo dos três factores na probabilidade de detecção pela Rede. As horas do dia são representadas em abcissa, as diferentes zonas com diferentes cores, e as diferentes classes de cobertura com diferentes espessuras das curvas polinomiais ajustadas.	90
Figura 47. Relação entre a percentagem do número de focos de incêndio detectados, ao longo do dia, pela RNPV e pelos restantes sistemas de vigilância existentes. Baseado em 26543 detecções efectuadas em 3 anos (2001-2003, DGRF).	91
Figura 48. Distribuição nacional do conjunto composto por todos os locais de vigilância calculados.	98
Figura 49. Locais eliminados no passo de avaliação individual, marcados a vermelho.	100

Figura 50. Locais eliminados no passo de avaliação de sobreposição, marcados a vermelho.

102

Figura 51. Conjunto base de novos potenciais locais de vigilância.

103

Figura 52. Locais que constituem o conjunto para a construção de uma solução de raiz.

106

Figura 53. Localização dos 142 pontos que constituem a configuração construída de raiz.

Os que são actuais postos da RNPV estão marcados a preto, os que são novos locais estão marcados a azul.

110

Figura 54. Cobertura conseguida pelos 142 pontos que compõem a configuração construída de raiz: 51,8 %, superior aos 50,8 % conseguidos pelos 236 postos da actual RNPV.

111

Figura 55. Os 20 primeiros pontos da lista de remoção, marcados a vermelho. A perda em termos de pontuação global é de 0,4 %.

120

Figura 56. Localização dos primeiros 20 pontos a adicionar à actual RNPV, marcados a azul. O ganho em termos de pontuação global é de 6,6 %.

124

Figura 57. Os 20 primeiros pontos a remover, marcados a vermelho, juntamente com os 20 primeiros pontos a adicionar, marcados a azul. O ganho em termos de pontuação global é de 6,2 %.

129

Índice de Tabelas

Tabela 1. Número de ocorrências e área ardida em Portugal entre os anos de 1980 e 2003 (Fonte: DGRF). _____	2
Tabela 2. Efeito da curvatura da Terra e da refração atmosférica sobre a visibilidade (cálculo segundo a fórmula apresentada por SGMA, 1998). _____	15
Tabela 3. Comparação entre a percentagem de área do território nacional visível por 1 ou mais postos de vigia, nos dois MDT utilizados. _____	24
Tabela 4. Comparação do grau de coincidência entre a classificação de visibilidade obtida a partir do MDT com uma resolução espacial de 90 m, coincide com a classificação obtida a partir do MDT com uma resolução de 25 m, baseado numa amostragem nacional de 89955 pontos. _____	25
Tabela 5. Número total de visadas efectuadas pelos postos de vigia e número total de focos de incêndio ao longo dos anos de 2001, 2002 e 2003. _____	29
Tabela 6. Raios de visibilidade médios dos postos de vigia para as combinações dos factores rugosidade do terreno e continentalidade (Catry <i>et al.</i> 2004). _____	35
Tabela 7. Influência do número de postos de vigia (factor vigia) sobre a probabilidade de que um foco de incêndio seja detectado pela RNPV. _____	48
Tabela 8. Influência da distância (Factor Distância) na probabilidade de detecção pela RNPV. _____	49
Tabela 9. Influência da altura de coluna de fumo detectável (H) na probabilidade de detecção pela RNPV. _____	53
Tabela 10. Grau de cobertura por distrito, em termos da percentagem de área que cada classe ocupa. _____	57
Tabela 11. Representação das classes de prioridade de vigilância complementar, em termos de área do território nacional ocupado (%). _____	69
Tabela 12. Número total de visadas efectuadas pela RNPV entre 2001 e 2003, e número de postos de vigia que efectuaram ou não visadas nesses três anos. _____	75
Tabela 13. Focos de incêndio detectados pela RNPV relativamente ao número total de ocorrências. _____	75
Tabela 14. Resultados da avaliação efectuada aos 236 postos de vigia que integram a RNPV, relativamente ao grau de obstrução à visibilidade que se verifica nas suas imediações. _____	80

Tabela 15. Listagem dos 20 postos de vigia que segundo a análise efectuada necessitam de uma intervenção mais urgente, devido à existência de árvores que se encontram a obstruir a visibilidade nas suas imediações. _____	81
Tabela 16. Pontos que constituem a configuração construída de raiz. A cobertura conseguida é superior à da RNPV actual, utilizando apenas 142 pontos de vigilância. _____	108
Tabela 17 – Lista ordenada com os resultados da avaliação dos postos de vigia, no contexto da RNPV, pelo processo de remoção e pelo processo de adição. _____	113
Tabela 18. Lista ordenada com os locais a adicionar à actual RNPV. _____	121
Tabela 19. Lista ordenada com as recolocações propostas para a RNPV. _____	125
Tabela 20 – Variação obtida na percentagem da cobertura nacional para as três possibilidades de reestruturação propostas, sendo afectados 20 ou 50 postos. _____	139

1 JUSTIFICAÇÃO E OBJECTIVOS

A importância do problema dos incêndios florestais em Portugal é por todos reconhecida, conduzindo todos os anos a graves prejuízos sociais, económicos e ambientais. A imagem do total de áreas ardidas entre 1990 e 2003 em Portugal continental é o retrato da dimensão do problema (figura 1).

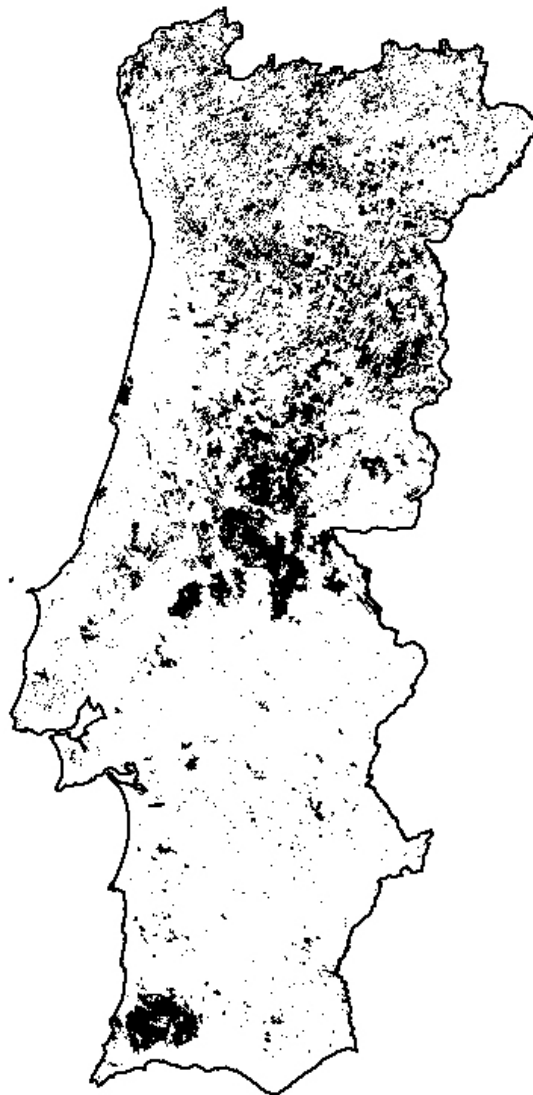


Figura 1. Imagem com a distribuição espacial do total acumulado de áreas ardidas entre 1990 e 2003 (Fonte: DGRF).

Apesar do reconhecimento geral, o problema dos incêndios tem vindo a agravar-se nas últimas décadas, com um número sempre muito elevado de ocorrências e uma tendência para o aumento da área total ardida (tabela 1), ao contrário da tendência verificada nos outros países da Europa mediterrânica (European Commission, 2004).

Tabela 1. Número de ocorrências e área ardida em Portugal entre os anos de 1980 e 2003 (Fonte: DGRF).

ANO	Nº DE OCORRÊNCIAS	ÁREA ARDIDA (hectares)
1980	2 349	44 260
1981	6 640	89 798
1982	3 567	39 557
1983	4 503	47 812
1984	6 377	52 713
1985	7 218	146 255
1986	4 348	99 522
1987	6 977	76 268
1988	5 643	22 435
1989	20 155	126 235
1990	10 745	137 252
1991	14 327	182 486
1992	14 954	57 012
1993	16 101	49 963
1994	19 983	77 323
1995	34 116	169 612
1996	28 626	88 867
1997	23 497	30 535
1998	34 676	158 369
1999	25 477	70 613
2000	34 109	159 604
2001	26 944	110 928
2002	26 488	124 411
2003	26 196	425 701

O ano de 2003 foi particularmente gravoso em Portugal com 18 mortes, 2383 construções afectadas, mais de 425 mil hectares ardidos, dos quais mais de 280 mil hectares de florestas.

A rápida e eficaz detecção dos focos de incêndio é consensualmente considerada, a par da prevenção e do combate, como sendo um dos aspectos mais importantes para evitar a ocorrência de grandes incêndios. Como tal, para além do investimento em meios materiais e humanos,

importa conhecer o funcionamento e eficácia dos diferentes sistemas de vigilância, pois só assim se poderá garantir a optimização dos recursos existentes para a vigilância contra os incêndios florestais.

É neste contexto que surge a iniciativa sobre Incêndios Florestais desenvolvida pela COTEC Portugal (Associação Empresarial para a Inovação). No âmbito desta iniciativa inclui-se o presente trabalho que tem por objectivo desenvolver diversas linhas de trabalho relacionadas com a Rede Nacional de Postos de Vigia (RNPV), com o seguinte faseamento:

- (i) Levantamento da localização geográfica e de outras características da RNPV;
- (ii) Produção de nova cartografia de visibilidades;
- (iii) Identificação de áreas onde a vigilância é prioritária;
- (iv) Avaliação da eficácia dos postos de vigia;
- (v) Proposta de medidas a adoptar na reestruturação da RNPV.

É esta também a base da estrutura deste Relatório Final.

2 LEVANTAMENTO DA LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E DE OUTRAS CARACTERÍSTICAS DA REDE NACIONAL DE POSTOS DE VIGIA

2.1 INTRODUÇÃO

A história da Rede Nacional de Postos de Vigia está profundamente associada no seu início com o processo de arborização dos baldios. Compreende-se assim que o posto de vigia mais antigo da actual rede seja o de S. Lourenço (35-02), construído entre 1928 e 1931 (Freitas, 1989) no Perímetro Florestal de Manteigas, que tinha sido o primeiro a ser arborizado já nos finais do século XIX (Rego, 2001).

Em 1937, com a construção de três postos de vigia na Mata Nacional de Leiria e de um outro na Mata Nacional do Pedrógão, deu-se origem ao primeiro “sistema de pontos de observação” (Dias, 1955).

Posteriormente, no período compreendido entre a década de 50 e meados da década de 70, a construção de postos de vigia continuaria a visar a vigilância das arborizações efectuadas nos baldios a norte do Tejo no âmbito do “Plano de Povoamento Florestal (1939-1968)” (Galante, 2001).

No início da década de 80, com a publicação da legislação de base sobre os incêndios florestais, assistiu-se a um reforço da estrutura de detecção fixa, altura a partir da qual a construção de novos postos de vigia passou a incidir sobre as zonas de maior sensibilidade ao fogo, definidas pelo Decreto Regulamentar N.º 55/81 de 18 de Dezembro. Foi assim possível obter uma maior cobertura do território nacional ao nível da vigilância fixa (ver figura 2). De facto verifica-se que dos postos de vigia que actualmente se encontram em funções cerca de 72 % só foram instalados a partir de 1980.

A Rede Nacional de Postos de Vigia foi criada oficialmente pela Portaria n.º 341/90, de 7 de Maio, com o objectivo de promover a rápida detecção e localização dos incêndios florestais, bem como apoiar as acções de combate, através da comunicação de informações sobre a evolução dos fogos aos Centros de Prevenção e Detecção (Galante, 2001).

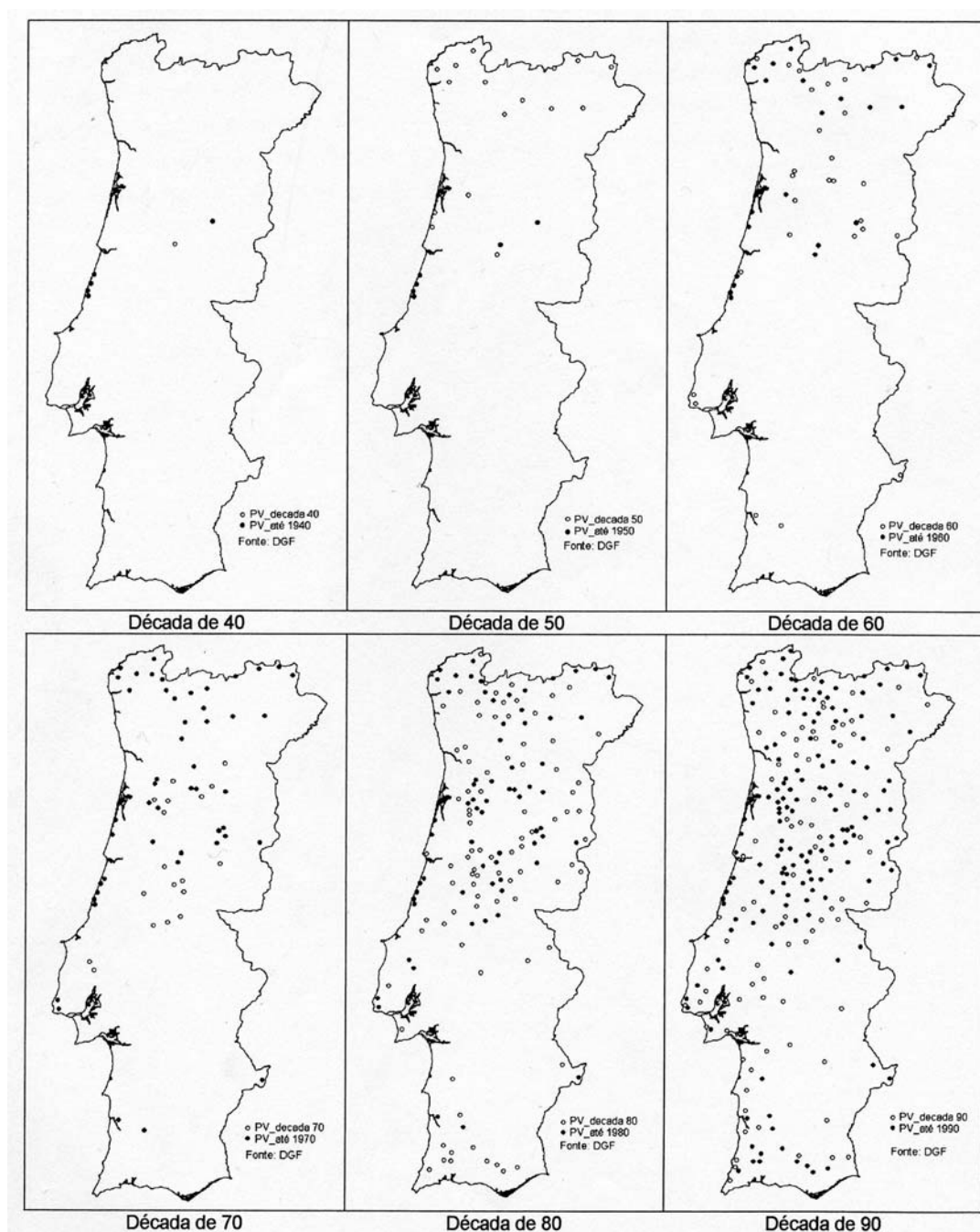


Figura 2. Evolução da RNPV por décadas (Fonte: Galante, 2001).

Em Portugal continental a estrutura de detecção terrestre fixa era em 2001 constituída por um conjunto de 237 pontos de observação. A responsabilidade pela gestão dos postos estava repartida pela Direcção-Geral das Florestas (214 postos), pelo Instituto da Conservação da Natureza (14 postos localizados em Áreas Protegidas), e por autarquias e privados (9 postos) (Galante, 2001). A gestão da informação relativa à RNPV compete à DGRF.

2.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para a análise e determinação das áreas do território que são vigiadas pela rede, é essencial conhecer o correcto posicionamento geográfico de todos os postos de vigia. Na maior parte das situações em que a topografia do terreno é irregular, uma pequena deslocação na localização de um ponto de observação pode representar um aumento ou diminuição substancial das áreas visíveis quando se procede ao seu mapeamento (Davis *et al.*, 1959; Macedo & Sardinha, 1987). Por outro lado, o conhecimento rigoroso das coordenadas dos postos de vigia é também importante para o cálculo da localização dos focos de incêndio que pode ser actualmente feita por cruzamento de visadas através da aplicação SGIF (Sistema de Gestão de Informação sobre Incêndios Florestais) nos Centros de Prevenção e Detecção (CPD), sendo também esta a localização que é posteriormente transmitida aos bombeiros e aos meios aéreos para chegarem ao local da ocorrência (DGRF, 2004a).

A DGRF é a entidade oficial responsável e detentora da informação actualmente existente relativamente à localização e características dos 236 postos que integram a rede. No entanto, e devido ao facto de nos últimos anos não ter sido efectuado nenhum levantamento nacional e sistemático da localização e da altura das plataformas dos postos, e uma vez que tinham já sido referenciados erros de posicionamento relativamente à base de dados existente na DGRF (Catry, 2002), optou-se por efectuar um novo levantamento de todos os postos de vigia que actualmente integram a RNPV em Portugal.

Este trabalho decorreu durante o Verão de 2004, tendo sido constituídas várias equipas que se deslocaram aos 236 postos de vigia, registando as coordenadas geográficas de cada um deles com recurso a GPS (*Global Positioning System*). O GPS utilizado para recolher as coordenadas na grande maioria dos postos (86 %), possui uma precisão potencial sub-métrica (*Thales MobileMapper*); nos restantes postos foi usado um GPS com precisão inferior (*Garmin E-Trex*).

Toda a informação geográfica apresentada neste trabalho está referenciada geograficamente de acordo com os seguintes parâmetros: Sistema de Projecção - Transversa de Mercator, Elipsóide Internacional de Hayford, *Datum* de Lisboa (Hayford-Gauss-Militar).

Simultaneamente ao processo de localização geográfica, procedeu-se a um levantamento fotográfico, à medição da altura das plataformas de observação, e ao registo e actualização de outras características relativas aos 236 postos de vigia que integram a RNPV.

A informação recolhida em cada posto de vigia consiste nos dados a seguir listados:

- **Código do posto de vigia:** Pretendeu-se verificar se o código de identificação do posto de vigia se mantém inalterado relativamente à base de dados original da DGRF, ou se este foi alterado, registando neste caso, o novo código identificativo;
- **Localização geográfica:** Levantamento das coordenadas geográficas de cada posto de vigia com recurso a GPS;
- **Altura da plataforma de observação:** Registo da altura da plataforma de observação do posto de vigia, recorrendo a uma fita métrica, a um distanciómetro laser ou a um hipsómetro;
- **Fotografias:** Em cada posto de vigia foi recolhido um conjunto de 12 fotografias. Com o objectivo de registar a vista que se obtém a partir da plataforma de observação de cada posto de vigia, foi tirada uma fotografia na direcção de cada um dos 8 pontos cardeais e colaterais (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO). Na base do posto de vigia, ao nível do solo, recolheram-se mais quatro fotografias do posto de vigia, duas a enquadrar toda a torre e outras duas apenas com a cabina;
- **Vídeos:** Para a maior parte dos postos de vigia foram feitos dois pequenos filmes, cada um cobrindo 180° do ângulo visual que se obtém a partir da sua plataforma. Um dos vídeos foi feito na direcção Norte (fazendo uma rotação de Oeste para Este), e outro na direcção Sul (com uma rotação de Este para Oeste);
- **Tipo de estrutura:** Registo do tipo de estrutura do posto de vigia (metálica, alvenaria ou madeira);
- **Fonte de energia:** Registo da fonte de energia que abastece o posto de vigia (rede pública ou painel solar/bateria);
- **Estado de conservação:** Registo onde é avaliado o estado de conservação geral do interior e do exterior do posto de vigia;
- **Estado dos acessos:** Registo onde se anotam as características gerais dos acessos ao posto de vigia e qual o estado em que se encontram;

- **Presença de obstáculos:** Registo descritivo da eventual presença de árvores ou de outros obstáculos próximos do posto de vigia e que se encontrem a obstruir o campo de visão;
- **Outras notas:** Registo de eventuais factores específicos de cada posto de vigia, tais como a existência de anexos, se a mesa de rumos ou outro material essencial ao bom funcionamento está danificado, ou ainda outras notas consideradas relevantes.

2.3 RESULTADOS

Grande parte da informação recolhida referente a cada posto de vigia, bem como o levantamento fotográfico realizado, são apresentados no Anexo I, que se encontra organizado por distritos e por ordem alfabética. Este anexo constitui parte integrante deste Relatório Final e permite de imediato através da sua observação uma primeira avaliação individual das características de cada posto e das áreas por ele avistadas.

2.3.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A localização geográfica dos 236 postos de vigia que actualmente integram a Rede Nacional de Postos de Vigia pode ser visualizada na figura 3, apresentando-se as suas coordenadas no Anexo I. Estima-se que as localizações apresentadas tenham um elevado rigor, sendo que em termos gerais se admite um erro médio inferior a 5 m e um erro máximo de cerca de 10 m.

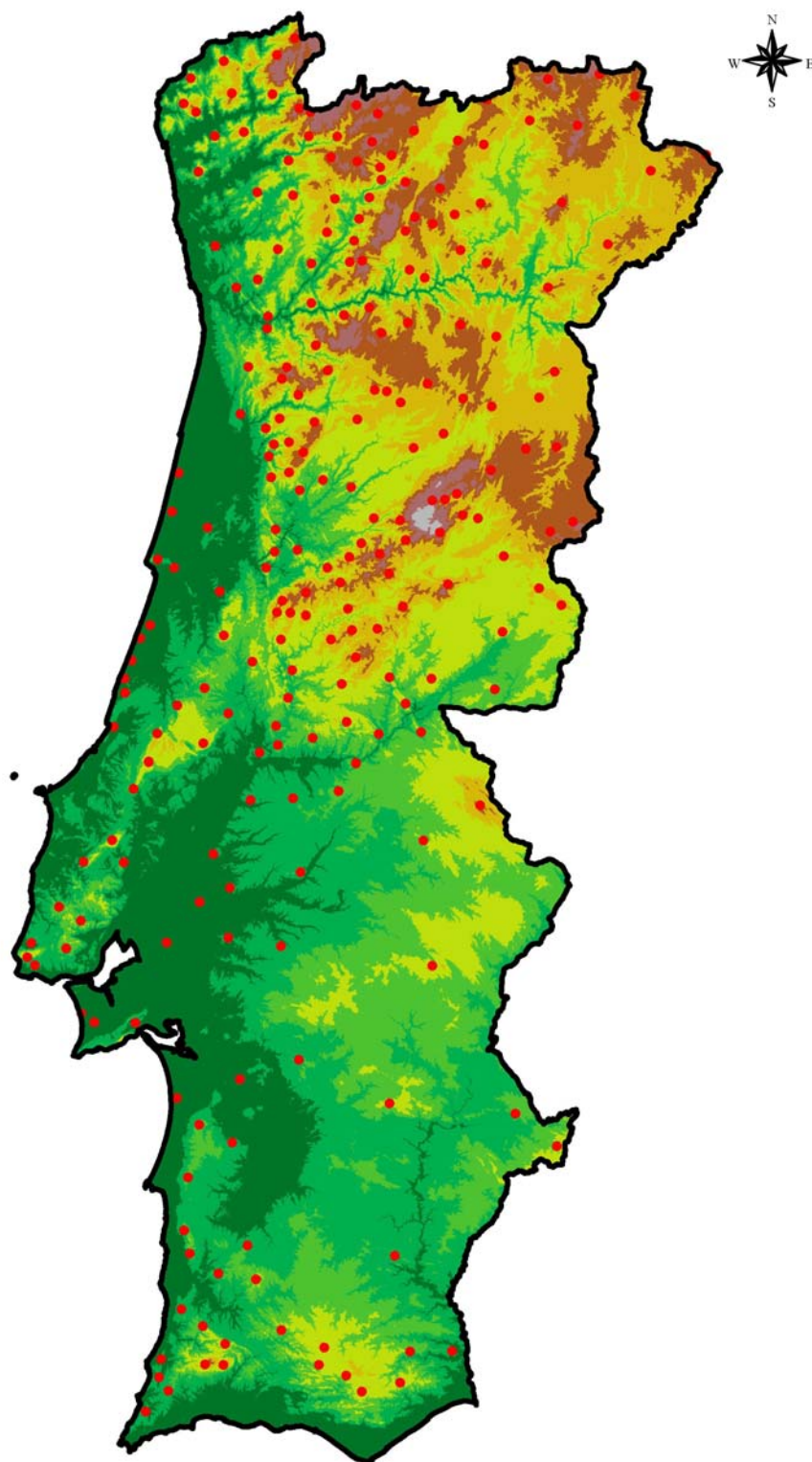


Figura 3. Localização geográfica dos 236 postos de vigia que actualmente integram a RNPV, de acordo com o levantamento GPS efectuado (pontos a vermelho), em sobreposição ao modelo digital do terreno.

Relativamente ao levantamento das coordenadas individuais de todos os postos de vigia que integram a RNPV, confirmou-se a existência de diversos erros de localização. Assim, 75 % dos postos de vigia que integram a rede apresentavam um erro de localização superior a 10 m, 25 % apresentavam um erro superior a 50 m, e 6 % um erro superior a 500 m (fig. 4). O posto de vigia com maior erro foi o P-4, que se encontrava referenciado a quase 10 km da sua localização real.

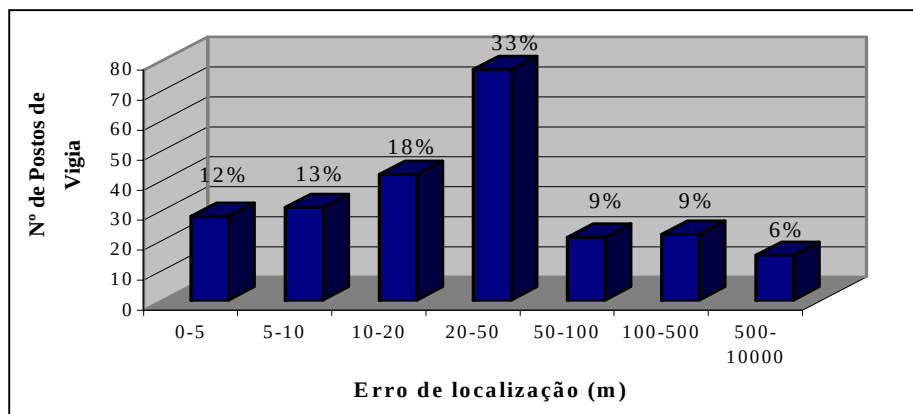


Figura 4. Erros de localização dos postos de vigia, mostrando-se a distribuição das distâncias entre o levantamento efectuado neste trabalho e as coordenadas constantes na base de dados da DGRF.

2.3.2 ALTURA DAS PLATAFORMAS E OUTRAS CARACTERÍSTICAS

Relativamente ao levantamento das alturas das plataformas de todos os postos de vigia que integram a rede, verificou-se a existência de algumas diferenças. Assim 42 % dos postos de vigia que integram a rede teriam as alturas correctas (diferenças inferiores a 1 m), 20 % apresentavam diferenças entre 1 a 2 m, verificando-se em 15 % dos postos um erro superior a 3 m (fig. 5).

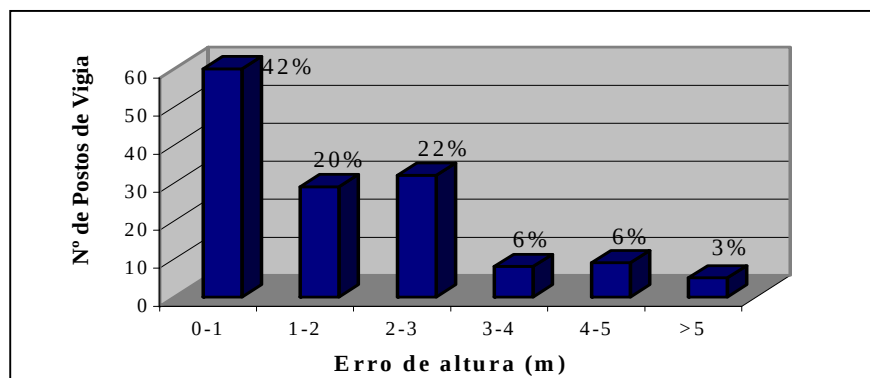


Figura 5. Erros nas medições da altura das plataformas dos postos de vigia, mostrando-se a distribuição das diferenças (m) entre o levantamento efectuado neste trabalho e as alturas constantes na base de dados da DGRF.

As restantes características observadas no decurso dos levantamentos (tipo de estrutura, fonte de energia, estado de conservação, estado dos acessos, presença de obstáculos), são apresentadas no Anexo I.

No CD que constitui o Anexo III, é disponibilizado um ficheiro de *ArcView* (formato *shapefile*), com a localização geográfica dos 236 postos de vigia que actualmente integram a RNPV, no qual foi adicionada ou actualizada a informação relativa aos seguintes parâmetros:

Parâmetros de localização: Coordenadas x (*Coord_x*) e y (*Coord_y*), Altitude, Local, Designação, Freguesia, Concelho, Distrito, Região Agrária (*Região*), NUT 3, Rede Nacional de Áreas Protegidas (*RNAP*), Rede Natura 2000 (*RN2000*), Rede Nacional de Matas Nacionais e Perímetros Florestais (*RNMNPF*), Risco de Incêndio (*Risco_inc*) e Número da carta militar 1:25000 (*CM25Mil*).

A maior parte dos parâmetros de localização referidos foram actualizados com base na cartografia nacional mais recente, como é caso da Carta Administrativa Oficial de Portugal (IGP, 2004). Assim, alguns dos postos de vigia que se localizam geograficamente na fronteira entre distritos, concelhos ou freguesias, poderão agora aparecer associados a áreas administrativas diferentes das originais

Relativamente às características dos postos de vigia, foi também actualizada a informação relativa a: Código do posto de vigia (*Código-PV*), Tipo de estrutura (*Estrutura*), Altura da plataforma (*Alt_Plataf*), Fonte de energia (*Energia*), Estado dos acessos (*Acessos*), Estado de conservação (*Conservação*) e Fotografia.

Deste modo é possível aceder rapidamente à informação associada a cada posto de vigia e visualizar a sua fotografia em ambiente SIG.

3 ELABORAÇÃO DE UMA CARTA DE VISIBILIDADES

3.1 INTRODUÇÃO

3.1.1 IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE VISIBILIDADE

A determinação de áreas visíveis e não visíveis tem uma utilidade amplamente reconhecida, sendo utilizada em diversos processos de apoio à tomada de decisão que abrangem os campos da engenharia, da biologia, da arquitectura paisagista e da arqueologia, entre outros. No caso concreto da engenharia florestal, o estudo da visibilidade é particularmente importante para o planeamento da vigilância contra incêndios florestais.

Para assegurar um eficaz planeamento e gestão de uma rede de postos de vigia, considerada como parte integrante de um sistema de vigilância mais vasto e numa perspectiva de optimização dos recursos disponíveis, é fundamental que se conheçam as áreas de território cobertas pelos postos de vigia existentes (Show *et al.*, 1937; Brown e Davis, 1973; Macedo e Sardinha, 1987; Ruiz, 2000; FAO, 2001). Porém, a questão da determinação das áreas que já são vigiadas pela RNPV está ainda muito pouco estudada em Portugal, não sendo normalmente considerada no processo de planeamento e gestão dos sistemas de vigilância. Por esse motivo, procurou-se com este trabalho dar um contributo para um melhor conhecimento desta questão, designadamente através do desenvolvimento e aplicação de uma metodologia para produção de uma carta que identifique as áreas do território continental mais ou menos cobertas pela Rede Nacional de Postos de Vigia.

Durante muito tempo, e até há poucos anos, o cálculo e análise da visibilidade eram feitos recorrendo a métodos manuais, nomeadamente através do método dos perfis e do método dos esboços (Davis *et al.*, 1959; Macedo & Sardinha, 1987), tendo por base a utilização de cartas topográficas impressas em papel. As principais desvantagens destes métodos eram a sua morosidade e frequentemente, a sua falta de rigor. Nas duas últimas décadas, com o crescente desenvolvimento da tecnologia informática, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm vindo a ocupar um lugar de destaque no domínio da produção cartográfica e nos processos de apoio à decisão relacionados com as mais diversas aplicações. Actualmente, o processo de

cálculo de visibilidades com recurso a SIG é muito vantajoso relativamente aos processos manuais tradicionais, constituindo o método de mapeamento mais expedito, vindo assim facilitar a maior utilização deste tipo de cartas no planeamento e gestão dos sistemas de detecção de incêndios florestais. Em Portugal, devem-se a Almeida (1998) e a Catry (2002) os primeiros trabalhos sobre esta matéria.

Existem porém diversos factores que podem ter uma influência decisiva sobre os resultados da análise de visibilidade obtidos através da utilização dos SIG.

3.1.2 FACTORES QUE INFLUENCIAM A VISIBILIDADE E A DETECÇÃO

A detecção de fogos florestais durante o dia é geralmente efectuada pelo fumo e à noite pelas chamas. O fumo constitui na maior parte dos casos a evidência da qual depende a detecção de um fogo, e consequentemente, a visibilidade do fumo condiciona o sucesso da maioria das detecções (Davis *et al.*, 1959; Brown & Davis, 1973). Tendo em conta que o objectivo é o de detectar os fogos quando estes são pequenos, o problema associado à detecção consiste na capacidade que o olho humano possui de distinguir pequenos objectos como seja um fumo distante proveniente de um fogo nascente, já que a detecção de fogos grandes não constitui problema. Consequentemente, o conhecimento dos factores relacionados com a visão e a visibilidade é fundamental para o desenvolvimento de qualquer sistema de detecção. Em seguida referem-se alguns dos factores que exercem maior influência sobre a visibilidade.

3.1.2.1 A DISTÂNCIA

O factor distância é determinante para a maior parte das aplicações em que a análise da visibilidade é utilizada, uma vez que quanto mais longe os objectos se encontram, menor é a capacidade visual dos observadores. A visibilidade diminui à medida que a distância aumenta, não só devido à curvatura da Terra, mas também devido à diminuição do tamanho dos objectos, e à presença de inúmeras partículas em suspensão na atmosfera.

Para que se possam determinar as áreas visíveis e não visíveis a partir de cada posto de vigia é necessário, em primeiro lugar, definir o alcance da visibilidade para cada zona (Brown & Davis, 1973). Apesar de a visibilidade não ser em regra igual em todas as direcções, na prática assume-

se essa igualdade, fazendo-se o mapeamento num determinado raio, que geralmente corresponde à distância máxima de visibilidade, tendo como centro o ponto de observação (Davis *et al.*, 1959). No entanto existe um inconveniente relevante, que é o facto de as distâncias médias ou máximas de visibilidade variarem extraordinariamente de local para local, sendo difícil fazer comparações e estabelecer paralelismos devido ao grande número de factores envolvidos.

a) Curvatura da Terra

A curvatura da Terra, apesar de muitas vezes não ser referida ou considerada, constitui um factor que provoca uma diminuição da visibilidade, e cujo efeito aumenta exponencialmente à medida que a distância de observação também aumenta.

John Hardy desenvolveu uma fórmula para avaliar a redução de altura de um objecto ou qualquer estrutura visível, em função da distância, devido à curvatura da Terra (Hebblethwaite, 1973 - citado em SGMA, 1998). Esta fórmula é descrita pela equação:

$$H = D^2 / 2 R,$$

em que a variável H representa a redução efectiva de altura para um objecto situado a uma distância D (distância do objecto ao observador), e onde R representa o raio da Terra.

A referida redução de visibilidade não é significativa para pequenas distâncias, mas torna-se importante considerá-la para distâncias maiores (SGMA, 1998). Na tabela 2 apresentam-se alguns valores que ilustram a importância deste factor sobre a diminuição efectiva da altura dos objectos.

Tabela 2. Efeito da curvatura da Terra e da refração atmosférica sobre a visibilidade (cálculo segundo a fórmula apresentada por SGMA, 1998).

DISTÂNCIA (km)	EFEITO DA CURVATURA DA TERRA (Redução em metros)	EFEITO DA REFRACÇÃO ATMOSFÉRICA (Aumento em metros)	EFEITO CONJUNTO DOS 2 FACTORES (Redução em metros)
1	0,08	0,01	0,07
10	7,8	1,1	6,7
30	70,6	9,9	60,7
50	196,1	27,5	168,7
100	784,4	109,8	674,6

b) Transparência da atmosfera

A transparência da atmosfera tem também uma grande importância sobre o alcance da visibilidade (Bruce, 1941; Brown & Davis, 1973; Chandler *et al.*, 1983; Ruiz, 2000).

A névoa, nevoeiro ou neblina, pode ser definido como um véu luminoso que obscurece objectos distantes, podendo reduzir grandemente a visibilidade. Este véu é provocado pela difusão, refacção e reflexão da luz pelas inúmeras partículas em suspensão na atmosfera entre o observador e o objecto distante para o qual está a olhar. Mesmo num dia claro, a atmosfera nunca está completamente limpa; esta contém concentrações variadas de pequenas partículas em suspensão de diversos tipos, tais como água, fumo, poeira, esporos de pólen de fungos e bactérias, as quais absorvem e espalham a luz, reduzindo a visibilidade. A quantidade de névoa nas áreas florestais ou rurais é determinada em grande parte pelas condições meteorológicas e pela densidade populacional (Byram & Jemison, 1948 – citado em Davis *et al.*, 1959).

O efeito da refacção da luz, que ocorre quando esta atravessa a atmosfera, provoca por outro lado um aumento aparente da altura dos objectos. Este aumento pode ser estimado através da utilização da seguinte fórmula:

$$H = K \times D^2 / R,$$

em que a variável H representa o aumento de altura para um objecto situado a uma distância D (distância do objecto ao observador), a variável K representa o coeficiente de refacção e R representa o raio da Terra (Hebblethwaite, 1973 - citado em SGMA, 1998). Pode constatar-se a importância relativa deste factor na tabela 2.

c) Dimensão da coluna de fumo

A distância máxima à qual um fumo pode ser visto depende da sua dimensão e características (Bruce, 1941; Brown & Davis, 1973). No estudo da visibilidade do fumo, nomeadamente para efeitos de planeamento, existe uma necessidade óbvia de estabelecer um padrão – tamanho mínimo do fogo a partir do qual este deveria ser detectado; com este objectivo são frequentemente usadas “velas de fumo” ou “fumigadores”, que emitem uma quantidade uniforme de fumo simulando um pequeno fogo de dimensão que deveria ser detectado a uma distância razoável (McArdle, 1936 – citado em Davis *et al.*, 1959; Bruce, 1941; Byram &

Jemison, 1948 – citado em Chandler *et al.*, 1983); por vezes queimam-se mesmo pequenas parcelas de terreno, tornando a simulação mais real. Estas técnicas são frequentemente utilizadas quando se testam postos de vigia.

As dimensões de um fumo padrão variam no entanto consoante a técnica e os autores; por exemplo, Brown & Davis (1973) referem que este é usualmente definido como o fumo emitido por um fogo de 50 m² em condições normais ou por um fogo de uma área menor em condições de maior acumulação de folhada/detritos florestais; segundo Davis *et al.* (1959), o fumo padrão normalmente usado é o que simula um fogo com uma área de aproximadamente 13 m². No entanto, há que ter em consideração que nas experiências práticas de visibilidade do fumo, é impossível produzir uma coluna de fumo sempre com o mesmo diâmetro, concentração e qualidade, variando também a visibilidade consoante outros factores, como as condições de vento e a transparência da atmosfera (Bruce, 1941). Os fumos artificiais, como o produzido pela vela de fumo, devido à falta de calor convectivo podem ser consideravelmente diferentes na forma, relativamente a uma coluna de fumo natural, e frequentemente não se eleva acima do topo das copas das árvores; porém são os mais convenientes e seguros de utilização, pelo que são frequentemente empregues nos testes de visibilidade (Brown & Davis, 1973). Em Portugal não conhecemos qualquer trabalho neste sentido.

3.1.2.2 A TOPOGRAFIA

A topografia, ou seja o facto de o terreno ser mais ou menos acidentado é um dos factores que podem condicionar a visibilidade de uma forma determinante. Diversos autores referem que a visibilidade em regiões montanhosas, com um relevo irregular, é consideravelmente menor do que em regiões planas (Davis *et al.*, 1959; Ruiz, 2000; FAO, 2001), o que é facilmente perceptível (ver exemplo na fig. 6).

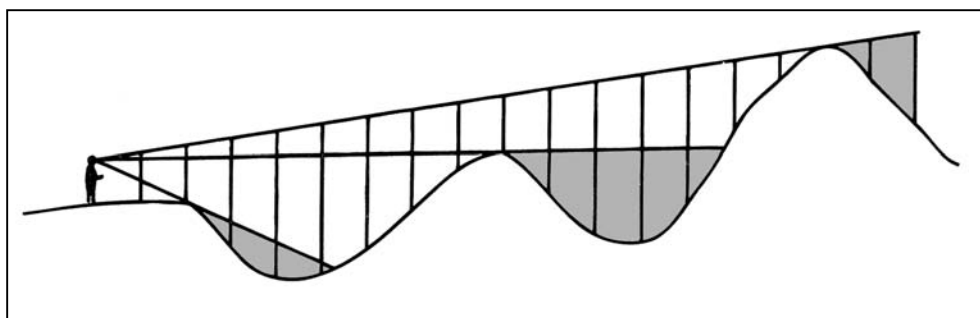


Figura 6. Representação esquemática das linhas de visão e das áreas visíveis, e áreas não visíveis (a cinzento) num terreno irregular (adaptado de Fisher, 1996a).

Verifica-se que o resultado da análise de visibilidade em SIG está intimamente relacionado com a topografia, e é geralmente extremamente sensível a variações, mesmo que pequenas, no modelo digital de terreno (MDT) de base utilizado (Fisher, 1996b; Nackaerts *et al.*, 1999).

O efeito da topografia reflecte-se nas distâncias de visibilidade e consequentemente na distância até à qual os postos de vigia conseguem efectuar a detecção dos fogos. Na comparação apresentada na figura 7, resultante de uma análise efectuada no decorrer deste trabalho, observa-se claramente a diferença existente entre as distâncias de detecção numa zona montanhosa, onde a visibilidade média é inferior, e numa zona mais plana.

O efeito da topografia será posteriormente aprofundado na descrição dos aspectos metodológicos.

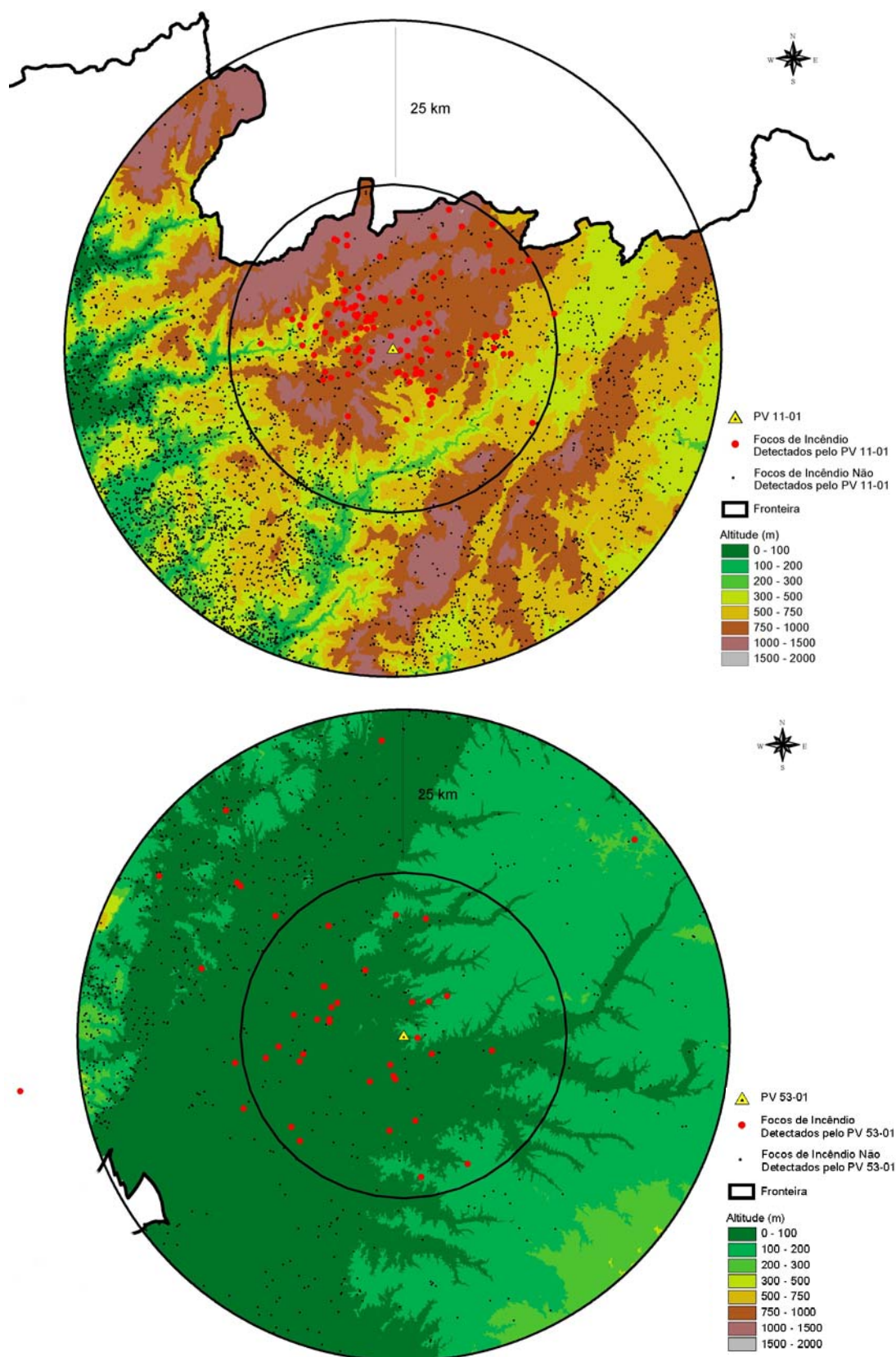


Figura 7. Focos de incêndio registados entre 2001 e 2003 num raio de 50 km em redor do posto de vigia 11-01, situado numa zona montanhosa (em cima), e do posto de vigia 53-01, situado numa zona plana (em baixo). Os fogos detectados pelo posto de vigia em causa estão assinalados a vermelho.

3.1.2.3 A OCUPAÇÃO DO SOLO

A existência de árvores ou de infra-estruturas de grande porte à superfície do terreno, e sobretudo se estas se encontrarem nas imediações do local de observação, vai inevitavelmente condicionar a visibilidade que se obtém a partir de um determinado local (Davis *et al.*, 1959), pelo que a visibilidade que se obtém a partir de uma análise baseada exclusivamente na informação altimétrica, é sempre potencial.

Quando na área de interesse para a análise da visibilidade existirem manchas de floresta ou construções de grande dimensão, é muito importante possuir cartografia actualizada que represente esses elementos com o máximo rigor possível, de modo a permitir a obtenção de resultados fiáveis. De outra forma, os resultados obtidos serão sempre sobrestimados.

Se o local de ignição não for directamente visível ao observador, a altura e a densidade do coberto florestal influenciam (tal como o vento), o tempo que decorre entre a deflagração do incêndio e a sua detecção (FAO, 2001).

A questão da obstrução à visibilidade será retomada posteriormente quando se tratar da avaliação da eficácia individual dos postos de vigia (Capítulo 5).

3.1.2.4 OUTROS FACTORES

a) Direcção da iluminação e contrastes

A distância de visibilidade é bastante afectada pela direcção da iluminação (McArdle, 1936; Buck, 1938; Bruce, 1941; Byram & Jemison, 1948— citados por Buck & Fons, 1936; Davis *et al.*, 1959). Para além da diferença óbvia entre o dia e a noite, a hora do dia determina a forma pela qual a luz é reflectida pelo fumo (Chandler *et al.*, 1983). Apesar de ser mais desagradável e cansativo para a vista do vigia inspeccionar uma paisagem com o sol à sua frente, a procura feita nestas condições parece ser mais eficaz (Ruiz, 2000; FAO, 2001). Em estudos já realizados, concluiu-se que se estivermos a observar em direcção ao sol, haverá maior probabilidade de ver um fumo se o fundo for o céu do que se o fundo for floresta; porém teremos uma situação inversa se o sol estiver atrás do observador (Byram & Jemison, 1948 - citados por Chandler *et al.*, 1983).

Um fumo é visível em grande parte devido ao contraste do seu brilho com o fundo adjacente, sendo que normalmente o fumo aparecerá mais brilhante do que o fundo. Verifica-se que quanto maior é o contraste, maior será a visibilidade (Bruce, 1941). Contrariamente à opinião popular, a distância máxima à qual pequenas colunas de fumo podem ser vistas, é mais influenciado pelo contraste em brilho entre o fumo e o seu fundo, do que pelo contraste de cor (McArdle, 1936 – citado em Davis *et al.*, 1959).

b) Vento

A visibilidade de um fumo proveniente de um fogo emergente é fortemente influenciada pela velocidade e direcção do vento, bem como pela sua turbulência (Bruce, 1941; Ruiz, 2000). Sobretudo na fase inicial de um incêndio, o vento tem tendência a deitar e a dispersar o fumo (FAO, 2001), podendo assim atrasar consideravelmente a sua detecção.

c) Factores relacionados com o observador

Existem diversos factores que não têm a ver com o meio ambiente, mas que dependem da pessoa que exerce as funções de vigilância. Entre esses factores destacam-se a acuidade visual do observador, a experiência, as técnicas de observação, a atenção e concentração, o estado de fadiga, etc. (Davis *et al.*, 1959; Chandler *et al.*, 1983; FAO, 2001). Uma vez que a detecção do fumo depende do olho humano, e que os indivíduos diferem na sua capacidade para distinguir pequenos objectos à distância, a eficácia de detecção durante a selecção dos vigias, deverá ser avaliada através de testes de visão específicos (Brown & Davis, 1973).

Por outro lado a experiência é extremamente importante na detecção. Um observador experiente detectará fogos que um observador inexperiente com a mesma visão não conseguirá detectar; um observador treinado sabe não só como olhar, mas também aquilo que procura e todas as associações de características como a cor, forma, luminosidade, movimento e contrastes (Davis *et al.*, 1959). As técnicas de observação também constituem um factor relevante. A perícia não depende de uma longa e continuada procura de fumos, mas antes numa rápida observação de perto para longe, para detectar qualquer pequena alteração na paisagem. Os treinos ajudam a desenvolver as técnicas de procura, mas a perícia depende da experiência (Brown & Davis, 1973).

3.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Nos aspectos metodológicos é feita referência à informação de base utilizada nas diversas análises e à descrição das diferentes abordagens para a elaboração de uma carta de visibilidades.

3.2.1 CARTOGRAFIA ESPECÍFICA DE BASE

Para efectuar uma análise de visibilidade é indispensável possuir a cartografia digital de base relativa à topografia do terreno e aos pontos de observação na área que se pretende analisar.

3.2.1.1 O MODELO DIGITAL DO TERRENO (MDT)

A informação topográfica a utilizar deverá ser introduzida no SIG na forma de um Modelo Digital de Terreno (MDT), podendo ser uma *Grid* (grelha de células) ou um *TIN* (*Triangulated Irregular Network*). O MDT de Portugal continental, utilizado como informação de base neste trabalho (fig. 3), tem como origem um modelo em formato raster, com uma resolução espacial aproximada de 90 metros (NASA *et al.*, 2004).

Este modelo altimétrico, baseado nos dados recolhidos durante a missão ‘*Shuttle Radar Topography Mission*’ (SRTM), resulta de um projecto conjunto de 4 instituições internacionais para gerar um MDT que abrange cerca de 80 % da superfície global do planeta Terra. Parte dos dados obtidos neste projecto, são disponibilizados de forma gratuita ao público. A informação encontra-se organizada em ficheiros raster (16-bit) e os valores de altitude estão em metros. Os dados originais não estão editados o que pode implicar por exemplo a existência de áreas sem dados, a existência de valores negativos, ou problemas de georeferenciação, entre outros (NASA *et al.*, 2004).

Com vista à eliminação ou redução de alguns destes problemas, procedeu-se à edição dos dados de forma a obter um produto final com maior qualidade. Após descarregar os ficheiros referentes a Portugal continental, utilizou-se o programa *3DEM* (Horne, 2004), para a produzir um mosaico que cobre todo o país. O passo seguinte consistiu na eliminação de áreas para as quais o satélite não recolheu informação altimétrica, sendo esta operação efectuada no programa *3DEM*, através da aplicação de uma interpolação linear, considerando uma vizinhança em cruz (4 vizinhos

adjacentes). De seguida, no programa *ArcGis* 8.3, procedeu-se à eliminação das áreas com valores de altitude negativos. Uma vez que estas se encontravam localizados apenas no litoral (linha de costa), todos os valores negativos foram reclassificados para o valor zero. Em seguida procedeu-se à transformação do MDT, do sistema de coordenadas geográficas (datum WGS84), para o sistema de coordenadas rectangulares Hayford-Gauss-Militar (datum Lisboa, elipsóide internacional de Hayford), escolhendo-se uma resolução final exacta de 90 m. Finalmente, procedeu-se à correcção da georeferenciação do MDT, usando como imagem de controlo um MDT com uma resolução espacial de 25 m. Neste processo utilizaram-se 60 pontos de controle (*GCP's*) e um polinómio de 2ª ordem. O erro (*RMS*) individual de cada ponto de controlo obtido foi inferior a 100 m, sendo o erro total da imagem de 58,6 m.

Para o cálculo das visibilidades, foi mantido no MDT um *buffer* de 40 km para além dos limites de Portugal continental, de modo a evitar erros de sobrestimação da área visível em zonas onde a linha de fronteira é irregular (“recortada”).

Análise dos resultados de visibilidade obtidos a partir de dois MDT com diferente resolução

Tendo em consideração que a resolução espacial do modelo digital do terreno utilizado para a análise da visibilidade é um dos factores que contribuem para a incerteza dos resultados obtidos (Fisher, 1995; Nackaerts *et al.*, 1999), procurou-se determinar qual o nível de coincidência entre a carta de visibilidade obtida a partir do MDT referido (NASA *et al.*, 2004), com a obtida a partir de um MDT com uma resolução de 25 m, produzido com base nas cartas de altimetria de Portugal continental, em formato vectorial e à escala 1:25000, com representação das curvas de nível a uma equidistância de 10 m, da autoria do Instituto Geográfico do Exército (IGeoE).

Para a comparação das duas cartas de visibilidade, obtidas através da mesma metodologia, mas tendo por base dois MDT com resolução espacial diferente (90 e 25 m), efectuaram-se as seguintes análises comparativas dos resultados de visibilidade obtidos a nível nacional:

- a) Comparação da percentagem de área total do território visível ou não visível pelos postos de vigia (de 0 a 15);
- b) Com base numa quadrícula de 1 km², que cobre toda a área de Portugal continental, determinaram-se os centroides de cada quadrícula. A cada um dos 89955 centroides (pontos) foi

atribuído um identificador único. Posteriormente estes pontos foram interceptados com cada uma das 2 cartas de visibilidade obtidas, tendo-se registado na tabela respectiva o número de postos de vigia (de 0 a 15) que têm visibilidade sobre esse ponto. Com base nesta informação, procedeu-se a uma análise estatística recorrendo ao programa SPSS (versão 11.0).

Seguidamente apresentam-se os resultados obtidos. Esta comparação foi inicialmente efectuada utilizando as percentagens do território não observadas (0 postos), as observadas por 1, 2, até 15 postos, conforme se apresenta na tabela 3.

Tabela 3. Comparação entre a percentagem de área do território nacional visível por 1 ou mais postos de vigia, nos dois MDT utilizados.

Resolução do MDT de Base	Percentagem de área do território visível por 0 a 15 postos de vigia															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
25 m	29,8	30,1	17,9	10,0	6,0	3,3	1,6	0,7	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
90 m	27,7	31,1	18,5	10,4	6,1	3,3	1,6	0,7	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A excelente correlação entre os resultados obtidos através da utilização dos dois tipos de informação de base, não demonstra a existência de qualquer diferença relevante entre os resultados das duas cartas (figura 8).

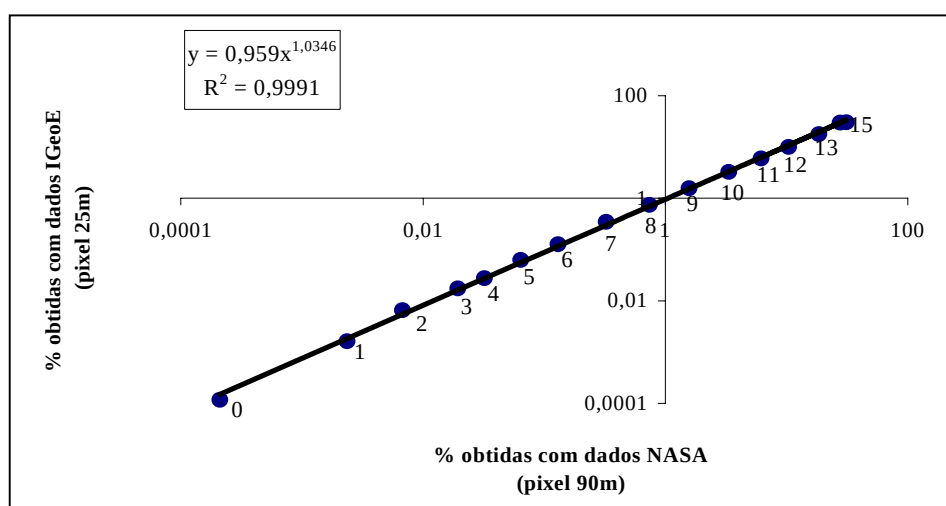


Figura 8. Comparação entre os resultados de visibilidade obtidos com dois tipos de informação altimétrica de base.

Paralelamente à anterior análise, procedeu-se a uma outra para avaliar a relação espacial entre os resultados das duas cartas de visibilidade, tendo por base uma amostragem aleatória constituída por 89955 pontos, distribuídos de forma regular por todo o território. Com base nos resultados do cruzamento destes pontos com as duas cartas de visibilidade, efectuou-se uma outra análise estatística (*crosstabulation*), no programa *SPSS*, obtendo-se os resultados que se apresentam na tabela 4.

Tabela 4. Comparação do grau de coincidência entre a classificação de visibilidade obtida a partir do MDT com uma resolução espacial de 90 m, coincide com a classificação obtida a partir do MDT com uma resolução de 25 m, baseado numa amostragem nacional de 89955 pontos.

Nº de PV com visibilidade		MDT com Resolução de 90 m					
		0	1	2	3	4	5 a 15
MDT com Resolução de 25 m	0	82.2 %	14.4	2.6	0.6	0.1	0.1
	1	12.4	75.1 %	10.0	1.8	0.5	0.3
	2	3.6	21.7	61.7 %	10.1	2.1	0.8
	3	1.9	7.9	24.8	50.7 %	11.5	3.2
	4	0.9	3.4	10.3	26.7	46.6 %	12.1
	5 a 15	0.5	1.6	3.5	8.8	18.7	67.0 %
Nº de Pontos Comparados		25.097	27.949	16.619	9.265	5.467	5.558

Da análise efectuada, verifica-se que a correlação entre os resultados de visibilidade obtidos com os dois MDT, é altamente significativa ($p < 0,001$) (o valor da correlação ordinal de *Spearman* é de 0,855). Ao nível global, considerando as 16 classes de visibilidade, a correspondência entre as classificações é de 70 %. Se considerarmos a correspondência entre a classificação de áreas visíveis e não visíveis, verificamos que mais de 82 % dos cerca de 90 mil pontos amostrados apresentam o mesmo valor nas duas cartas analisadas.

Verifica-se ainda que, a maioria dos pontos que têm um valor diferente na carta produzida com o MDT de 90 m, foram classificados nas classes imediatamente adjacentes (tabela 4), o que em parte poderá ser uma consequência do ligeiro desfasamento que existe entre os dois MDT.

Considerando tudo aquilo que foi anteriormente exposto, poder-se-á considerar que os resultados obtidos com o MDT de base que apresenta uma resolução de 90 m são bastante satisfatórios. É

ainda de salientar a vantagem que a utilização deste MDT representa, pelo facto de tornar todo o processo informático de cálculo das visibilidades extraordinariamente mais rápido e expedito.

A título de exemplo apresenta-se na figura 9, extractos das duas cartas de visibilidade obtidas e que foram utilizadas nas análises descritas.

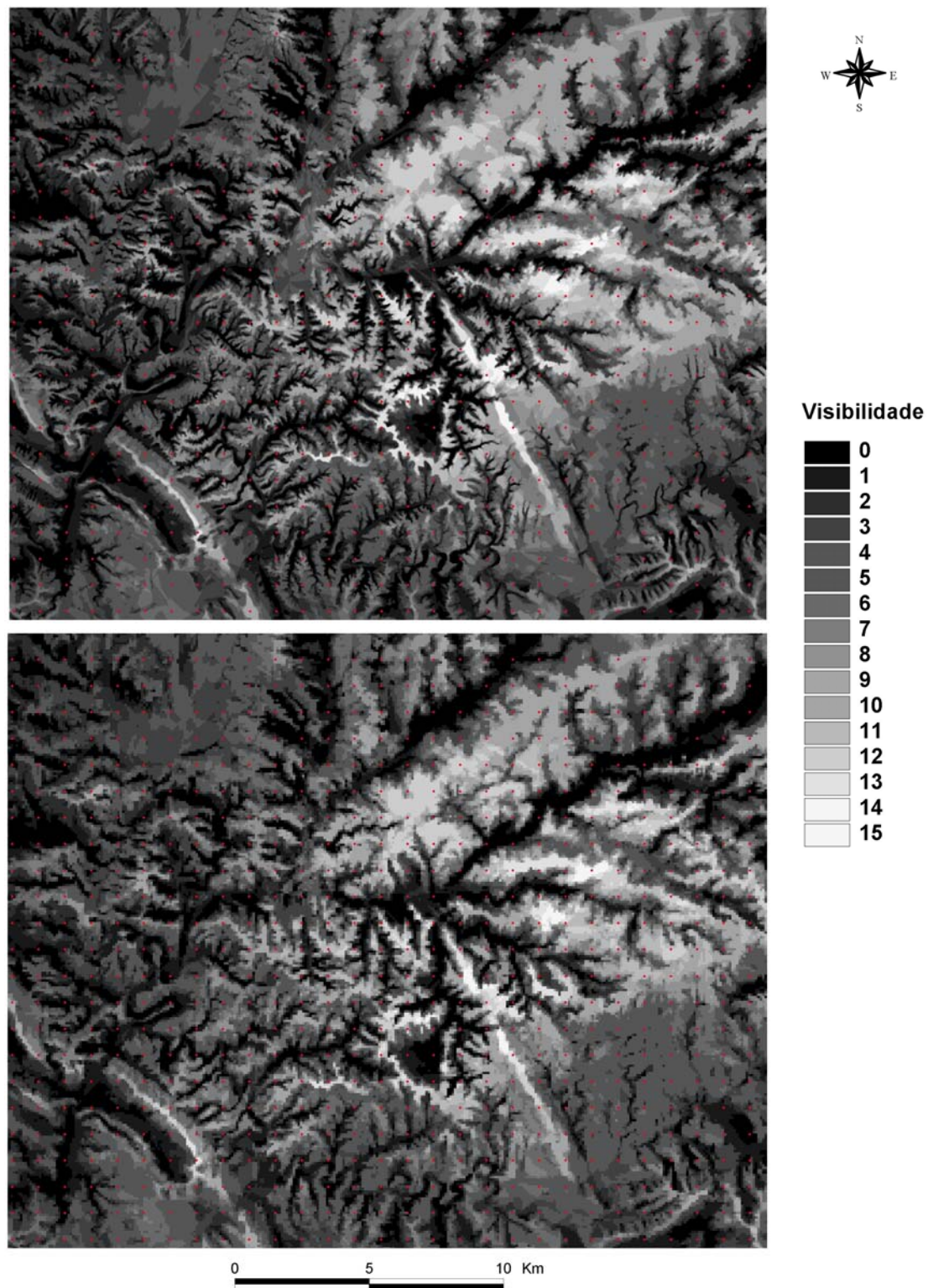


Figura 9. Comparação entre as duas cartas de visibilidade obtidas através de um MDT com uma resolução espacial de 25 m (em cima) e de um MDT com 90 m (em baixo), e representação da grelha de pontos de amostragem utilizados na análise estatística (a vermelho). A visibilidade é representada em termos do número de postos de vigia que observam o local.

3.2.1.2 OS PONTOS DE OBSERVAÇÃO

Para identificar as áreas visíveis e não visíveis a partir da RNPV, é também indispensável conhecer a localização geográfica e a altura das plataformas de observação dos postos de vigia que integram esta Rede Nacional de vigilância. Para tal foi utilizada a informação recolhida no âmbito deste projecto e já referida no capítulo 2. O mapa com a localização geográfica dos locais de observação é um ficheiro de pontos em formato vectorial, em que cada ponto corresponde a um posto de vigia.

3.2.2 BASES DE DADOS DAS DETECÇÕES

Para este trabalho, optou-se por proceder a uma análise da informação existente em duas bases de dados relativas às detecções de focos de incêndio entre 2001 e 2003, compiladas pelos serviços florestais regionais do Ministério da Agricultura, Pescas e Florestas, e disponibilizadas pela DGRF.

Uma primeira base de dados contém as localizações iniciais aproximadas (coordenadas x, y) dos focos de incêndio que foram registados pelos postos de vigia nos anos de 2001, 2002 e 2003. Esta base de dados contém também a indicação do posto de vigia que efectuou a observação tornando possível determinar quais as visadas efectuadas por cada posto de vigia, e permitindo assim estimar a distância a que o foco de incêndio se encontrava desse posto no momento em que foi visto pelo observador.

Assim, para uma primeira fase da análise foram utilizadas localizações aproximadas de 18623 comunicações (visadas) de focos de incêndio observados, entre 2001 e 2003, por 224 dos 237 postos de vigia que à data integravam a RNPV (13 postos de vigia não comunicaram qualquer detecção nesse período), para determinar as distâncias entre os postos de vigia e os focos de incêndio. O número total de visadas é superior ao número de detecções feitas pelo conjunto da Rede Nacional de Postos de Vigia (RNPV) já que em muitos casos diversos postos de vigia comunicaram a localização do mesmo foco de incêndio. A distribuição pelos três anos do número total de visadas consideradas na análise é apresentada na tabela 5.

Tabela 5. Número total de visadas efectuadas pelos postos de vigia e número total de focos de incêndio ao longo dos anos de 2001, 2002 e 2003.

Ano	Número total de visadas efectuadas pelos Postos de Vigia	Número total de focos de Incêndio
2001	6711	26944
2002	6168	26488
2003	5744	26196

Posteriormente, estas distâncias foram utilizadas para tentar determinar se seria justificável considerar diferentes grupos de postos de vigia, consoante o seu alcance visual e a sua localização geográfica no território continental.

Uma segunda base de dados consistia nas localizações iniciais aproximadas dos focos de incêndio registados por todos os sistemas de vigilância/detecção nos anos de 2001, 2002 e 2003. Foram disponibilizados para este estudo os registos de 75571 ocorrências correspondentes a 94.9 % das 79628 ocorrências registadas neste período (tabela 5).

Deste conjunto de 75571 focos com localização registada sabe-se que 10565 foram detectados em primeiro lugar pela Rede Nacional de Postos de Vigia. Esta informação é de grande importância já que permite avaliar de que modo as cartas de visibilidade produzidas poderão de facto corresponder a diferentes probabilidades de detecção pela rede. Para essa análise procedeu-se ao estabelecimento de classes de visibilidade a partir dos métodos adoptados e averiguou-se por regressão se a essas diferentes classes estabelecidas correspondiam também diferentes probabilidades de detecção pela rede.

A análise da Visibilidade e Determinação do Grau de Cobertura da RNPV

Três opções distintas foram seleccionadas para produção de cartas de visibilidades. Cada uma destas opções deu origem a cartas diferenciadas em função dos critérios que estiveram subjacentes à sua elaboração. Estes critérios baseiam-se em metodologias diferentes (atribuição de raios ou funções de visibilidade, altura da coluna de fumo fixa ou variável), que valorizam de forma diferente as variáveis consideradas (distância e topografia). As cartas produzidas com base em cada um destes critérios foram utilizadas na elaboração da carta-síntese de visibilidade/cobertura.

3.2.2.1 MÉTODO I – GRAU DE OBERTURA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE POSTOS DE VIGIA QUE OBSERVAM CADA LOCAL

Nesta primeira opção, adoptou-se a abordagem actualmente mais utilizada para o cálculo de visibilidades, recorrendo a um Sistema de Informação Geográfica (SIG). No processo de mapeamento das áreas visíveis e não visíveis a partir de uma determinada localização, o algoritmo de visibilidade binária no qual a maior parte dos SIG se baseia, consiste no seguinte (Fisher, 1996a):

1) O primeiro passo para determinar a visibilidade de um ponto, consiste na definição da área de interesse do MDT e na identificação de um ponto de observação que em geral (mas não necessariamente), se encontra nessa área do terreno e a uma dada altura acima do solo;

2) Num segundo passo, cada ponto no MDT é tratado como um ponto alvo, sendo determinada a orientação e a inclinação da linha de visão entre este e o ponto de observação. Em seguida, são comparadas as altitudes em vários pontos ao longo da linha de visão com as altitudes dos pontos obtidos a partir do MDT. Se algum dos pontos obtidos for superior à altitude correspondente na linha de visão, então o ponto alvo não é visível a partir do ponto de observação; se por outro lado as altitudes nunca forem superiores, então o ponto é visível.

A análise de visibilidade no programa *ArcInfo Workstation*

Os cálculos para a determinação das áreas visíveis foram efectuados com recurso ao programa *ArcInfo* (ESRI, 2002). Neste programa, a análise de visibilidade está disponível na aplicação *GRID*, através da função ‘*Visibility*’. Este comando executa uma análise sobre um MDT, determinando quais os pixels que podem ser vistos por cada ponto de observação. O resultado desta operação é uma carta de visibilidade, que identifica o número de postos de vigia que estão em condições de detectar um foco de incêndio que ocorra num determinado local.

Parâmetros de controle da análise de visibilidade

Existem nove parâmetros que podem ser definidos pelo utilizador para especificar o modo como se processará a análise da visibilidade, bastando para isso adicionar novos campos à tabela de atributos do tema de pontos de observação, podendo cada registo ter diferentes valores para cada um destes parâmetros. Uma vez adicionados, estes campos são automaticamente usados quando se executa a análise de visibilidade; se estes não forem definidos, são utilizados os valores por defeito definidos pelo programa. Seguidamente apresentam-se os valores utilizados:

a) *Spot* – Especifica a altitude da superfície para os pontos de observação. Se este parâmetro não for definido na tabela do tema de pontos, a altitude da superfície para os pontos de observação é determinada a partir do MDT de base usando uma interpolação cruzada. Se o parâmetro for definido, estes valores são usados como sendo a altitude dos pontos de observação. Neste caso, utilizaram-se os valores de altitude do MDT;

b) *OffsetA* - Indica a distância vertical a ser adicionada ao valor de *spot* do ponto de observação. O seu valor por defeito é 1. Os valores utilizados para definir a altura de observação foram determinados para cada posto de vigia da seguinte forma:

$$OffsetA = H_{PV} + H_{obs},$$

sendo H_{PV} definido como a altura da plataforma de cada posto de vigia (variável consoante cada posto de vigia), e sendo H_{obs} a altura média de observação de uma pessoa, aqui considerado como 1,6 m (USDHHS, 2002);

c) *OffsetB* - O valor deste parâmetro é adicionado a cada célula no momento em que se está a avaliar a sua visibilidade; as células existentes entre o observador e a célula a avaliar ficam com o valor de altitude normal, ou seja, estamos a aumentar a visibilidade de cada célula em avaliação, uma vez que esta fica mais elevada em relação às restantes. O seu valor por defeito é 0. No estudo que aqui se apresenta foi usado um valor de 10 m, tendo a escolha deste valor sido baseada na altura da coluna de fumo a partir da qual se considera aceitável que a detecção de um foco de incêndio possa ser efectuada, tentando garantir que o fogo se encontra ainda numa fase inicial e não alcançou ainda grandes dimensões (ver discussão na pág. 32);

d) *Azimuth1* - Especifica o limite inferior do ângulo horizontal de visão (entre 0 e 360 graus). A análise é feita segundo o sentido dos ponteiros do relógio, do *azimuth1* para o *azimuth2*. Neste caso foi usado o seu valor por defeito, que é de 0°.

e) *Azimuth2* - Especifica o limite superior do ângulo horizontal de visão (entre 0 e 360 graus). Neste caso foi usado o seu valor por defeito, que é de 360°.

f) *Vert1* - Especifica o limite superior do ângulo vertical de visão, acima do plano horizontal. O plano horizontal (0°) é definido pelo valor de Z do ponto de observação, mais o valor de *OffsetA*. Neste caso utilizou-se o seu valor por defeito que é 90°.

g) *Vert2* - Especifica o limite inferior do ângulo vertical de visão, abaixo do plano horizontal. Utilizou-se o seu valor por defeito que é -90°.

h) *Radius1* - Especifica o limite inferior da distância a pesquisar, ou seja, o raio de distância para o qual se pretende fazer a análise de visibilidade, tendo como centro o ponto de observação. Utilizou-se o seu valor por defeito que é 0.

i) *Radius2* - Este parâmetro especifica o limite superior da distância a pesquisar, ou seja, o raio de distância para o qual se pretende fazer a análise de visibilidade, tendo como centro o posto de vigia. O seu valor por defeito é o infinito. Para as cartas de visibilidades produzidas neste trabalho, utilizaram-se 6 raios diferentes, entre 22 e 35 km, em função da localização geográfica de cada posto de vigia, como adiante se explicará (ver pág. 33).

A influência da altura de observação, dos pontos alvo, e do raio de visibilidade

Na análise de visibilidade em SIG (nomeadamente no *software* da *ESRI*), existem três parâmetros particularmente importantes, designados por *OffsetA*, *OffsetB* e *Radius2*; estes parâmetros podem ter uma influência decisiva sobre os resultados da análise de visibilidade obtidos, pelo que se torna importante ponderar bem a sua utilização. De seguida faz-se uma breve referência à sua importância, justificando-se os valores utilizados neste trabalho.

Altura de observação (*OffsetA*)

A altura de observação do posto de vigia tem pouca influência sobre a visibilidade de áreas distantes quando o terreno é acidentado, mas pode ser determinante para as zonas situadas mais perto dos postos de vigia; a altura de observação também poderá ser decisiva em regiões planas ou em locais onde existam árvores nas imediações do posto de vigia (FAO, 2001).

Em vários testes de visibilidade efectuados num raio de 15 km em torno de alguns postos de vigia do território nacional (Catry, 2002) fez-se variar a altura de observação entre os 0 e os 40 m, com intervalos 5 m, e manteve-se o *OffsetB* constante (0 m). Os resultados obtidos mostraram que, em termos percentuais, a maior variação na visibilidade ocorre entre os 0 e os 5 m, correspondendo a um aumento de cerca de 22 % da área visível; entre os 5 e os 10 m o aumento passa a ser de 8 %, e a partir dos 10 m esse aumento é cada vez menor, sendo que a partir dos 15 m é já inferior a 1 %. Estes resultados parecem indicar que a visibilidade de um posto de vigia é bastante afectada se variarmos a altura de observação entre 0 e 10 m, mas que será muito pouco afectada se a plataforma tiver uma altura superior a 15 m. Estes resultados deverão ser observados com precaução, uma vez que as condições de visibilidade variam consideravelmente consoante os locais, no entanto permitem ter uma ideia da importância da utilização de valores rigorosos para definir a altura das plataformas de observação.

Altura dos pontos alvo (*OffsetB*)

Na maior parte dos programas de SIG que efectuam o cálculo da visibilidade, existe a possibilidade de manipular a altura dos pontos alvo, ou seja a altura do ponto em observação. O valor de *OffsetB* utilizado por defeito pelo programa *ArcView* e *ArcInfo* é de 0 m, o que corresponde a assumir que apenas os objectos situados ao mesmo nível da superfície do terreno são visíveis. No entanto, para efeitos de vigilância contra incêndios florestais, a utilização de uma altura zero não será a opção mais apropriada devido à constatação de que muitos fogos são detectados em áreas que não são directamente visíveis ou seja, mesmo que as chamas não sejam visíveis o fumo pode ser observado, sendo por isso aceitável considerar alguma altura de *OffsetB* (Davis *et al.*, 1959; Mees, 1978 - citado em Fisher, 1996c). Esta questão da detecção está ilustrada na figura 10.

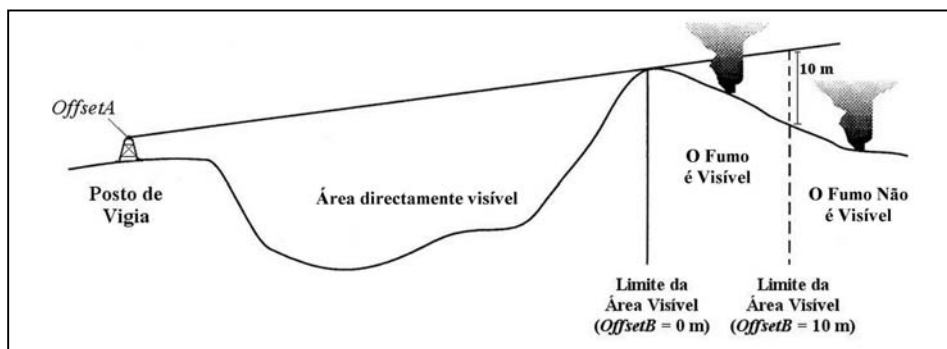


Figura 10. Representação esquemática da existência de áreas que não são directamente visíveis, mas onde um fogo será provavelmente detectado (esquema adaptado de Fisher, 1996c).

Por outro lado a importância crucial de que a detecção seja efectuada enquanto o fogo tem pequenas dimensões leva a que não se devam considerar valores de *OffsetB* muito elevados pois isso corresponde a aceitar que a detecção possa ser atrasada por tempo indeterminado, sobretudo em condições de vento ou de inversão térmica (Bruce, 1941; Mees, 1978 - citado em Fisher, 1996c; Trejo, 1996; FAO, 2001), ou ainda nos casos em que a detecção apenas pode ser feita pela observação directa das chamas (ou da luz que estas irradiam), como acontece normalmente na detecção nocturna.

Com o objectivo de avaliar a influência deste parâmetro sobre a visibilidade, Catry (2002) efectuou diversos testes, tendo sido produzidas três cartas nacionais de visibilidade, com três valores diferentes de *OffsetB*: 0, 10 e 20 m. Os resultados obtidos mostram que pequenas variações na altura dos pontos alvo, podem originar grandes diferenças nos resultados de visibilidade obtidos. Nesta análise efectuada a nível nacional, a área total visível passou de aproximadamente 51 % para 80 %, ao variar o *OffsetB* de 0 para 20 m. Verifica-se ainda que as maiores diferenças ocorrem entre os 0 e os 10 m, correspondendo a um aumento de cerca de 21 % na área total visível. Apesar de não terem sido efectuadas comparações entre postos de vigia, compreende-se que estas diferenças serão certamente bastante mais acentuadas em regiões montanhosas do que em regiões planas. A análise dos resultados obtidos a nível nacional permite afirmar que este parâmetro tem uma influência decisiva sobre a visibilidade, pelo que a decisão relativa à escolha do seu valor deverá ser cuidadosamente ponderada.

Raios de visibilidade (*Radius 2*)

Como foi referido anteriormente, para produzir um mapa de visibilidades é necessário definir o raio de visibilidade de cada posto de vigia. No entanto, os raios de visibilidade variam extraordinariamente em função das regiões e dos diversos factores a elas associados, tais como a transparência da atmosfera, contrastes e topografia, entre outros (Buck, 1938; Bruce, 1941; Chandler *et al.*, 1983; FAO, 2001). Diversos autores têm vindo a sugerir a utilização de raios de visibilidade para diferentes regiões ou países, e que variam de 6 a 40 km (Brown & Davis, 1973; Davis *et al.*, 1959; Chandler *et al.*, 1983; Ruiz, 2000; FAO, 2001). Devido a estas variações na visibilidade e ao facto de não existirem outros estudos relativos ao alcance da visibilidade nos postos de vigia portugueses, optou-se por utilizar os valores apresentados por Catry *et al.* (2004), obtidos a partir de 9434 registos de focos de incêndio efectuados em 2001 por 207 postos de vigia. Este estudo revelou que, a nível nacional, 95 % das observações foram efectuadas até uma distância de 28 km, tendo-se verificado, no entanto, a existência de grandes diferenças nas distâncias de visibilidade consoante o local onde os postos de vigia estão instalados. Houve assim a preocupação de tentar determinar se seria possível identificar algumas variáveis que permitissem explicar aquela variação regional. Com base nas análises efectuadas e nos resultados obtidos, foram estabelecidos 6 raios de visibilidade em função de factores como a rugosidade do terreno na zona em que o posto de vigia se situa e da continentalidade da sua localização (ver tabela 6).

Tabela 6. Raios de visibilidade médios dos postos de vigia para as combinações dos factores rugosidade do terreno e continentalidade (Catry *et al.* 2004).

Continentalidade	Rugosidade do terreno		
	Maior	Média	Menor
Litoral	22 km	24 km	28 km
Interior	25 km	29 km	35 km

Uma das conclusões retiradas desta análise foi a de que o alcance de visibilidade é superior nas zonas mais planas, relativamente às zonas com um relevo mais irregular, pelo que o raio de visibilidade a utilizar deverá ser superior em regiões planas. Este facto deverá estar directamente relacionado com as condições atmosféricas, como a ocorrência de névoas, que frequentemente se verifica em zonas montanhosas. Diversos autores referem o facto de a visibilidade ser afectada

pelo relevo (Davis *et al.*, 1959, Brown & Davis, 1973, FAO, 2001), sem no entanto referirem especificamente a influência do relevo sobre a distância de visibilidade; porém esta referência é mencionada em Ruiz (2000), que sugere a utilização de um raio de 20 km no caso de o terreno ser plano e de 10 km se este for acidentado.

Por outro lado, os resultados obtidos mostram que o alcance da visibilidade é maior no interior do que no litoral; neste caso já não foi encontrada bibliografia que fizesse referência explícita a esta situação. No entanto, em resultado de uma pesquisa efectuada por Catry (2002) a alguns dados sobre visibilidade recolhidos os dados das estações meteorológicas de Lisboa, Porto e Évora, referentes aos meses de Junho a Setembro (INMG, 1992), verificou-se a distância de visibilidade na região de Évora (situada no interior) é claramente superior relativamente às restantes. Ainda relativamente a este assunto, uma das referências que é feita na bibliografia, diz respeito ao grau de transparência da atmosfera, que é influenciada nomeadamente pelas condições meteorológicas e pela densidade populacional existente; segundo Davis *et al.* (1959), a diferença de visibilidade que se constatou num estudo realizado em 5 regiões dos EUA, e que variou entre 9 e 18 km, é causada em grande parte por diferenças na densidade populacional e actividade industrial. O facto de em Portugal as zonas com maior densidade populacional e industrial se situarem predominantemente no litoral, poderá eventualmente ter alguma relação com a menor visibilidade verificada nestas regiões.

Correcção da curvatura da Terra e da refacção atmosférica

A função ‘*Visibility*’ permite corrigir os efeitos da curvatura da Terra e da refacção da luz ao atravessar a atmosfera. Estas correcções são efectuadas quando a opção ‘*Full*’ do comando ‘*ProjectCompare*’ no módulo *ARC* estiver definida. Adicionalmente as unidades dos ficheiros deverão estar em metros. Para a produção das cartas de visibilidade referidas, estas correcções foram efectuadas.

A equação usada para a correcção dos dois efeitos é:

$$Z_{Actual} = Z_{MDT} - 0.87 \times (D^2/DT)$$

Onde *D* é a distância planimétrica entre o ponto de observação e o ponto observado, e *DT* é o diâmetro da Terra. O valor usado para definir o diâmetro da Terra é de 12.740.000 metros (ESRI, 2002).

3.2.2.2 MÉTODO II – GRAU DE COBERTURA EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA

No segundo modo de abordagem, em vez da utilização de raios de visibilidade em que a probabilidade de detecção é constante, adoptou-se o conceito de função de visibilidade, em que a probabilidade de detecção vai decrescendo gradualmente com a distância. O efeito da distância pode ser modelado de uma forma análoga à que tem sido abundantemente utilizada na detecção de outro tipo de objectos, sobretudo animais (Buckland *et al.* 1993, 2001). Neste trabalho procedeu-se à utilização pioneira deste modo de abordagem para a detecção de focos de incêndio.

A evidência de que a relação entre o número de focos de incêndio detectados pelos postos de vigia e a distância à qual esses focos se encontram do observador poderia ser expressa por uma função contínua foi já proposta por Catry (2002). De facto, numa análise a nível nacional com base nos dados de 2001, observou-se uma relação contínua não-linear entre a distância e o número de focos por unidade de área (km²), que pode ser linearizada através de uma transformação logarítmica (figura 11).

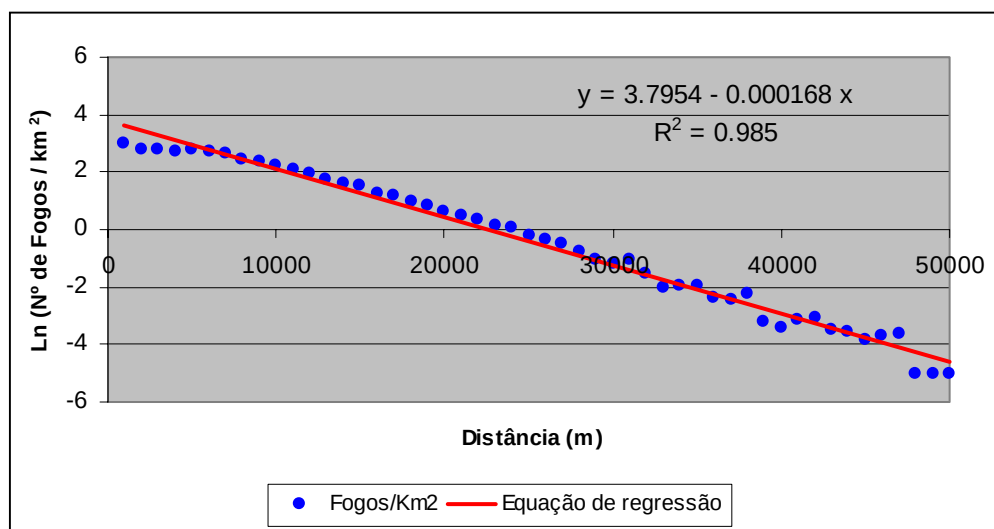


Figura 11. Regressão linear entre o logaritmo natural do número de fogos observado por km² pelos postos de vigia em 2001 e a distância (m) à qual foram detectados (Catry, 2002).

Neste segundo método de abordagem, baseou-se a análise nas distâncias entre cada posto de vigia e as localizações dos focos de incêndio por ele detectados, independentemente de serem ou

não primeiras detecções. A análise destes conjuntos de dados de distâncias permitiu detectar que elas seguiam um padrão de distribuição de frequências log-normal, havendo no entanto diferenças importantes entre os postos de vigia, nomeadamente em relação aos parâmetros de localização, correspondentes às médias geométricas das distâncias observadas para cada posto. Criaram-se então duas classes igualmente repartidas, correspondentes a postos com observações a menor distância e a maior distância (menor ou maior visibilidade). Feita esta distinção pode verificar-se a distribuição geográfica dos postos de vigia das duas classes pela observação da figura 12.

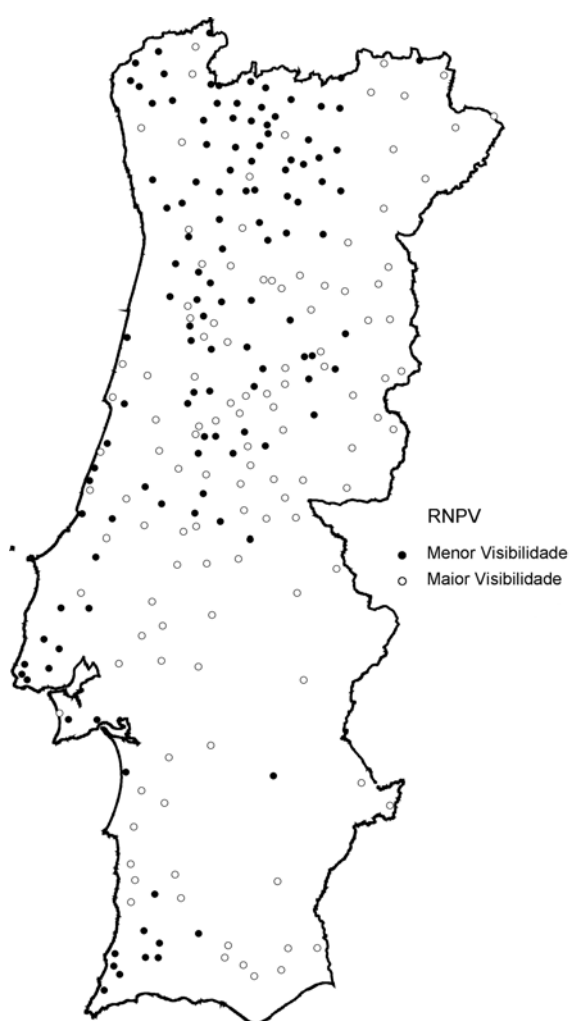


Figura 12. Distribuição geográfica das duas classes de postos de vigia em função da distância de visibilidade.

A interpretação deste padrão poderá ser explicada por factores como a orografia ou a diferente visibilidade das colunas de fumo associadas à maior poluição no litoral e/ou a uma influência negativa do ar marítimo.

Mas interessa para esta análise que a informação obtida para cada posto de vigia seja transformada numa função de probabilidade de detecção que nos indique, para cada ponto num raio máximo de distância ao posto (fixado neste estudo de forma conservadora em 50 km), a probabilidade de que um foco de incêndio que aí ocorra seja detectado por aquele posto de vigia.

Para isso recorreremos a metodologias já utilizadas noutros campos da ciência em que o mesmo problema se coloca, utilizando o programa *DISTANCE* (versão 4.0) elaborado e descrito por Thomas *et al.* (2002). A equação geral seleccionada foi do tipo:

$$FD = \exp [- y^2 / (2 a_1^2)] [1 + a_2 \cos (2\pi y/w)] / (1 + a_2)$$

em que:

FD é o Factor Distância, (probabilidade de detecção do foco em função da distância ao posto),

y é a distância entre foco de incêndio e posto de vigia (m),

a_1 e a_2 são parâmetros de ajustamento, e

w é a distância limite de detecção aqui fixada em 50000 m.

Para as detecções de todos os postos de vigia obtivemos: $a_1 = 12670,9$ m e $a_2 = 0,485$.

Esta função pode ser visualizada na figura 13. O gráfico apresenta uma probabilidade de detecção de 1 para uma distância 0 (pressuposto do modelo), decrescendo essa probabilidade com a distância.

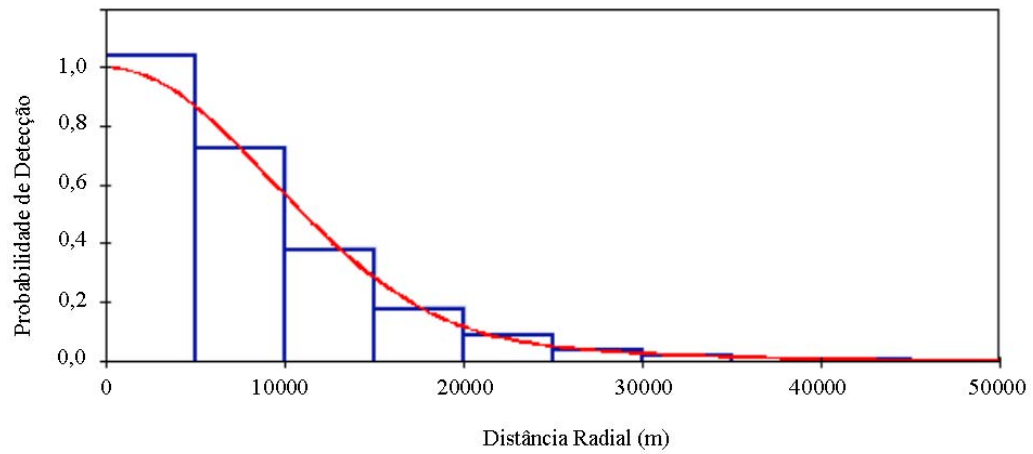


Figura 13. Probabilidade de detecção em função da distância (FD) para o conjunto de postos de vigia que integram a Rede Nacional de Postos de Vigia.

Foram em seguida estabelecidas duas funções distância, representadas na figura 14, correspondentes aos dois grupos de postos de vigia identificados anteriormente.

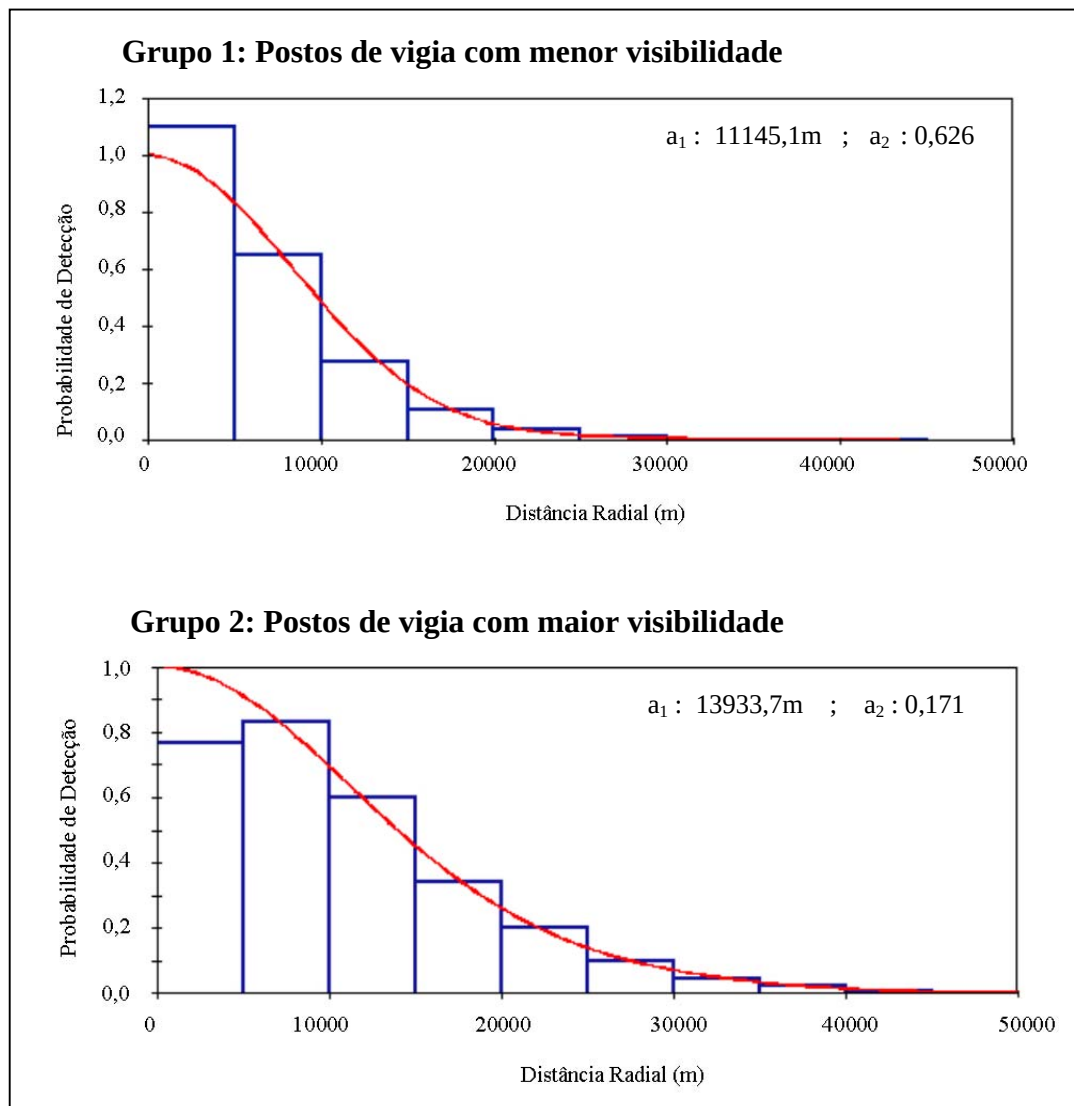


Figura 14. Probabilidades de detecção em função da distância (FD) para os Grupos 1 e 2 (menor e maior visibilidade) de postos de vigia que integram a RNPV.

Aplicando os modelos obtidos a todo o território continental, e atribuindo a cada ponto (pixel de 90 m x 90 m) o valor máximo das probabilidades de detecção obtidas em relação a todos os postos de vigia num raio de 50 km à sua volta, obteve-se a distribuição geográfica da probabilidade de detecção em função da distância, que constitui uma aproximação quantitativa (FD-Factor Distância) da cobertura da Rede Nacional de Postos de Vigia.

3.2.2.3 MÉTODO III – GRAU DE COBERTURA EM FUNÇÃO DA ALTURA DA COLUNA DE FUMO A PARTIR DA QUAL O FOGO PODE SER DETECTADO PELA RNPV

A terceira abordagem proposta combina de uma forma diferente os factores topografia e distância, considerando alguns dos princípios físicos básicos associados à detectabilidade da coluna de fumo.

A topografia é considerada directamente na determinação da altura da coluna de fumo necessária para vencer o obstáculo da topografia entre o foco de incêndio e o observador situado no posto de vigia. Esta altura (*OffsetB*) corresponde à dimensão da coluna de fumo não visível (fig. 15).

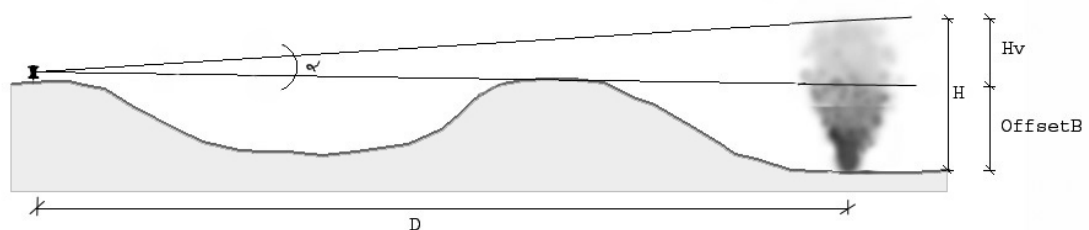


Figura 15. Representação esquemática da utilização do conceito de altura de coluna de fumo detectável (H).

A distância é também aqui considerada a partir da sua influência sobre o ângulo mínimo de detecção (α). De facto o triângulo (simplificadamente representado como rectângulo) tendo por base a distância entre o foco de incêndio e o posto de vigia (D) e como altura a coluna de fumo visível (H_v), permite que se escreva:

$$\operatorname{tg}(\alpha) = H_v / D$$

ou seja:

$$H_v = D \operatorname{tg}(\alpha)$$

A determinação de α pode fazer-se de diversas formas. O modo mais objectivo é o de fixar α a partir dos princípios da óptica. E neste caso, se nos basearmos nos testes clínicos de acuidade visual para o reconhecimento de objectos como os das letras de *Snellen*, teremos que corresponde a uma acuidade visual de 6/6 um objecto (letra) constituído por 5 elementos (linhas)

cada uma com um arco de 1 minuto, limite que é designado como o ângulo mínimo de resolução. Este limite de 5 minutos como o ângulo correspondente à altura mínima da coluna de fumo visível identificável foi aqui adoptado. Será portanto:

$$H_v = 0,001454 D$$

Esta relação corresponde a uma altura da coluna de fumo de 10 m a uma distância de aproximadamente 7000 m.

Com base nas considerações anteriores pode calcular-se uma altura total da coluna de fumo detectável (H) como sendo a soma das alturas anteriores, isto é:

$$H = OffsetB + H_v = OffsetB + 0,001454 D$$

Esta altura total detectável assume uma transparência total do ar e deverá por isso ser encarada como um valor subestimado, em particular em zonas do litoral e montanhosas mais atreitas a neblinas.

De qualquer forma esta é uma abordagem que permite, de um modo simplificado e baseado em processos físicos conhecidos, obter uma medida combinada dos efeitos da distância e da topografia. Esta medida pode ser utilizada para calcular, em cada ponto da quadrícula 90 m x 90 m, o valor mínimo de H para todos os postos de vigia situados até uma distância de 50 km. Recorde-se que este foi também o limite máximo utilizado na análise dos dados de distâncias.

O valor de H foi calculado efectuando um varrimento angular em torno de cada posto de vigia, com um espaçamento de 0,05 graus, correspondente a uma resolução de meio pixel (45 m) a uma distância de 50 km. Cada linha foi percorrida pixel a pixel partindo do posto de vigia, sendo calculado em cada ponto o ângulo em relação à horizontal da recta que passa pelo posto de vigia e por esse ponto. Conhecendo-se esse ângulo, β , e o ângulo máximo encontrado até ao ponto em causa, β_{max} , bem como a distância (D) ao posto de vigia (fig. 16), é possível calcular o *OffsetB* pela expressão seguinte:

$$\text{OffsetB} = D \cdot (\text{tg}(\beta_{\max}) - \text{tg}(\beta))$$

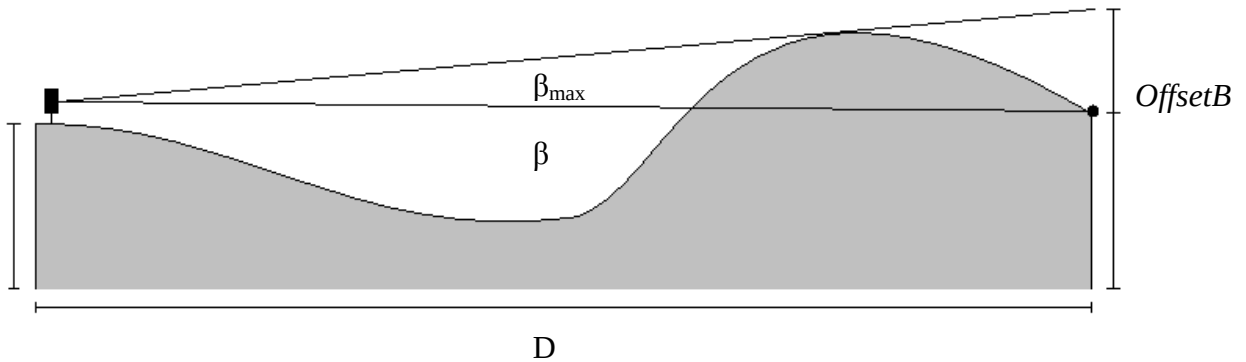


Figura 16. Representação esquemática do método de cálculo do parâmetro *OffsetB* de um ponto.

A partir do *OffsetB* é possível determinar o valor de H , com base na expressão já apresentada.

Com o valor mínimo de H , obtido para cada ponto, produziu-se o mapa das alturas totais das colunas de fumo detectáveis para todo o território continental.

A grande vantagem deste método é o de produzir uma medida que é na prática independente de funções ou de distâncias limite de detecção determinadas estatisticamente (como foram as abordagens anteriores), o que lhe conferirá um maior grau de universalidade.

Por outro lado esta abordagem, resultando numa medida que tem um significado físico (altura da coluna de fumo), permitirá a sua tradução em medidas de tempo quando se aplicarem as leis físicas da ascensão da coluna de fumo.

3.3 RESULTADOS

Relativamente às análises de visibilidade efectuadas, conclui-se que esta é superior nos postos de vigia localizados em zonas mais planas, relativamente às zonas com um relevo mais irregular, corroborando os resultados obtidos por diversos autores, como é o caso de Ruiz (2000), que sugere a utilização de um raio de 20 km no caso de o terreno ser plano e de 10 km se este for acidentado. Por outro lado, os resultados que sugerem que a visibilidade é influenciada pela continentalidade, estão em acordo com alguns dos aspectos já referidos na metodologia, em que se concluía que a visibilidade para a região de Évora era francamente superior às observadas em Lisboa ou no Porto. Também Davis *et al.* (1959), num estudo realizado em 5 regiões dos EUA, tinha já verificado variações de visibilidade entre 9 e 18 km causadas em grande parte por diferenças na densidade populacional e actividade industrial.

Os resultados resultantes das três abordagens alternativas para a produção de cartas de visibilidade apresentam-se em seguida.

3.3.1 MÉTODO I – GRAU DE COBERTURA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE POSTOS DE VIGIA QUE OBSERVAM CADA LOCAL

Na primeira abordagem foi calculado o número de postos de vigia que têm visibilidade “directa” sobre cada local (aqui designado como factor vigia FV). Como resultado deste processo, foi produzido um mapa de visibilidade para todo o território continental. Este mapa é apresentado na figura 17, onde é notória a influência da topografia sobre a visibilidade.

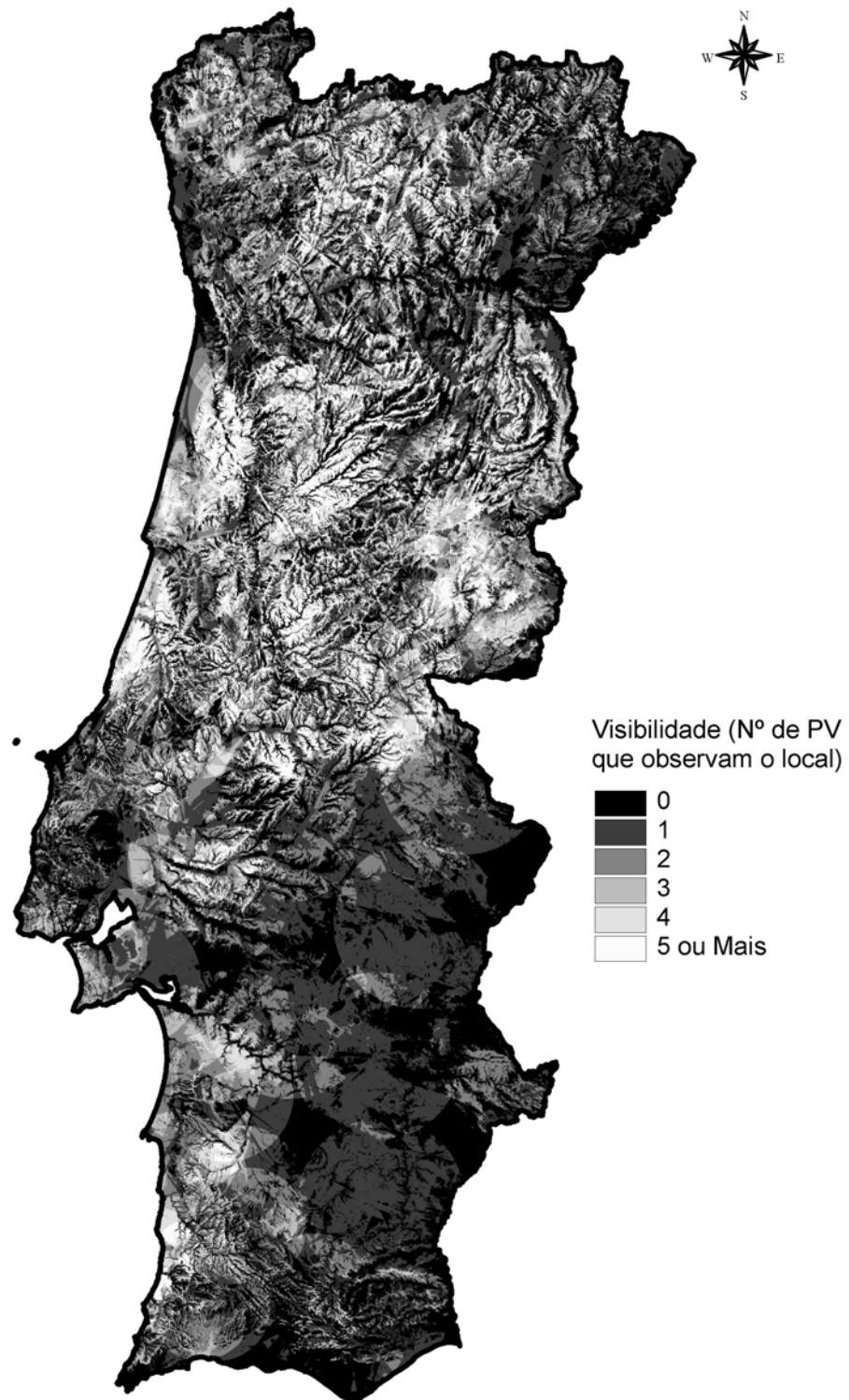


Figura 17. Mapa de Visibilidade da RNPV, correspondente ao número de postos de vigia que têm visibilidade sobre cada local do território continental (factor vigia).

Os resultados globais, obtidos a nível nacional, revelam que:

- a) Cerca de 28 % do território não é vigiado pela Rede Nacional de Postos de Vigia;
- b) Cerca de 31 % do território é vigiado por apenas 1 posto de vigia, o que corresponde a uma vigilância insuficiente, devido à dificuldade de determinar com precisão as coordenadas de um foco de incêndio detectado nestas condições;
- c) Cerca de 41 % do território é visível por 2 ou mais postos de vigia, sendo possível detectar satisfatoriamente um foco de incêndio nascente, e localizá-lo através da intersecção de 2 ou mais visadas; porém cerca de 12 % desta área é visível por 4 ou mais postos de vigia em simultâneo, o que parece indicar um excesso de cobertura em determinadas áreas.

Os valores apresentados deverão estar sobrestimados, devido à impossibilidade de quantificar a perda de visibilidade provocada essencialmente pela floresta, por falta de informação cartográfica actualizada relativa à localização e altura dos povoamentos florestais. Os resultados obtidos a nível nacional da área não visível pela RNPV (28 % do território), coincidem com os resultados apresentados por Catry *et al.* 2004 e Catry (2002).

A verificação de que o número de postos de vigia que têm visibilidade sobre cada local está associado à probabilidade de que seja a Rede Nacional de Postos de Vigia a detectar em primeiro lugar o foco de incêndio pode fazer-se comparando os valores do factor Vigia (FV), referentes às localizações de focos detectados pela RNPV entre 2001 e 2003, com os valores referentes ao conjunto de todos os focos de incêndio registados.

A tabela 7, que se apresenta de seguida, evidencia o aumento da percentagem de focos detectados pela Rede Nacional de Postos de Vigia com o aumento do número de postos de vigia que estarão em condições de o observar.

Tabela 7. Influência do número de postos de vigia (factor vigia) sobre a probabilidade de que um foco de incêndio seja detectado pela RNPV.

Nº de PV (Factor Vigia)	Deteccões pela RNPV	Número total de deteccões registadas	Probabilidade de que os focos sejam detectados pela RNPV (%)
0	1827	17865	10,2
1	2831	21847	13,0
2	2206	15888	13,9
3	1559	10014	15,6
4	922	4924	18,7
5 ou mais	1220	5031	24,3
TOTAL	10565	75569	14,0

A mesma relação pode ser expressa pelo gráfico da figura 18.

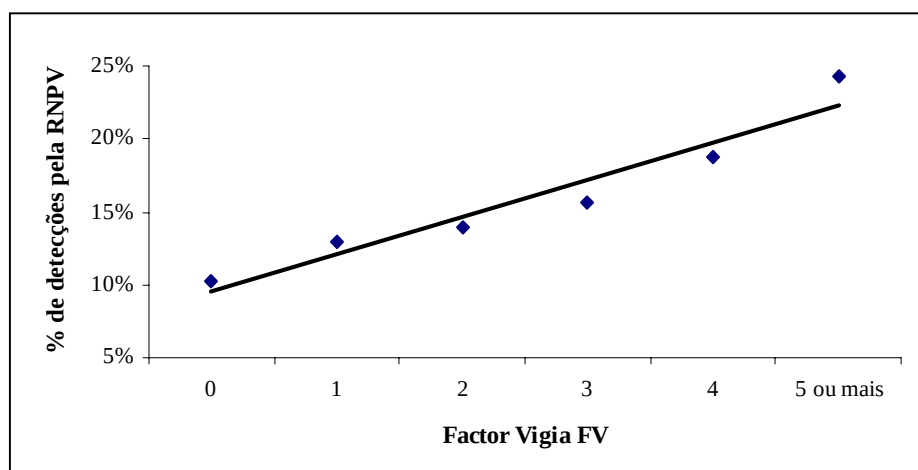


Figura 18. Relação entre o número de postos de vigia que têm visibilidade sobre o local (FV) e a percentagem de deteccões efectuadas pela RNPV.

Utilizando os valores referentes a cada um dos valores de FV e sabendo que o valor médio do factor FV para a classe "5 ou mais" é de 5,97 podemos também estabelecer uma relação linear entre a probabilidade de detecção pela RNPV (PV) e o factor vigia (FV). A equação obtida foi:

$$PV(\%) = 9,88 + 2,27 FV \quad R^2 = 0,975 \quad n = 6$$

Desta análise resulta clara a importância de uma densidade adequada de postos de vigia para a obtenção de um maior número de deteccões por parte da RNPV.

No Anexo I apresentam-se os mapas de visibilidade individual e de intervisibilidade para cada um dos 236 postos de vigia que integram a RNPV, sendo no Anexo II apresentados os valores de visibilidade respectivos. A informação constante nestes anexos está organizada por distritos.

3.3.2 MÉTODO II – GRAU DE COBERTURA EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA

Na segunda abordagem obteve-se a distribuição geográfica da probabilidade de detecção em função da distância, que constitui uma aproximação quantitativa da importância isolada deste factor (FD) sobre a cobertura da Rede Nacional de Postos de Vigia. Verifica-se facilmente na figura 19 a existência de círculos concêntricos correspondentes à diminuição da probabilidade de detecção com o aumento da distância ao posto de vigia. Podem também observar-se as diferenças entre os dois grupos de postos de vigia considerados, correspondentes a situações de maior ou menor visibilidade.

Interessa então saber até que ponto este factor distância permite de facto distinguir o conjunto de focos de incêndio detectados pela RNPV do conjunto de todos os focos cuja localização é conhecida. Para isso verificámos como se distribuíam aqueles dois conjuntos em função de 10 classes em que se subdividiu o factor distância, e calculámos a razão entre os dois valores. Concluiu-se que a classes mais baixas de FD correspondem probabilidades mais baixas de que os focos sejam detectados pela Rede Nacional de Postos de Vigia (RNPV/TOTAL), como se pode observar na tabela 8.

Tabela 8. Influência da distância (Factor Distância) na probabilidade de detecção pela RNPV.

Classes do Factor Distância FD	Deteções pela RNPV	Número total de deteções registadas	Probabilidade de que os focos sejam detectados pela RNPV (%)
0,0 - 0,1	12	337	3,6
0,1 - 0,2	60	1949	3,1
0,2 - 0,3	174	2727	6,4
0,3 - 0,4	371	3709	10,0
0,4 - 0,5	522	5430	9,6
0,5 - 0,6	955	7757	12,3
0,6 - 0,7	1453	11091	13,1
0,7 - 0,8	2044	13499	15,1
0,8 - 0,9	2511	15057	16,7
0,9 - 1,0	2463	14015	17,6
TOTAL	10565	75571	14,0

Desta comparação resulta clara a importância do factor distância na probabilidade de que um foco de incêndio seja detectado pela RNPV.

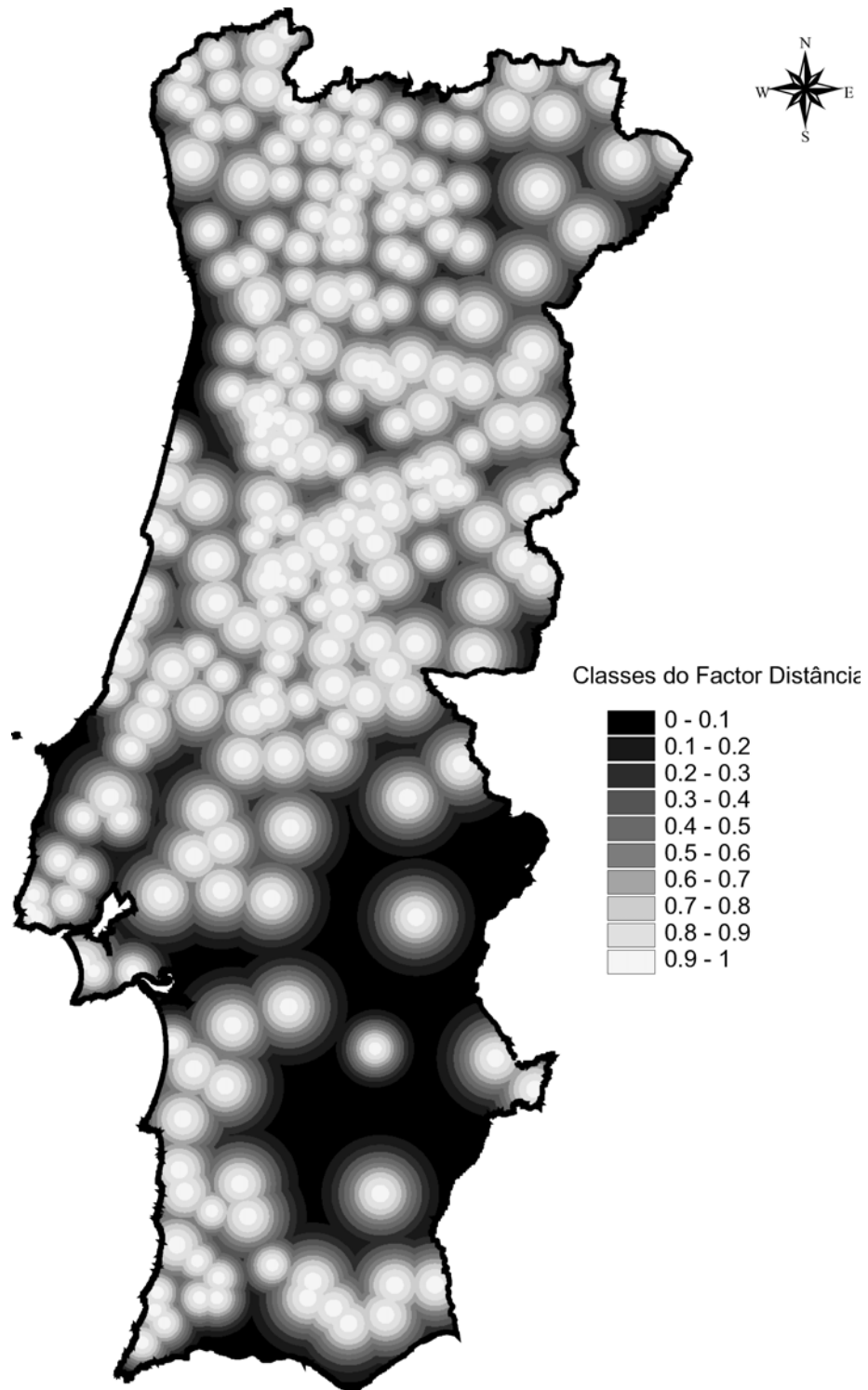


Figura 19. Distribuição geográfica do factor distância (FD).

A relação entre a probabilidade de que um fogo seja detectado pela rede (PV) e a função distância (FD) pode ser expressa em termos gráficos (figura 20).

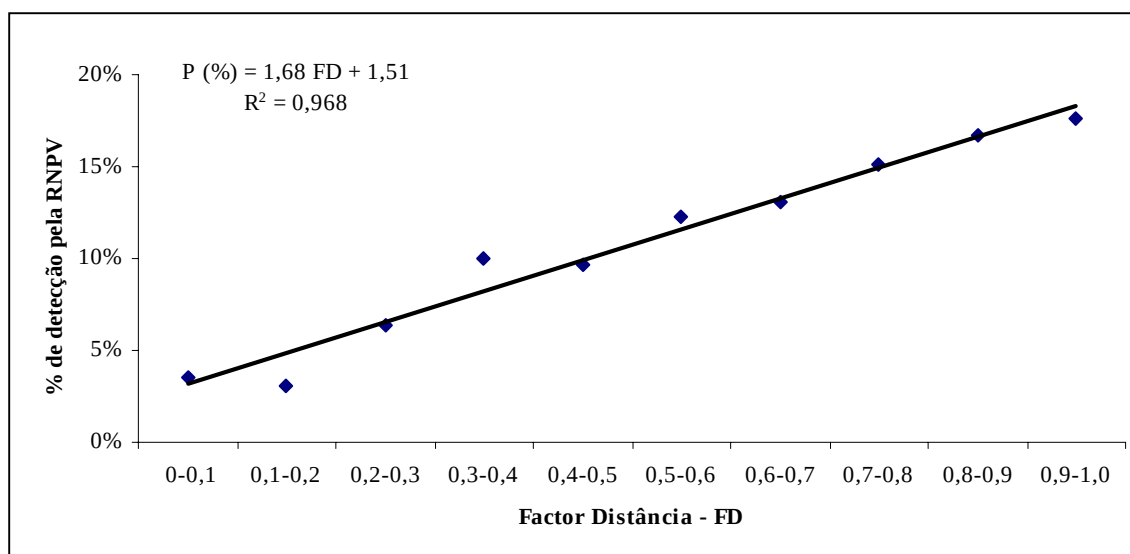


Figura 20. Relação entre o factor distância (FD) e a percentagem de detecções efectuadas pela RNPV.

Essa relação pode também ser expressa na equação de regressão linear obtida com os valores das 10 classes do factor distância:

$$PV (\%) = 2,35 + 16,79 FD \quad R^2 = 0,968 \quad n = 10$$

3.3.3 MÉTODO III – GRAU DE COBERTURA EM FUNÇÃO DA ALTURA DA COLUNA DE FUMO A PARTIR DA QUAL O FOGO PODE SER DETECTADO PELA RNPV

Na terceira abordagem calculou-se para cada local, qual a altura mínima da coluna de fumo (H) a partir da qual um foco de incêndio poderá ser detectado pela RNPV, e produziu-se o mapa correspondente para todo o território continental que se apresenta na figura 21, onde se observa facilmente a influência combinada da distância e da topografia.

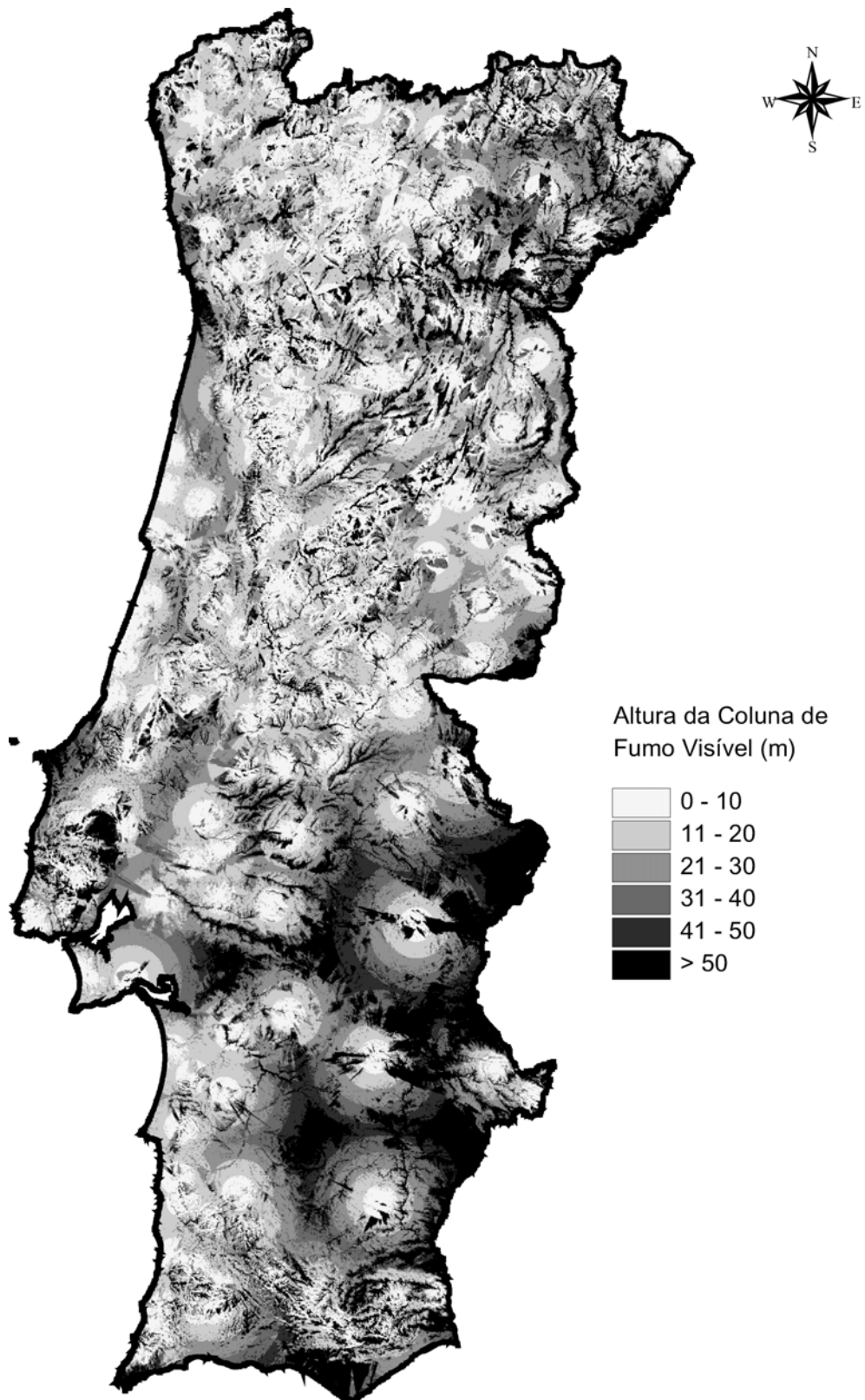


Figura 21. Mapa com as alturas de coluna de fumo (H) a partir das quais um foco de incêndio pode ser detectado pela Rede Nacional de Postos de Vigia.

Como nos casos anteriores, procurou-se determinar a relação entre a altura (H) e a probabilidade de que o foco de incêndio tenha sido inicialmente detectado pela Rede Nacional de Postos de Vigia, o que deu origem à tabela a seguir apresentada (tabela 9).

Tabela 9. Influência da altura de coluna de fumo detectável (H) na probabilidade de detecção pela RNPV.

Classes de altura da coluna de fumo H (m)	Deteções pela RNPV	Número total de detecções registadas	Probabilidade de que os focos sejam detectados pela RNPV (%)
0-10	3207	17467	18,4
11-20	3449	25237	13,7
21-30	1852	13902	13,3
31-40	834	7108	11,7
41-50	381	3605	10,6
Mais de 50	842	8252	10,2
TOTAL	10565	75571	14,0

A mesma influência pode ser observada no gráfico da figura 22.

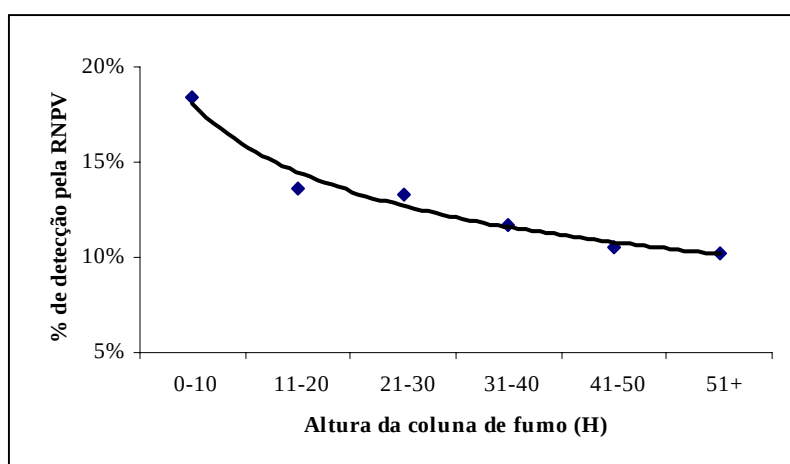


Figura 22. Relação entre altura da coluna de fumo (H) e a percentagem de detecções efectuadas pela RNPV.

A relação entre as duas variáveis é melhor expressa por uma equação do tipo:

$$PV (\%) = 0,1807 H^{-0,3202} \quad R^2 = 0,973 \quad n = 6$$

3.3.4 PRODUÇÃO DE UMA CARTA SÍNTESE DE COBERTURA PELA RNPV

Da análise das três opções apresentadas anteriormente, concluiu-se que todas representavam abordagens interessantes, cuja complementaridade conviria utilizar para a elaboração da carta síntese de cobertura, da forma que a seguir se apresenta.

De modo a que se pudessem combinar as diferentes cartas, assegurando que todas tivessem uma influência equivalente sobre o resultado final, optou-se por padronizar os três factores numa mesma escala, variando entre 0 para a situação mais desfavorável, e 1 para a situação ideal. O factor distância (FD) não foi transformado por obedecer já aos requisitos apontados. O factor vigia (FV) foi dividido por 5 de modo a que correspondesse ao número de 5 postos o valor máximo de 1 (para valores superiores a 5 foi também atribuído o valor 1); admitiu-se portanto que em locais observados simultaneamente por 5 ou mais postos a cobertura era total. Foi também estabelecido um factor altura da coluna de fumo (FH) através da fórmula $10/H$, com um limite máximo de 1; a adopção deste procedimento teve a ver com a forma da relação entre este factor e a probabilidade de detecção e com a consideração de que alturas de coluna de fumo inferiores a 10 m correspondiam a uma situação ideal.

A comparação das três cartas iniciais pode ser feita na figura 23; após as referidas transformações, foi calculada a média simples das novas variáveis e produzida a Carta Síntese de Visibilidade final, designada por VS, que se apresenta na figura 24.

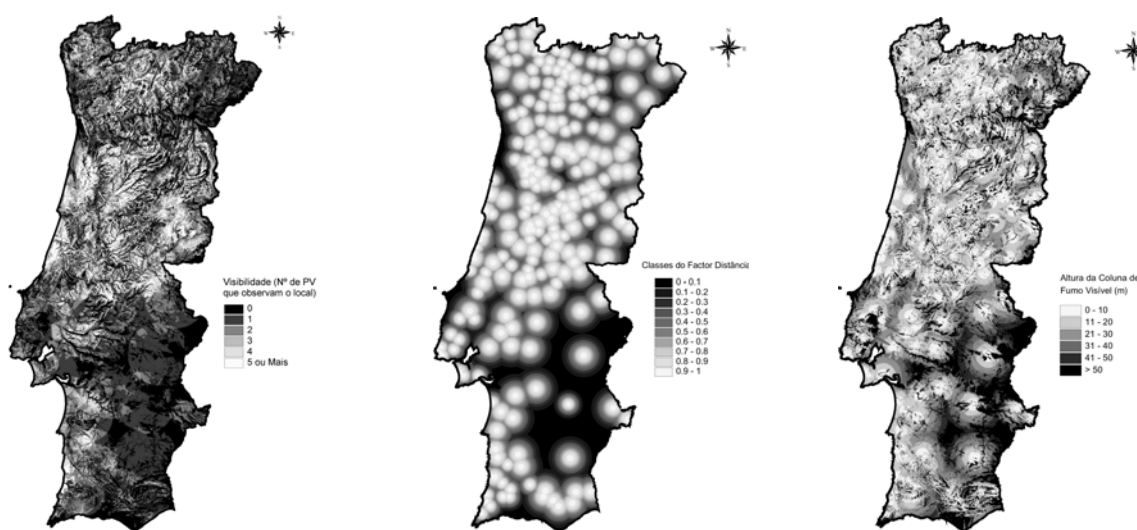


Figura 23. Comparação entre as três cartas nacionais de visibilidade iniciais.

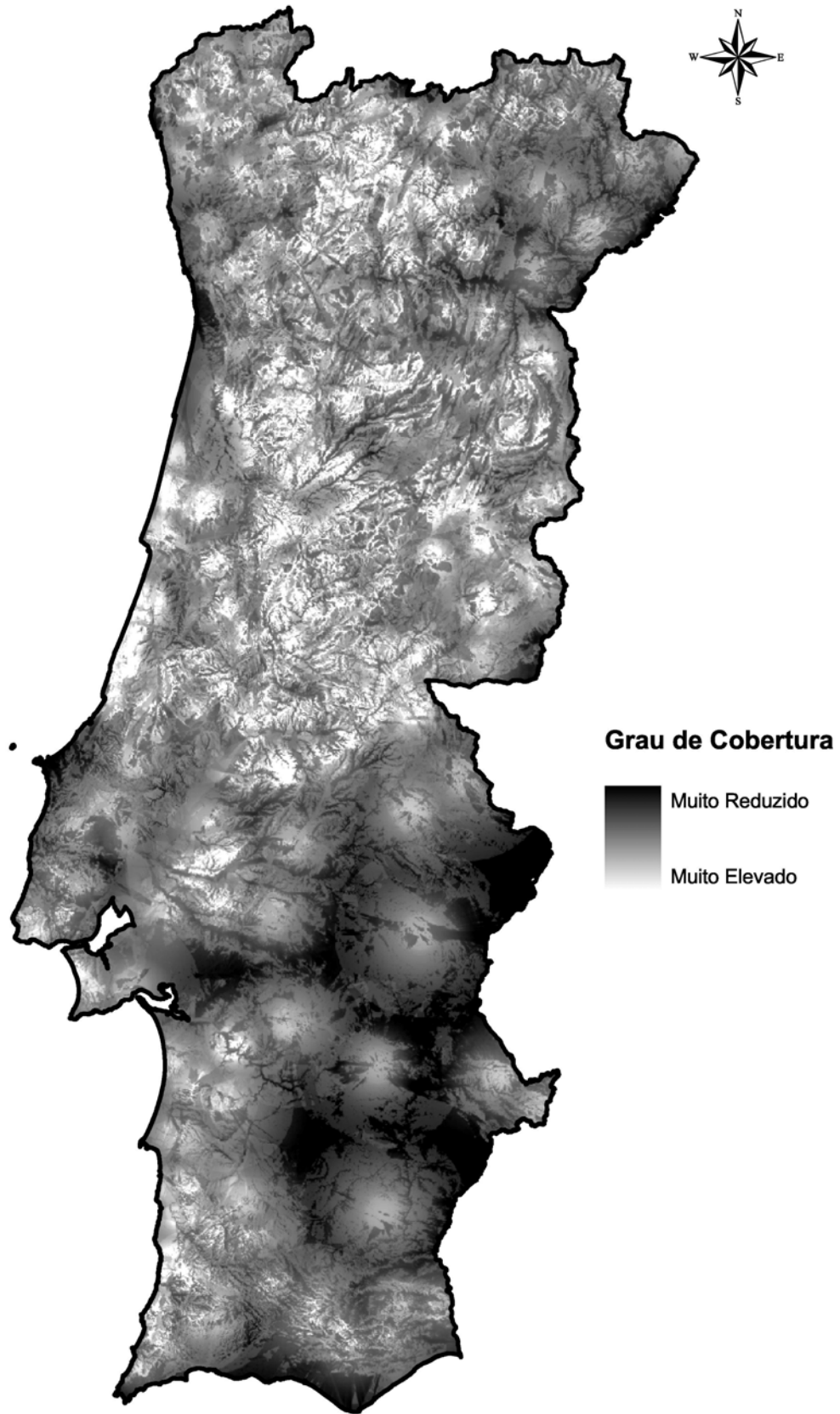


Figura 24. Carta síntese de cobertura pela Rede Nacional de Postos de Vigia.

Tal como nos casos anteriores, interessava saber da relação existente entre a visibilidade estimada por este processo (VS) e apresentada nesta carta, com a probabilidade de que fosse a Rede Nacional de Postos de Vigia a detectar em primeiro lugar o foco de incêndio. Assim, dividiu-se o conjunto de observações realizadas nos meses de Julho, Agosto e Setembro em cinquenta grupos de igual dimensão por visibilidade crescente e obteve-se a proporção correspondente de detecções pela RNPV. Esta relação apresenta-se na figura 25.

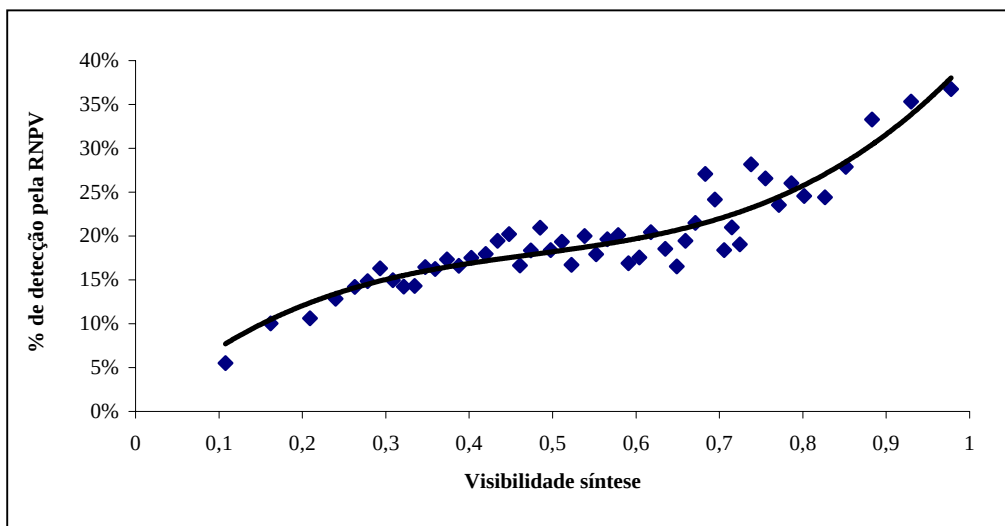


Figura 25. Relação entre a visibilidade síntese (VS) e a percentagem de detecção efectuada pela RNPV.

Nesta figura pode facilmente observar-se o excelente ajustamento ($R^2 = 0,885$; $n = 50$) duma equação de 3º grau sem ordenada na origem:

$$PV (\%) = 1,0883 VS^3 - 1,5565 VS^2 + 0,8704 VS$$

Este excelente ajustamento permite validar as metodologias anteriormente utilizadas, sendo por isso utilizado na produção de cartas de cobertura síntese de âmbito distrital que se apresentam no anexo II.

A nível nacional os resultados obtidos, segundo a metodologia descrita, mostram que cerca de 34 % do território apresenta um grau de cobertura baixo e muito baixo e cerca de 14 % apresenta um grau de cobertura alto e muito alto. Tal como nos resultados obtidos para a visibilidade directa, os valores apresentados deverão estar sobrestimados, devido à impossibilidade de quantificar a perda de visibilidade provocada pela floresta, por falta de informação cartográfica

actualizada relativa à localização e altura dos povoamentos florestais. É ainda importante referir que em dias pouco límpidos, com a presença de névoas, a cobertura pela RNPV pode ser bastante inferior.

Na tabela 10 apresentam-se os resultados ao nível da cobertura, obtidos a nível nacional e distrital. A classificação adoptada para quantificar o grau de cobertura foi o seguinte: muito baixo (0-0,2); baixo (0,2-0,4); médio (0,4-0,6); alto (0,6-0,8) e muito alto (0,8-1).

Tabela 10. Grau de cobertura por distrito, em termos da percentagem de área que cada classe ocupa.

Grau de Cobertura	Muito Alto	Alto	Médio	Baixo	Muito Baixo	Área do Distrito
Distritos	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ha)
Aveiro	4.5	10.3	58.9	25.6	0.7	280047
Beja	0.7	4.8	32.0	46.5	15.9	1026456
Braga	4.7	14.2	66.8	14.2	0.0	270652
Bragança	0.5	4.3	54.2	39.1	1.8	659874
Castelo Branco	5.5	19.3	63.8	10.8	0.6	662702
Coimbra	9.5	21.7	59.9	8.9	0.0	397420
Évora	0.0	0.8	24.3	55.0	20.0	739167
Faro	0.9	5.4	43.0	46.7	4.1	499488
Guarda	3.8	11.4	65.8	19.1	0.0	553616
Leiria	10.4	17.3	52.4	17.0	2.9	350694
Lisboa	0.3	5.7	56.5	36.3	1.1	280191
Portalegre	1.0	4.6	41.2	40.0	13.1	608383
Porto	3.2	11.8	60.2	23.8	1.1	233127
Santarém	5.8	12.7	66.3	15.2	0.0	672495
Setúbal	0.7	8.4	62.0	28.9	0.1	505396
Viana Castelo	2.5	13.0	70.9	13.2	0.3	221945
Vila Real	9.0	19.1	58.2	13.4	0.4	430860
Viseu	8.0	16.4	56.7	18.8	0.0	500966
Total	3.5	10.2	52.1	29.1	5.0	8893479

4 PRODUÇÃO DE NOVA CARTOGRAFIA QUE IDENTIFIQUE AS ÁREAS ONDE A VIGILÂNCIA É PRIORITÁRIA

4.1 INTRODUÇÃO

No planeamento e gestão de um sistema de vigilância contra incêndios florestais, e tendo em consideração que os recursos disponíveis são limitados, é irrealista considerar que o objectivo de é vigiar todas as áreas de igual forma, pelo que deverão ser identificadas as áreas onde a vigilância é prioritária (Davis *et al.*, 1959; ICONA, 1981; Ruiz, 2000; FAO, 2001). Deste modo deverá ser dada prioridade à vigilância de áreas que apresentem um elevado risco de incêndio bem como de áreas onde os recursos a proteger possuam um elevado valor sócio-económico e/ou ecológico (Ruiz, 2000; FAO, 2001). Assim, a definição das prioridades e a posterior delimitação dessas áreas é uma questão prática de grande importância.

A importância de definição destas áreas reporta-se à legislação que estabeleceu o Regime Florestal no início do século XX (Decretos de 24 de Dezembro de 1901, de 28 de Junho de 1902 e de 24 de Dezembro de 1903), a qual define “a criação, exploração e conservação da riqueza silvícola, sob o ponto de vista da economia nacional, mas também o revestimento florestal dos terrenos cuja arborização seja de utilidade pública, e conveniente ou necessária para o bom regime das águas e defesa das várzeas, para a valorização das planícies áridas e benefício do clima, ou para a fixação e conservação do solo, nas montanhas, e das areias no litoral marítimo”.

Contudo, a localização específica de áreas prioritárias para a vigilância contra os incêndios florestais remonta à década de 30, altura em que se deu início à construção dos primeiros postos de vigia do Estado (conforme previamente descrito). Vários foram os planos que impulsionaram a delimitação de áreas prioritárias de vigilância contra os incêndios, nomeadamente o “Plano de Povoamento Florestal” (1939-1968) e o “Programa de Apoio à Floresta Privada” (a partir de meados da década de 70), que nessa época visavam essencialmente a protecção de áreas públicas e comunitárias e das propriedades privadas adjacentes.

Embora se tenha assistido a uma gradual necessidade na delimitação de áreas onde a vigilância é prioritária, foi apenas no início da década de 80, com a publicação do Decreto Regulamentar nº 55/81 de 18 de Dezembro, que se legislou no sentido de atribuir uma maior prioridade de

vigilância às áreas que foram então definidas como apresentando uma maior sensibilidade ao fogo. Neste decreto foi publicada uma carta de Risco de Incêndio de Portugal Continental, que identificava também uma série de zonas críticas, passando a constituir a referência oficial para a selecção das zonas prioritárias no posicionamento dos meios de vigilância e combate aos incêndios. Com a publicação deste Decreto, passaram também a ser consideradas como zonas prioritárias para instalação de novos postos de vigia as áreas que integram a Rede Nacional de Áreas Protegidas.

A “Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade” publicada em 2002, refere que “a preservação dos valores mais significativos do património natural continua a justificar a existência de um conjunto de áreas sujeitas a um estatuto jurídico especial de protecção e gestão, que permita a aplicação de políticas de gestão territorial e de desenvolvimento local sustentáveis, por forma a garantir a salvaguarda dos valores naturais e potenciar a utilização racional dos valores ali existentes, sem perder de vista os objectivos de conservação da natureza e da biodiversidade”.

A recente legislação nacional publicada (Artigo 7º do Decreto-Lei n.º 156/2004 de 30 de Junho), volta a definir zonas críticas como sendo as manchas onde “se reconhece ser prioritária a aplicação de medidas mais rigorosas de defesa da floresta contra incêndios face ao risco de incêndio que apresentam e em função do seu valor económico, social e ecológico”, tendo sido entretanto actualizada a cartografia que delimita as áreas de risco (Portaria n.º 1060/2004 de 21 de Agosto).

Tendo em conta aquilo que atrás foi exposto, poderemos assumir que as áreas do território nacional onde a vigilância contra incêndios é prioritária estão bem definidas e delimitadas. Porém, uma das questões base do problema da optimização dos recursos não é actualmente contabilizada. Num sistema de vigilância que integra diferentes intervenientes, as áreas cobertas pelo sistema de vigilância fixo (RNPV) deveriam ser conhecidas e consideradas, pois só assim é possível evitar a duplicação de esforços e optimizar os meios existentes.

Por estes motivos, procurou-se com este trabalho apresentar uma nova metodologia para a identificação de áreas prioritárias para a vigilância complementar integrando, para além do risco de incêndio, a informação relativa ao grau de cobertura pela RNPV e relativa às áreas de interesse público, com o objectivo de contribuir para a optimização do sistema nacional de vigilância.

4.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Em seguida apresenta-se a metodologia adoptada para a identificação e delimitação de áreas prioritárias para a vigilância contra incêndios florestais em Portugal continental.

Cartografia de base utilizada

Toda a produção cartográfica e análise espacial da informação geográfica foi efectuada com recurso ao programa *ArcGis* (ESRI). A cartografia utilizada já estava ou foi referenciada geograficamente de acordo com os seguintes parâmetros: Sistema de Projecção - Transversa de Mercator, Elipsóide Internacional de Hayford, *Datum* de Lisboa (Hayford-Gauss-Militar).

Em seguida é feita uma descrição da cartografia de base utilizada para a determinação das áreas de vigilância prioritária:

- a) Carta síntese de ‘Cobertura da RNPV’ - Esta carta é apresentada no capítulo 3;
- b) Carta de Risco de Incêndio (DGRF, 2004b; Pereira & Santos, 2003) - O Decreto-Lei n.º 156/2004, de 30 de Junho, estabelece a zonagem do continente segundo a probabilidade de ocorrência de incêndio florestal em Portugal continental, definida de acordo com as seguintes classes: classe I - Muito baixa, classe II - Baixa, classe III - Média, classe IV - Alta, e classe V - Muito alta. Os critérios que estiveram por base no estabelecimento da zonagem do continente assentam, entre outras, na informação sobre a ocorrência de incêndios florestais, ocupação do solo, orografia, clima e demografia, numa perspectiva estrutural do risco. Face às diversas escalas de cada um destes parâmetros os dados foram convertidos para um suporte geográfico comum constituído por uma quadrícula de 1 km² (unidade mínima cartografada de 4 km²). Esta carta foi oficialmente aprovada pela Portaria n.º 1060/2004 de 21 de Agosto.
- c) Carta de Núcleos Críticos (Pereira & Santos, 2003) - Foi igualmente utilizada a carta que delimita os ‘núcleos críticos’, que são constituídos por grandes manchas com elevada taxa de arborização (dimensão de mancha contínua superior a 3.000 ha), onde se reconhece ser prioritária a aplicação de medidas mais eficazes de defesa da floresta contra os incêndios. Esta carta foi disponibilizada pela DGRF.

- d) Carta de Ocupação do Solo COS'90 e Carta Corine Land Cover (IGP, 2004) - Para a elaboração de uma carta nacional das áreas florestais recorreu-se, para a quase totalidade do território à Carta de Ocupação do Solo de 1990, disponibilizada à escala 1:25000; para os poucos locais em que esta carta não está disponível, complementou-se a informação em falta com os dados da carta Corine Land Cover, de 1987, à escala 1:100000. Apesar desta informação já se encontrar um pouco desactualizada, optou-se pela sua utilização devido ao facto de ser pública e de não existir informação mais recente a nível nacional.
- e) Carta da Rede Nacional de Áreas Protegidas (ICN, 2004) - A Rede Nacional de Áreas Protegidas é constituída por um conjunto de áreas de interesse público, especificadas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 19/93 de 23 de Janeiro, que visam essencialmente a salvaguarda do património natural. Os dados estão actualizados e são públicos, mas não é disponibilizada informação sobre a escala cartográfica.
- f) Carta das Zonas de Protecção Especial e Carta dos Sítios Classificados (ICN, 2004) – Com o objectivo de favorecer a manutenção da biodiversidade no território da União Europeia, foi aprovada legislação comunitária no sentido de criar uma rede ecológica denominada "Natura 2000", de forma a assegurar a sobrevivência a longo prazo das espécies e habitats mais ameaçados da Europa (Directiva n.º 92/43/CEE). Esta rede é constituída por Zonas de Protecção Especial (Directiva n.º 92/43/CEE), e por Zonas Especiais de Conservação que são constituídas pelos Sítios Classificados em cada um dos estados membros (Directiva n.º 92/43/CEE). Estas Directivas foram transcritas para a legislação nacional e encontram-se actualmente em vigor. A cartografia que delimita estas áreas é gratuita, sendo disponibilizada à escala 1:1000000.
- g) Carta da Rede Nacional de Matas Nacionais e Perímetros Florestais - A carta que delimita o património florestal público e comunitário sob gestão do Estado, vulgarmente designado por “Matas Nacionais e Perímetros Florestais”, foi produzida à escala 1:25000. Esta carta foi disponibilizada pela DGRF.
- h) Carta Administrativa Oficial de Portugal (IGP, 2004) – A carta administrativa de Portugal, define os limites administrativos oficiais do território continental Português, sendo disponibilizada gratuitamente.

Para a elaboração de uma carta nacional de vigilância prioritária (complementar à RNPV), foi estabelecida uma grelha, constituída por quadrículas (1 km x 1 km), que cobre todo o território de Portugal continental. Esta grelha foi posicionada de modo a coincidir com a grelha usada na carta de risco de incêndio estrutural da DGRF, tendo sido posteriormente cortada para coincidir com os limites de Portugal continental.

Na figura 26 apresenta-se o fluxograma síntese da informação utilizada no processo de análise espacial para a identificação de áreas prioritárias para a vigilância contra incêndios florestais.

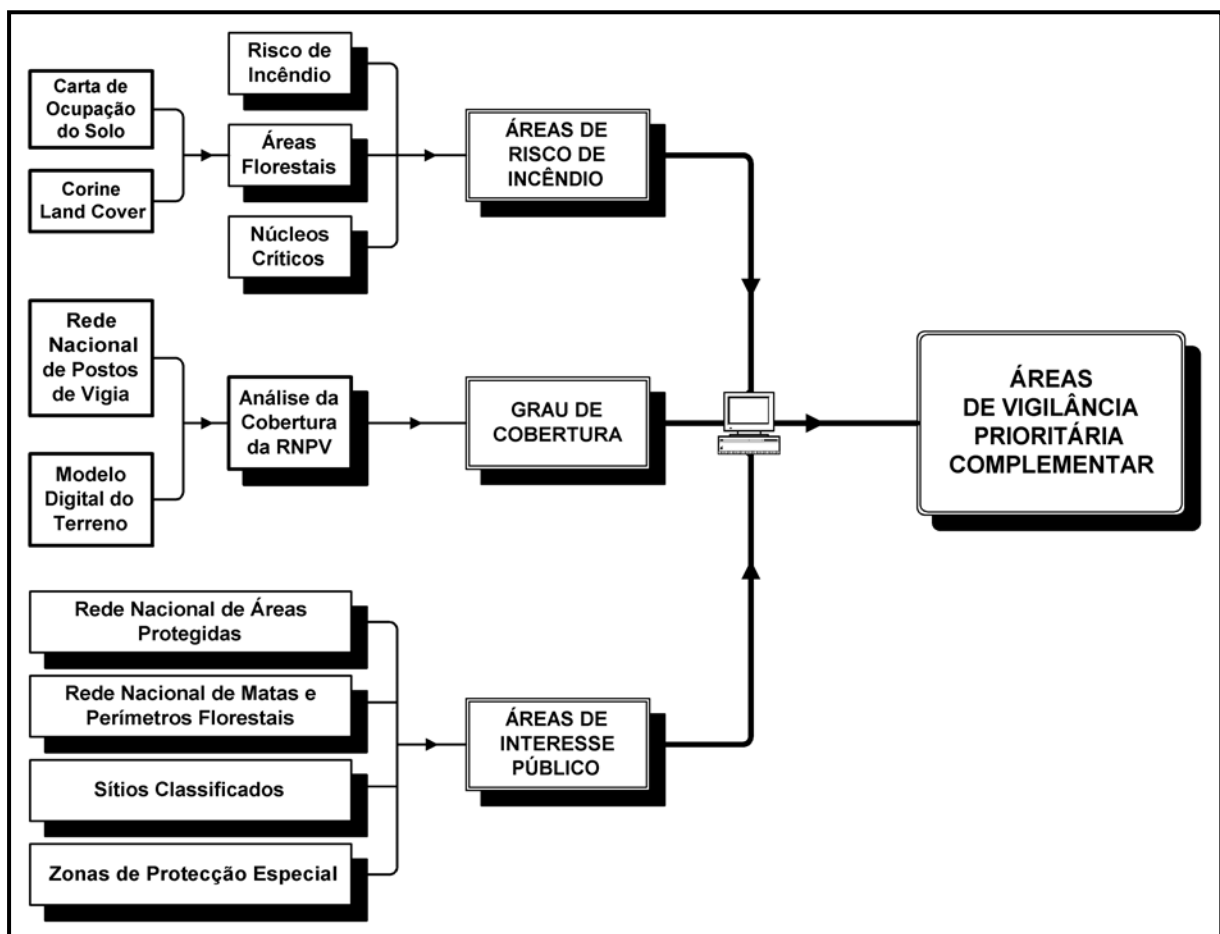


Figura 26. Fluxograma síntese da informação utilizada no processo de análise espacial para a identificação de áreas prioritárias para vigilância complementar contra incêndios florestais.

Para a elaboração desta carta procedeu-se a uma série de análises espaciais, para associar à área de cada quadrícula a informação relativa ao risco de incêndio, ao interesse público e, ao grau de

cobertura por parte da RNPV. Com esse objectivo, pode descrever-se o processo da atribuição das prioridades de vigilância complementar em quatro passos que a seguir se descrevem:

1. Identificação das áreas com maior risco de incêndio

Numa primeira fase identificaram-se as áreas (quadrículas de 1 km²) que potencialmente apresentam um risco de incêndio florestal considerável, como sendo aquelas que preenchem pelo menos um dos três critérios que a seguir se apresentam:

- a) Áreas classificadas na ‘Carta de Risco de Incêndio’ com risco de incêndio médio, alto ou muito alto (estas três classes de risco correspondem a 55,7 % da área do território continental, sendo que 94,2 % dos incêndios entre 1990 e 2003, ocorreram nestas áreas);
- b) Áreas de núcleos críticos – Com base na carta de ‘Núcleos Críticos’, foram seleccionadas todas as quadrículas em que estes ocupam metade ou mais de metade da sua área;
- c) Áreas em que a floresta é dominante - Apesar do facto de áreas florestadas já serem consideradas na carta de risco de incêndio decidiu-se neste trabalho reforçar esta componente em termos de prioridade de vigilância, uma vez que elas constituem em grande medida o valor sócio-económico de cerca de 40 % do território continental Português, e por se ter constatado que determinadas áreas, como por exemplo a Serra do Caldeirão no Algarve, apesar de estarem classificadas com um risco de incêndio ‘muito baixo’, foram percorridas por grandes incêndios no verão de 2004. Considerou-se assim que todas as áreas florestais, independentemente do grau de risco que lhes estava associado, deveriam ser consideradas para a determinação das prioridades de vigilância complementar. Assim, com base nas cartas de ocupação do solo ‘COS’90’ e ‘Corine Land Cover’, produziu-se uma carta de ‘Áreas Florestais’, a partir da qual foram seleccionadas todas as quadrículas em que as áreas florestadas ocupam metade ou mais de metade da sua área.

Assim, todas as quadrículas onde se verificou um dos três pressupostos anteriores, foram seleccionadas para a fase seguinte, sendo-lhes atribuído o valor de 0,75.

2. Identificação das áreas de interesse público

Numa segunda fase foi criado um novo mapa, designado por “Áreas de Interesse Público” e que agrega as seguintes cartas de base:

- a) Carta da ‘Rede Nacional de Áreas Protegidas’;
- b) Carta das ‘Zonas de Protecção Especial’;
- c) Carta dos ‘Sítios Classificados’;
- d) Carta da ‘Rede Nacional de Matas Nacionais e Perímetros Florestais’.

Optou-se por agregar estas quatro cartas numa só, devido ao facto de em diversos casos existir alguma sobreposição entre elas, eliminando desta forma a possibilidade de atribuir um peso ‘excessivo’ a este parâmetro. Seguidamente, de entre as quadrículas seleccionadas no passo anterior, seleccionaram-se aquelas em que as áreas classificadas como sendo de interesse público ocupam metade ou mais de metade da sua área, sendo-lhes atribuído o valor adicional de 0,25.

Obteve-se assim uma carta nacional com três classes de prioridade de vigilância, com ponderações diferentes correspondentes a três situações distintas (CARTA1):

- Áreas com risco de incêndio e de interesse público: 1
- Áreas com risco de incêndio mas não de interesse público: 0,75
- Áreas sem risco de incêndio: 0

No sentido de ilustrar o efeito da atribuição de maior prioridade às áreas de interesse público foi elaborado um mapa comparativo em que não é feita qualquer distinção dentro das áreas consideradas de risco. Esta abordagem é equivalente a termos apenas duas classes de prioridade:

- Áreas com risco de incêndio: 1
- Áreas sem risco de incêndio: 0

3. Identificação das áreas com menor e maior grau de cobertura pela RNPV

Tendo por base a carta que identifica o grau de cobertura por parte da RNPV para cada zona do território nacional, com uma resolução espacial de 90 m, efectuou-se uma generalização

(operação que visa manter o rigor cartográfico quando se pretende efectuar o cruzamento de mapas que possuem diferente resolução), baseada no valor médio, de modo a obter uma carta idêntica, mas com uma resolução de 1000 m. Este procedimento deu origem a uma carta de cobertura pela RNPV, semelhante à que foi já anteriormente apresentada (CARTA2).

4. Cruzamento da informação obtida nos passos anteriores

A última fase para a atribuição das prioridades de vigilância complementar à RNPV, consiste no cruzamento da carta que identifica as áreas onde a vigilância é prioritária com a carta que identifica o grau de cobertura por parte da RNPV. Para o cruzamento destes dois mapas, aplicou-se a seguinte operação algébrica:

$$\text{“CARTA1} \times (1 - \text{CARTA2)”}$$

A legenda adoptada para a carta de prioridades de vigilância complementar obtida é a seguinte:

- Muito Baixa (0-0,2);
- Baixa (0,2-0,4);
- Média (0,4-0,6);
- Alta (0,6-0,8);
- Muito Alta (0,8-1).

4.3 RESULTADOS

Como foi já referido, o principal objectivo desta linha de trabalho foi o de produzir uma carta nacional que identificasse as áreas prioritárias para a vigilância complementar contra os incêndios florestais, tendo em consideração simultaneamente, o risco de incêndio, as áreas de maior interesse público, e as áreas já cobertas pela RNPV.

Os resultados da abordagem adoptada para a determinação das áreas prioritárias em termos de vigilância, ainda sem se considerar a cobertura por parte da RNPV, deu origem à carta que se apresenta na figura 27 (CARTA1).

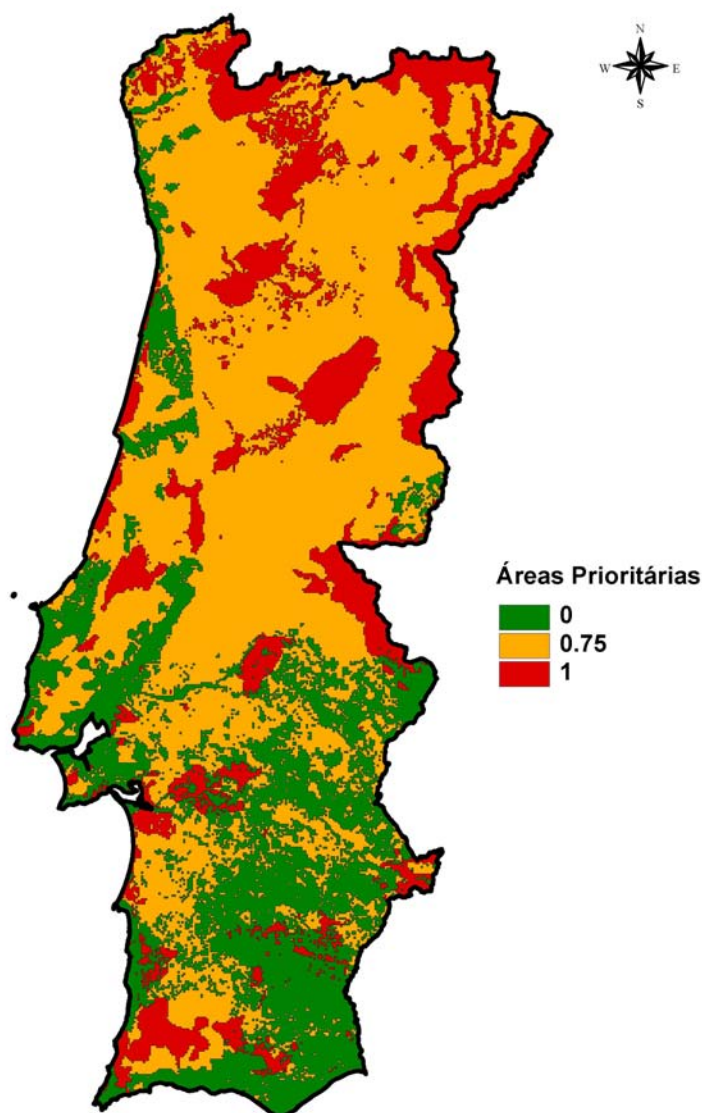


Figura 27. Carta de Vigilância Prioritária, onde se identificam as áreas consideradas tendo um risco de incêndio significativo (0,75), destacando-se dentro destas as áreas consideradas simultaneamente de interesse público (1).

Com base nas prioridades de vigilância e nas lacunas de cobertura detectadas foi produzida a carta nacional que identifica as áreas prioritárias para que seja adoptada uma vigilância complementar àquela que é actualmente assegurada pela Rede Nacional de Postos de Vigia. Este mapa apresenta-se na figura 28. As áreas classificadas com uma prioridade de vigilância complementar mais elevada correspondem simultaneamente a zonas pouco cobertas pela Rede, que se situam em zonas de risco e que são consideradas de interesse público.

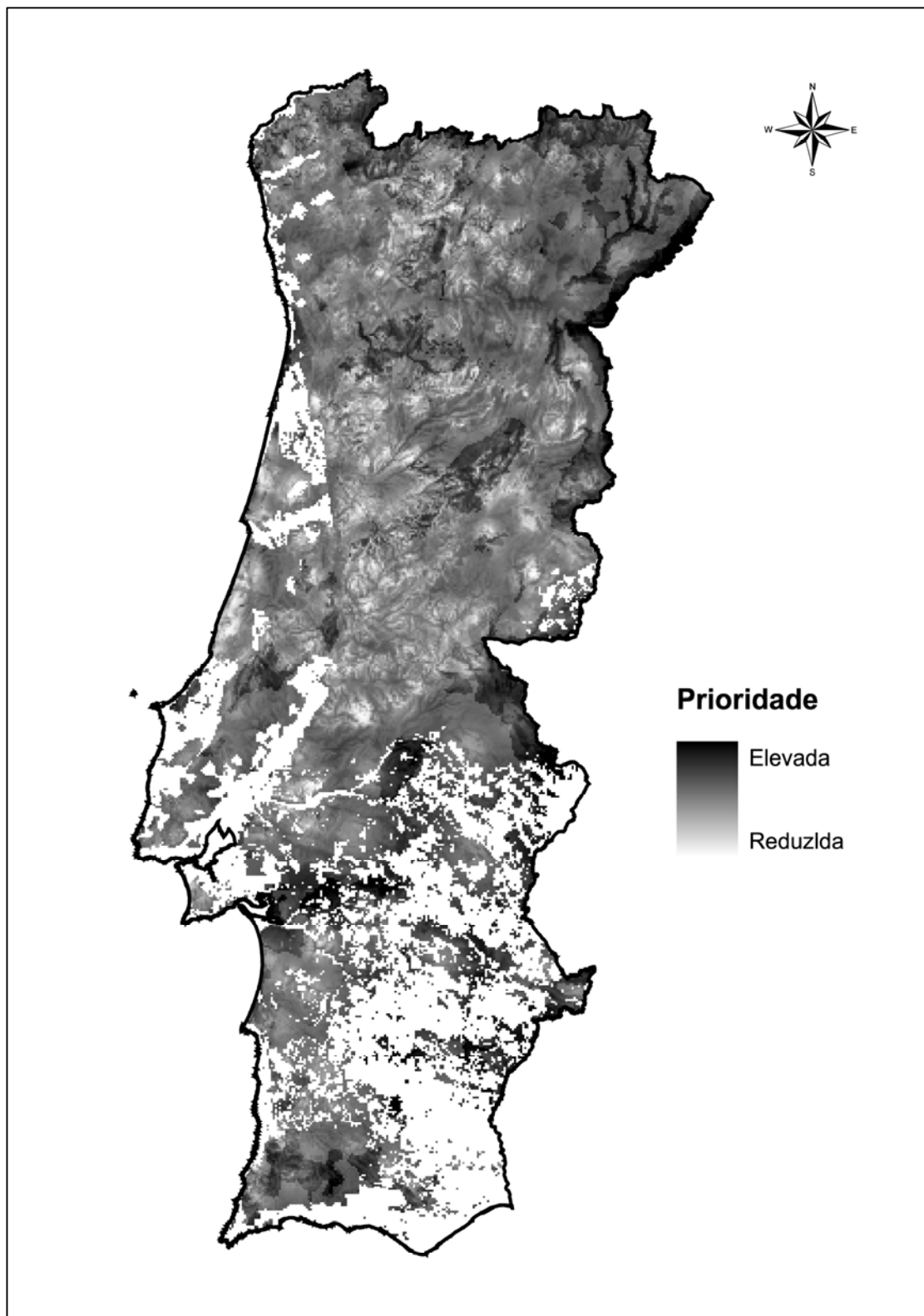


Figura 28. Carta que identifica as áreas do território nacional onde a vigilância complementar à RNPV é prioritária; nesta carta é dado um peso adicional às áreas de interesse público que se situam em zonas onde o risco de incêndio é mais elevado.

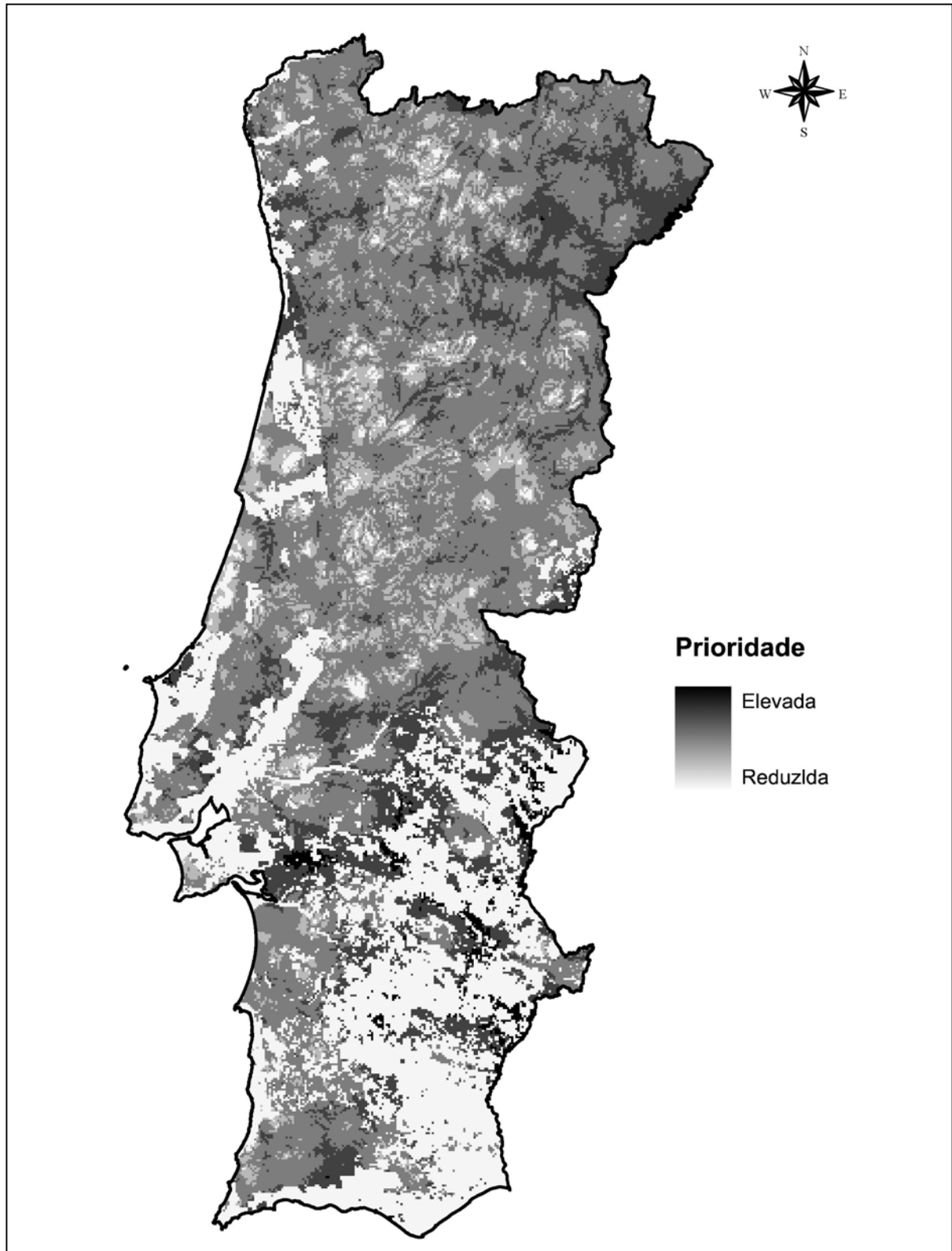


Figura 29. Carta que identifica as áreas do território nacional onde a vigilância complementar à RNPV é prioritária; nesta carta as áreas de interesse público não foram valorizadas.

Na figura 29 apresenta-se uma segunda versão da carta de prioridade de vigilância complementar na qual não é atribuída uma importância adicional às zonas de interesse público. Utilizando este segundo mapa, verifica-se que os distritos de Bragança, Guarda, Viseu, Braga, Vila Real e Castelo Branco, são por ordem decrescente, aqueles que apresentam em média uma maior prioridade de vigilância complementar contra incêndios.

Ainda assim, importa avaliar a distribuição geográfica das áreas classificadas com uma prioridade de vigilância complementar elevada (alta e muito alta), que representam 17 % do território (ver tabela 11), e correspondem essencialmente a zonas que estão pouco cobertas pela RNPV, e que simultaneamente apresentam um risco de incêndio considerável. Analisando esta carta de prioridades, verifica-se que os distritos de Bragança, Évora, Portalegre, Beja, Viseu, Setúbal e Guarda são, por ordem decrescente, aqueles que apresentam uma maior percentagem de área com prioridade de vigilância elevada e muito elevada, relativamente à área total do distrito. Isto significa que os distritos do Alentejo, apesar de não terem no seu conjunto valores médios de prioridade de vigilância complementar elevados, apresentam localmente valores altos e muito altos, o que justifica uma estratégia de vigilância mais localizada.

Tabela 11. Representação das classes de prioridade de vigilância complementar, em termos de área do território nacional ocupado (%).

Prioridade de Vigilância Complementar	Percentagem de Área Ocupada
Muito Baixa	26,5
Baixa	10,7
Média	45,8
Alta	15,6
Muito Alta	1,4

As áreas do território classificadas com uma maior prioridade de vigilância complementar, serão teoricamente aquelas às quais se deverá dar uma maior atenção, designadamente através de estudos com recurso a cartografia mais detalhada e actualizada, e da implementação ou reforço das estruturas de vigilância terrestre fixa, móvel e de vigilância aérea. A carta de prioridades de vigilância complementar produzida e apresentada no âmbito deste trabalho, que ao nível regional e local deverá ser complementada com a experiência e sensibilidade dos técnicos que melhor conhecem as áreas em causa, poderá assim constituir uma ferramenta útil no planeamento e gestão das acções de vigilância contra os incêndios florestais em Portugal.

5 AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DOS POSTOS DE VIGIA

5.1 INTRODUÇÃO

Apesar de existir há várias décadas, a Rede Nacional de Postos de Vigia nunca foi aparentemente submetida a uma avaliação por parte de instituições públicas ou privadas. Como em qualquer plano ou sistema oficial, seria desejável que se realizasse periodicamente uma avaliação do funcionamento e da eficácia do sistema nacional de vigilância terrestre fixa (RNPV), que permitisse identificar os pontos fracos e as necessidades do sistema, de modo a identificar e corrigir os problemas, otimizando assim os recursos disponíveis.

A avaliação da eficácia dos postos de vigia incide essencialmente nos diversos factores associados à detecção de um foco de incêndio por um posto, podendo distinguir-se entre factores físicos e factores humanos. O presente trabalho pretende analisar alguns dos factores físicos que condicionam a eficácia do funcionamento da Rede Nacional de Postos de Vigia, embora os resultados da eficácia sejam obviamente condicionados pelos factores humanos que, no entanto por falta de informação objectiva, não são aqui considerados explicitamente.

5.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para avaliar a eficácia dos postos de vigia que integram a RNPV, utilizaram-se as bases de dados da DGRF já referidas no capítulo 3 (3.2.2), com as detecções dos focos de incêndio registadas entre 2001 e 2003 pelos serviços florestais regionais do Ministério da Agricultura, Pescas e Florestas. Relativamente às localizações dos postos de vigia utilizou-se o novo levantamento efectuado no âmbito deste trabalho, descrito no capítulo 2.

O número de visadas, ou seja, o número de vezes que cada posto de vigia efectuou ou colaborou numa detecção ao longo dos últimos anos, em relação àquelas que ocorreram na sua vizinhança, pode ser considerado como uma medida da sua actividade e consequentemente da sua eficácia e utilidade.

Para tal, foi necessário tomar algumas decisões prévias sobre o que se entenderia como o universo das ocorrências passíveis de serem detectadas. Em primeiro lugar pôs-se a questão do

horizonte temporal que deveria ser considerado. Para a tomada dessa decisão procurou-se determinar qual o período de tempo em que se poderia considerar que a Rede Nacional de Postos de Vigia esteve operacional. Para isso comparámos o número de detecções registados pela Rede com o número das restantes detecções efectuadas ao longo de todo o ano, como se ilustra na figura 30.

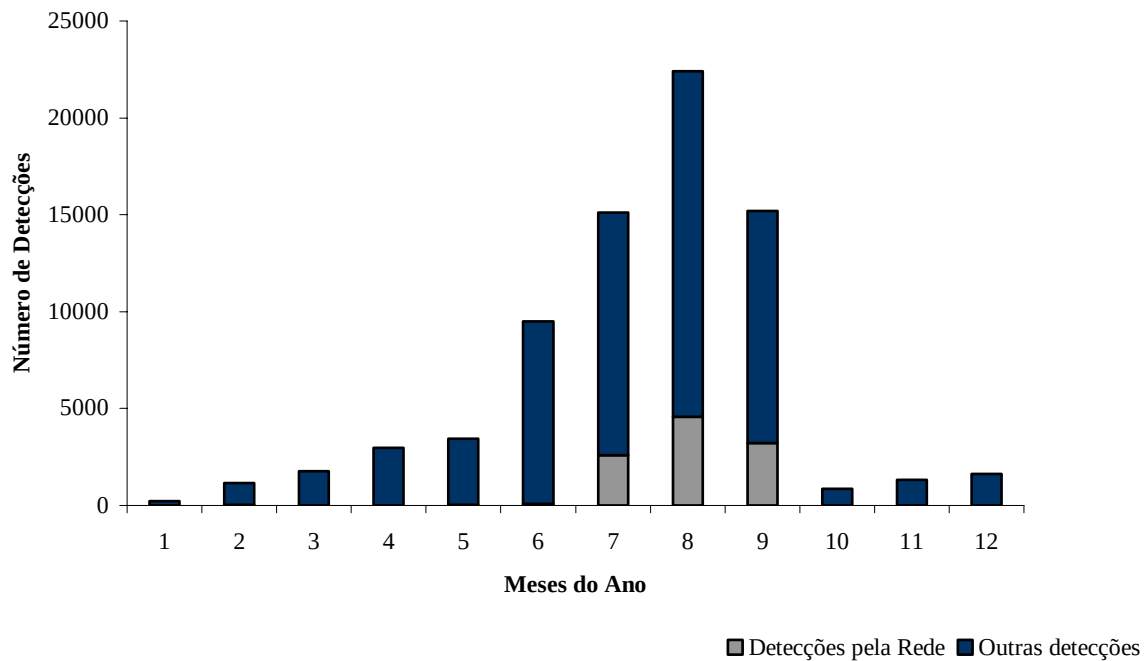


Figura 30. Comparação entre o número de detecções efectuadas pela Rede Nacional de Postos de Vigia ao longo do ano e o número de detecções efectuadas por outros meios (período 2001-2003).

Desta comparação resulta claro que a contribuição da RNPV é apenas significativa nos meses de Julho, Agosto e Setembro, pelo que na análise posteriormente efectuada para determinar quais os factores de eficácia mais determinantes, foram apenas considerados aqueles meses. O número total de detecções em análise passou assim de 75571 para 52734, sendo que o número de detecções efectuadas pela Rede foi reduzido de forma diminuta, de 10565 para 10384.

Pretendeu-se também verificar se a ocorrência simultânea de diversos focos de incêndio poderia ser considerado como um factor explicativo da eficácia de detecção pela Rede. Assim, determinou-se qual o período do dia em que as ocorrências eram mais frequentes. O padrão encontrado foi aquele normalmente descrito por diversos autores, com o maior número de ocorrências registado no período da tarde (figura 31).

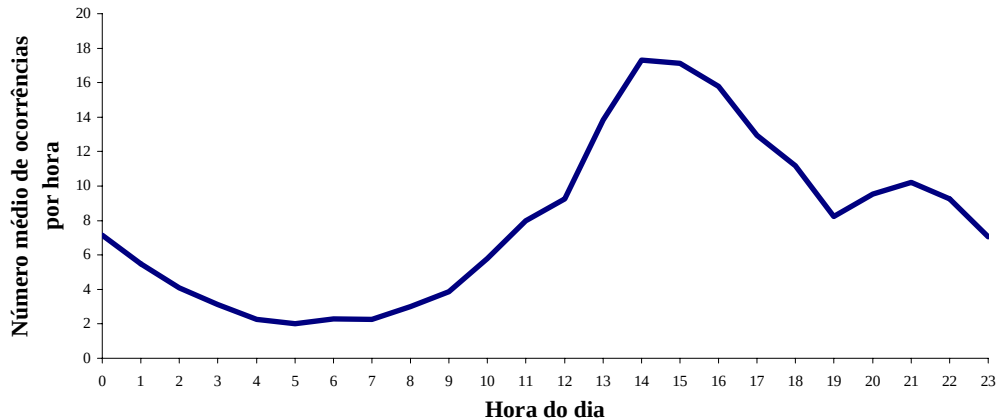


Figura 31. Variação do número de ocorrências ao longo do dia a nível nacional (baseado em dados dos anos 2001-2003).

Da análise da figura 31, é possível compreender que as situações potencialmente mais problemáticas ocorrerão no período da tarde, altura em que ocorrem, no período de Julho a Setembro, uma média de 14 a 18 fogos por hora em todo o continente.

Por outro lado, interessa analisar não só a média mas também a distribuição de frequências para saber quais os valores extremos, ou seja, para perceber se a dimensão do dispositivo nacional poderá ficar saturado por um número excessivo de ocorrências num curto espaço de tempo. Para isso estabelecemos a distribuição de frequências média e as referentes aos períodos de 4 horas com o menor número de ocorrências (das 4 às 8 horas) e com o maior número de ocorrências (das 12 às 16 horas), como se pode observar na figura 32.

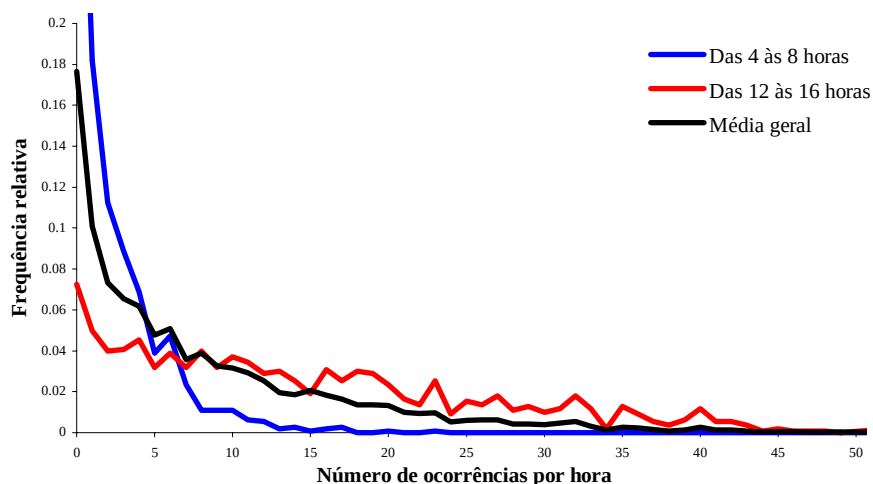


Figura 32. Frequências relativas do número horário de ocorrências de focos de incêndio no território continental.

Desta análise conclui-se que, mesmo no período do dia mais crítico, o número de focos de incêndio não excede os 50 numa hora, para todo o território continental. Se este é claramente um valor que condiciona o nível da tomada de decisão sobre a afectação de recursos para o combate, não parece poder constituir um factor condicionante da eficácia de detecção pelos postos de vigia da Rede, pelo que não será posteriormente considerado.

Por outro lado, todos os factores humanos e de formação associados ao funcionamento da Rede não foram também aqui analisados, apesar de se prever que o possam vir a ser numa segunda fase deste trabalho.

Assim, os factores que considerámos como podendo condicionar a eficácia do funcionamento dos postos de vigia podem ser subdivididos numa componente temporal e em duas componentes espaciais.

A componente temporal considerada foi a hora do dia, considerando-se 24 classes, representada por valores de 0 a 23, consoante a hora de início do período horário considerado. Este factor passará a ser descrito como factor Hora.

A primeira componente espacial considerada foi de âmbito regional, tendo sido criadas três classes correspondentes a zonas onde a percentagem de detecção pela Rede era alta, média ou baixa. Estas zonas foram definidas tendo por base o número de detecções efectuadas pela RNPV relativamente a todas as detecções efectuadas num raio de 25 km em redor de cada posto de vigia. Assim, para cada posto de vigia, obteve-se uma percentagem de detecção que poderá estar acima, abaixo, ou na média das detecções efectuadas pela RNPV. Posteriormente, com base nas percentagens obtidas para os 236 postos de vigia, produziu-se um mapa que se apresenta no capítulo 5.3.2, utilizando uma interpolação com polígonos de Thiessen. Esta zonagem do território em três classes foi utilizada como um factor regional de eficácia sem que, à partida, se tenham tentado interpretar as razões subjacentes a esta diferenciação regional. Este factor passará a ser descrito como factor Zona.

A segunda componente espacial considerada foi o factor Cobertura, já anteriormente definido como sendo função da distância e da topografia. Para avaliação da interacção entre o efeito da cobertura por parte da RNPV e o efeito da zona, o primeiro factor foi transformado em 50 classes de idêntica dimensão e ajustado a um polinómio de grau 3 para cada zona. Para a

avaliação do efeito conjugado do factor Cobertura com os restantes utilizaram-se três classes: valores do factor de 0 a 0,3 (Classe 1), de 0,3 a 0,7 (Classe 2) e de 0,7 a 1 (Classe 3).

Para a análise da influência simples dos diversos factores e das suas interacções, utilizou-se como primeira aproximação um modelo geral linear, em que a variável dicotómica dependente correspondia a uma detecção feita pela Rede ou por outro sistema, e os factores considerados foram a Hora (24 classes), a Zona (3 classes) e a Cobertura (3 classes). A variação da probabilidade de detecção ao longo do dia foi aproximada para efeitos de visualização por um polinómio de 4ª ordem, ajustado para cada combinação das classes do factor Zona com o factor Hora.

Para além destes três factores, procedeu-se ainda para cada posto de vigia à análise do número de visadas, da sua visibilidade potencial e da influência que a presença de obstáculos pode ter sobre a visibilidade.

5.3 RESULTADOS

5.3.1 ANÁLISE DO NÚMERO DE VISADAS POR POSTO DE VIGIA

O número de visadas que um posto de vigia efectua num determinado período de tempo, pode ser considerado como uma medida da sua actividade e consequentemente da sua utilidade e eficácia, sendo por isso importante dispor desta informação. O número de visadas é aqui entendido como sendo o número de vezes que um posto de vigia comunicou uma detecção, independentemente de ter sido esse posto a efectuar essa detecção em primeiro lugar ou de ser uma participação no processo de localização de um foco de incêndio detectado por outro posto de vigia. Nesta perspectiva, de avaliação da eficácia dos postos de vigia, seria de grande importância ter a informação sobre qual o posto que detectou o foco de incêndio em primeiro lugar, pelo que sugerimos que essa informação comece a ser registada pelas entidades responsáveis. Seria também útil melhorar o sistema de cálculo/determinação de coordenadas dos focos de incêndio, pois detectámos em diversos casos a situação pouco provável de ter um mesmo vigia a detectar 10 focos de incêndio na mesma coordenada em 10 datas diferentes.

Na tabela 12 apresenta-se a distribuição pelos três anos do número total de visadas consideradas para análise, bem como de quantos postos de vigia que contribuíram para esse número.

Tabela 12. Número total de visadas efectuadas pela RNPV entre 2001 e 2003, e número de postos de vigia que efectuaram ou não visadas nesses três anos.

ANO	Número total de visadas efectuadas pela RNPV	Nº de Postos de Vigia	
		Com Visadas	Sem Visadas
2001	6711	203	34
2002	6168	219	18
2003	5744	191	46

Com o objectivo de estimar a eficiência da rede relativamente a outras fontes de detecção, determinou-se o número de focos de incêndio detectados pela RNPV, com base na informação das visadas, e comparou-se com o número total de focos de incêndio detectados nestes três anos, conforme se apresenta na tabela 13.

Tabela 13. Focos de incêndio detectados pela RNPV relativamente ao número total de ocorrências.

ANO	Nº Total de Focos de Incêndio	Detectados pela RNPV	
		Nº Total	%
2001	26944	4439	16,5
2002	26488	3282	12,4
2003	26196	2847	10,9

Com base na análise destes dados, verifica-se que o número de focos de incêndio detectados pela RNPV, relativamente ao número total de ocorrências tem vindo a diminuir, tendo passado de cerca de 16,5 % para 10,9 %, o que denota uma perda de eficácia. Uma vez que a grande maioria dos focos de incêndio são detectados pela população, esta perda de eficácia poderá eventualmente estar relacionada com o aumento generalizado do uso de telemóveis nos últimos anos, embora fosse necessário dispor de mais informação para confirmar essa hipótese.

Da análise efectuada às 18623 visadas efectuadas pela Rede Nacional de Postos de Vigia nos anos de 2001, 2002 e 2003, verifica-se que o número médio anual de visadas por posto de vigia é de 26, sendo porém o comportamento dos postos extremamente irregular (figura 33). Assim, entre os piores estão 58 postos de vigia, ou seja 25% da RNPV, que fizeram no máximo 15 detecções no período considerado, o que significa que em média fizeram apenas 5 detecções por ano. Entre estes, existem 11 postos de vigia (4,7 % da RNPV) que não efectuaram qualquer detecção nos últimos 3 anos. Este número de postos de vigia com uma actividade nula ou muito reduzida, é bastante significativo, e é um indicador ao qual no futuro deveria ser dada maior atenção.

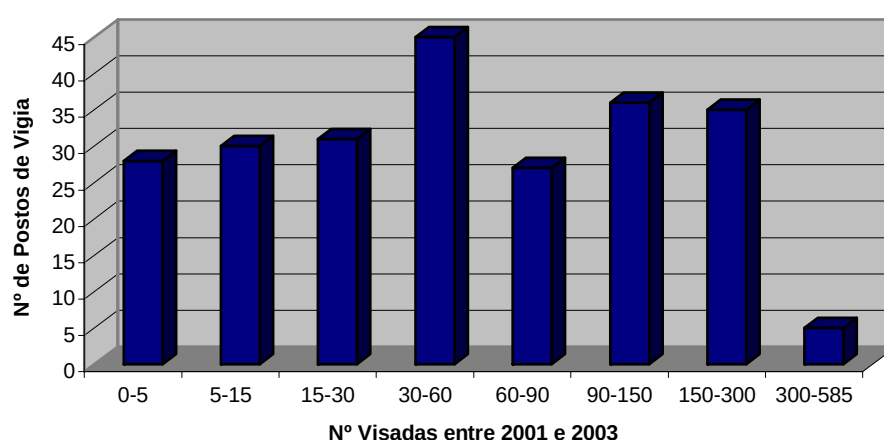


Figura 33. Número de visadas efectuadas em três anos (2001 a 2003), pelos postos de vigia que integram a RNPV.

Em situação oposta estão 40 postos de vigia (17 % da RNPV) que efectuaram mais de 150 detecções no conjunto dos 3 anos, constituindo o grupo mais activo da RNPV. O posto de vigia mais activo segundo esta classificação, foi o 45-01, que participou em 585 detecções neste período.

No anexo II apresenta-se em detalhe o número de visadas que cada posto de vigia efectuou nos anos de 2001, 2002 e 2003, bem como o número total de visadas efectuado no conjunto dos três anos e o número máximo de visadas que cada posto efectuou no ano em que esteve mais activo.

5.3.2 ANÁLISE DA VISIBILIDADE POR POSTO DE VIGIA

A análise da visibilidade ao nível local pode ser de grande utilidade para ajudar a compreender melhor os níveis de eficácia dos postos de vigia. Os resultados da análise de visibilidade efectuada para cada um dos 236 postos actualmente existentes (segundo a metodologia descrita em 3.2.2.1) são apresentados no Anexo II. Esta análise foi efectuada num raio de 25 km em redor de cada posto de vigia, que corresponde à distância até à qual 90 % dos focos de incêndio são normalmente detectados pela Rede Nacional de Postos de Vigia, tendo também sido efectuada num raio de 50 km, que corresponde à distância até à qual 99.5 % dos fogos são detectados. Todos os mapas individuais de visibilidade (visibilidade individual e intervisibilidade) correspondentes são apresentados no Anexo I (ver exemplo na figura 34).

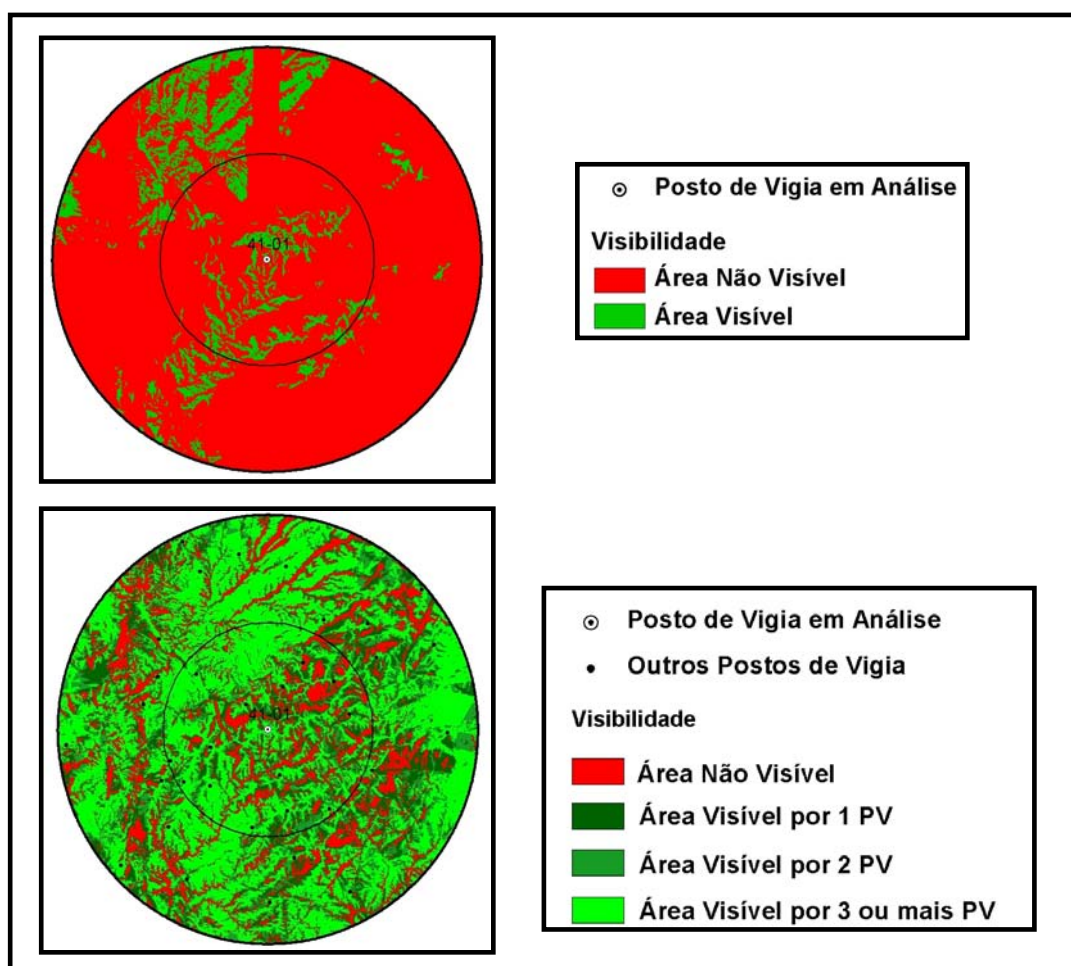


Figura 34. Exemplo dos mapas individuais de visibilidade apresentados no Anexo I, e que serviram de base às análises efectuadas.

Com base nas cartas individuais de visibilidade, efectuou-se então uma análise mais pormenorizada dos resultados nacionais obtidos, para determinar qual a percentagem de áreas visível e não visível num raio de 25 km em redor de cada um dos postos de vigia que integram a RNPV, tendo-se concluído que para a grande maioria dos postos de vigia (91 %), mais de metade da área total dentro do raio de visibilidade considerado não é visível. Verifica-se ainda que para cerca de 41 % dos postos de vigia a percentagem de área visível, num raio de 25 km, é inferior a 25 % (figura 35). Estes resultados mostram que a maior parte da área incluída no raio de acção potencial de um posto de vigia, não é de facto directamente vigiada por esse posto, o que provavelmente contraria a ideia que a maior parte das pessoas tem a este respeito.

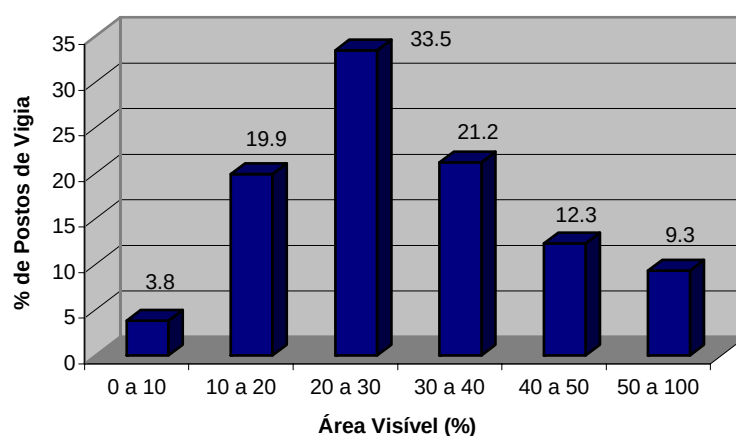


Figura 35. Visibilidade individual (só um posto de vigia): Percentagem de área visível num raio de 25 km em redor de cada posto de vigia, e frequência com que essa situação se verifica.

Na figura 36 apresentam-se os resultados da análise efectuada à carta nacional de visibilidade num raio de 25 km em redor de cada posto de vigia, que na prática integra a visibilidade de todos os postos de vigia ou seja a intervisibilidade.

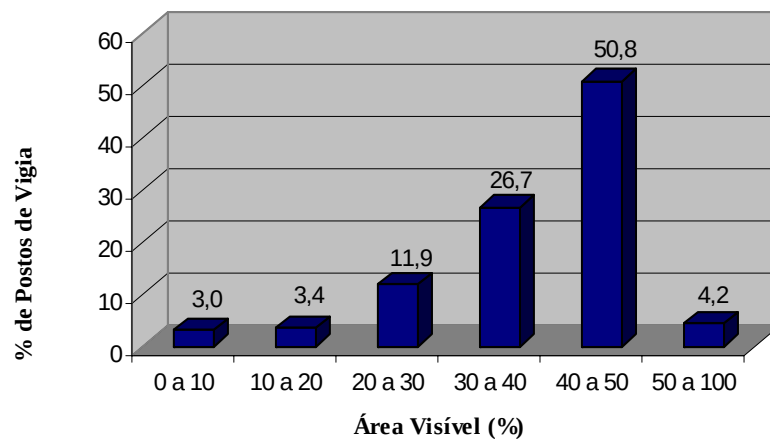


Figura 36. Intervisibilidade (vários postos de vigia): Percentagem de área visível num raio de 25 km em redor de cada posto de vigia, e frequência com que essa situação se verifica.

Como resultado desta segunda análise, verifica-se que apenas em 4,2 % dos postos de vigia a área não visível é superior a 50 %, e que esta grande diferença relativamente à análise anterior resulta da estrutura de complementaridade que a RNPV apresenta.

Se em vez de analisarmos apenas a área total visível e não visível, analisarmos os resultados de cada classe de visibilidade, verificamos que em 31 % dos postos de vigia existentes, a área dos seus raios de visibilidade que é simultaneamente observada por 4 ou mais vigias, varia entre 25 % e 50 %, podendo este facto ser indicador de um excesso de cobertura em determinadas zonas.

5.3.3 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE OBSTÁCULOS NAS IMEDIAÇÕES DO POSTO DE VIGIA

A presença de árvores ou de infra-estruturas de grande porte à superfície do terreno, e sobretudo se estas se encontrarem nas imediações do posto de vigia, vai inevitavelmente condicionar a visibilidade que se obtém a partir desse local.

Actualmente, a presença de árvores nas imediações dos postos de vigia constitui o principal problema de obstrução à visibilidade em Portugal continental. Este facto tem muitas vezes uma influência determinante sobre a área que é efectivamente vigiada pelo posto de vigia. A título de

exemplo apresenta-se na figura 37 a comparação entre a visibilidade potencial e a visibilidade actual do posto de vigia 47-06.

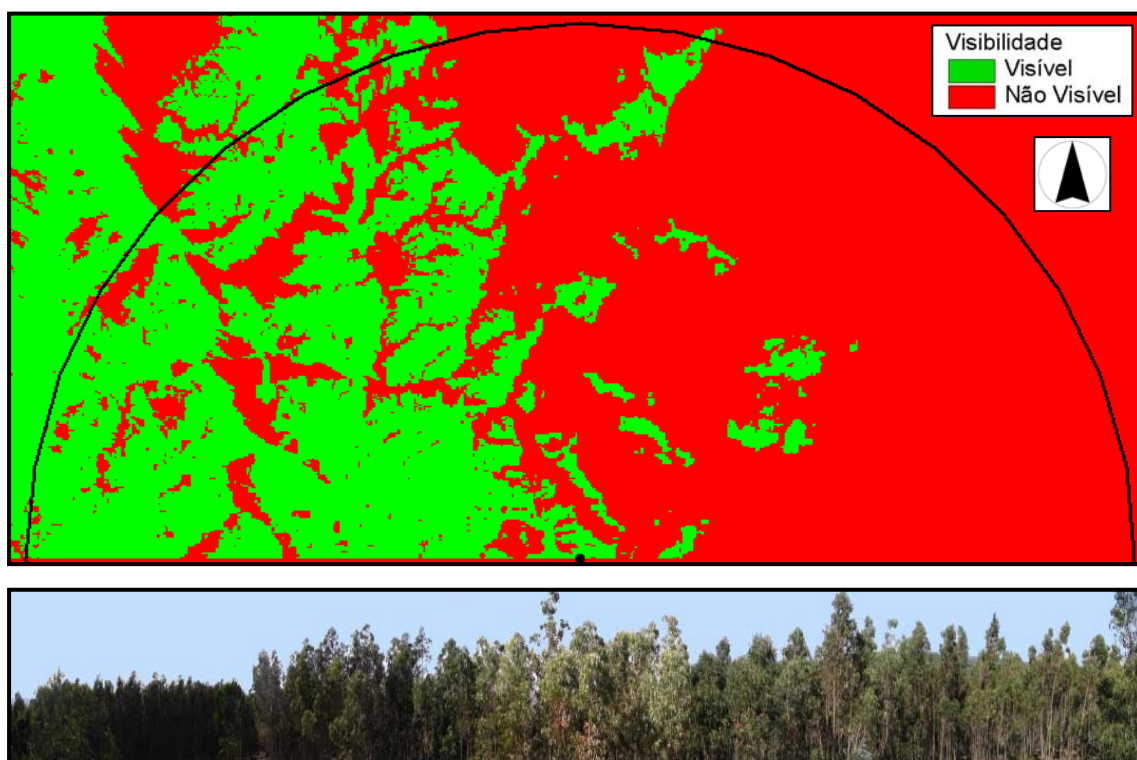


Figura 37. Comparação entre a área potencialmente observada pelo posto de vigia 47-06 num raio de 25 km, entre Oeste e Este (mapa em cima), e a sua visibilidade efectiva no Verão de 2004 (fotografia em baixo).

Durante o Verão de 2004, procedeu-se a uma avaliação visual empírica do grau de obstrução existente no campo de visão de cada um dos 236 postos de vigia que integram a RNPV, classificando-a em: Muito elevada, Elevada, Média, Reduzida e Nula (ver tabela 14).

Tabela 14. Resultados da avaliação efectuada aos 236 postos de vigia que integram a RNPV, relativamente ao grau de obstrução à visibilidade que se verifica nas suas imediações.

Obstrução à Visibilidade	Nº de Postos de Vigia	% da RNPV
Muito Elevada	8	3,4
Elevada	14	5,9
Média	83	35,2
Reduzida	110	46,6
Nula	21	8,9

Em 22 postos de vigia (cerca de 9 % da RNPV), a obstrução à visibilidade foi considerada elevada e muito elevada, o que é um indicador de que o problema existe e tem significado. O facto de apenas em cerca de 55 % dos postos de vigia o grau de obstrução ter sido considerado reduzido ou nulo, poderá também de alguma forma ser indicador de que, para além de uma deficiente gestão da área envolvente aos postos, existirá também uma componente associada a um posicionamento inicial dos postos menos adequado, uma vez que em diversos casos a obstrução é provocada pela própria topografia.

Na análise efectuada à Rede Nacional de Postos de Vigia, identificaram-se 71 postos (30 % da RNPV) em redor dos quais existe uma necessidade de intervenção a curto ou médio prazo, devido à obstrução à visibilidade existente nas suas imediações. Nos 20 postos de vigia que foram classificados como necessitando uma intervenção urgente (8,5 % da Rede), verificou-se que a média anual de visadas entre 2001 e 2003 foi de apenas dez. Esta baixa taxa de eficácia nestes postos de vigia poderá estar associada à obstrução à visibilidade existente nas suas imediações. Estes postos de vigia estão listados na tabela 15.

Tabela 15. Listagem dos 20 postos de vigia que segundo a análise efectuada necessitam de uma intervenção mais urgente, devido à existência de árvores que se encontram a obstruir a visibilidade nas suas imediações.

Código do Posto de Vigia	Distrito
0-82	Braga
12-03	Bragança
25-04	Viana do Castelo
32-06	Castelo Branco
35-02	Guarda
37-02	Guarda
42-03	Leiria
42-06	Coimbra
43-01	Coimbra
43-05	Coimbra
47-02	Aveiro
47-03	Aveiro
47-05	Aveiro
47-06	Viseu
54-05	Lisboa
63-02	Setúbal
63-03	Beja
63-05	Beja
63-08	Faro
P-2	Faro

Na figura 38 apresenta-se um outro exemplo de um posto de vigia que apresenta grandes problemas de obstrução à visibilidade por parte dos povoamentos florestais existentes nas suas imediações.

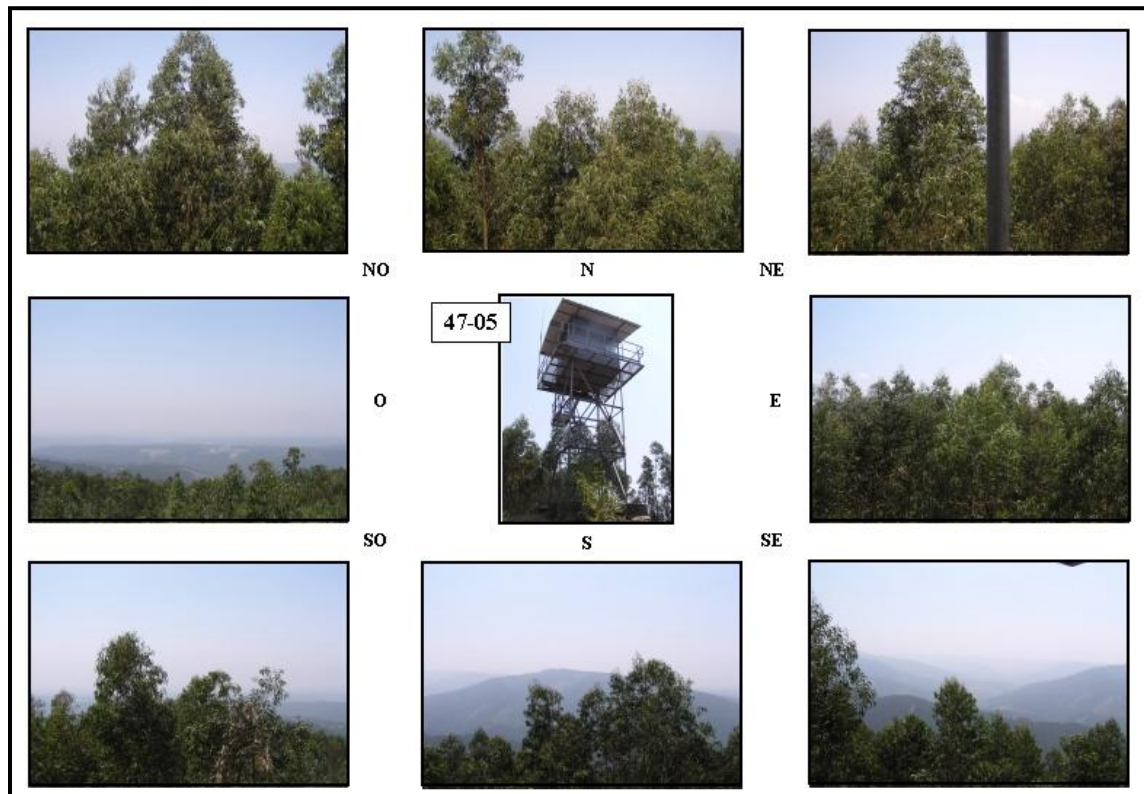


Figura 38. Fotografias tiradas no Verão de 2004, a partir da plataforma do posto de vigia 47-05, onde é evidente a obstrução à visibilidade causada pelas árvores circundantes.

Nestas situações, a utilidade e a eficácia de detecção de focos de incêndio por parte dos postos de vigia é bastante reduzida, ficando muito aquém das suas potencialidades. Para aumentar e otimizar a taxa de detecção por parte dos postos de vigia, é essencial intervir no sentido de garantir boas condições de visibilidade para estes postos. Esta questão está prevista e regulamentada no Artigo 24º do Decreto-Lei n.º 156/2004 de 30 de Junho, onde se refere que:

“ a) Na área de observação dos postos de vigia, cabe aos proprietários e outros produtores florestais assegurar que as árvores e equipamentos aí existentes não impedem ou dificultam a visibilidade a partir destes.

b) Compete à Direcção-Geral dos Recursos Florestais, notificar os proprietários e produtores florestais para procederem, em prazo adequado nunca inferior a 60 dias, aos cortes de árvores e à remoção dos equipamentos que impeçam ou dificultem a visibilidade referida no número anterior.

c) Aos proprietários e outros produtores florestais que não dêem cumprimento ao determinado na notificação prevista no número anterior, aplica-se o artigo 18.º.”

A inspecção dos postos de vigia relativamente a este aspecto da obstrução à visibilidade, deveria ser efectuada anualmente, de modo a permitir a identificação atempada de potenciais problemas. Grande parte destes problemas poderão ser identificados e previstos com vários anos de antecedência, impedindo que se atinjam situações limite. Como exemplo mostra-se na figura 39 o caso de um posto de vigia onde é previsível que em poucos anos possam vir a existir problemas graves de obstrução à visibilidade se não houver intervenção, devido à existência de diversos povoamentos jovens de eucalipto em seu redor.

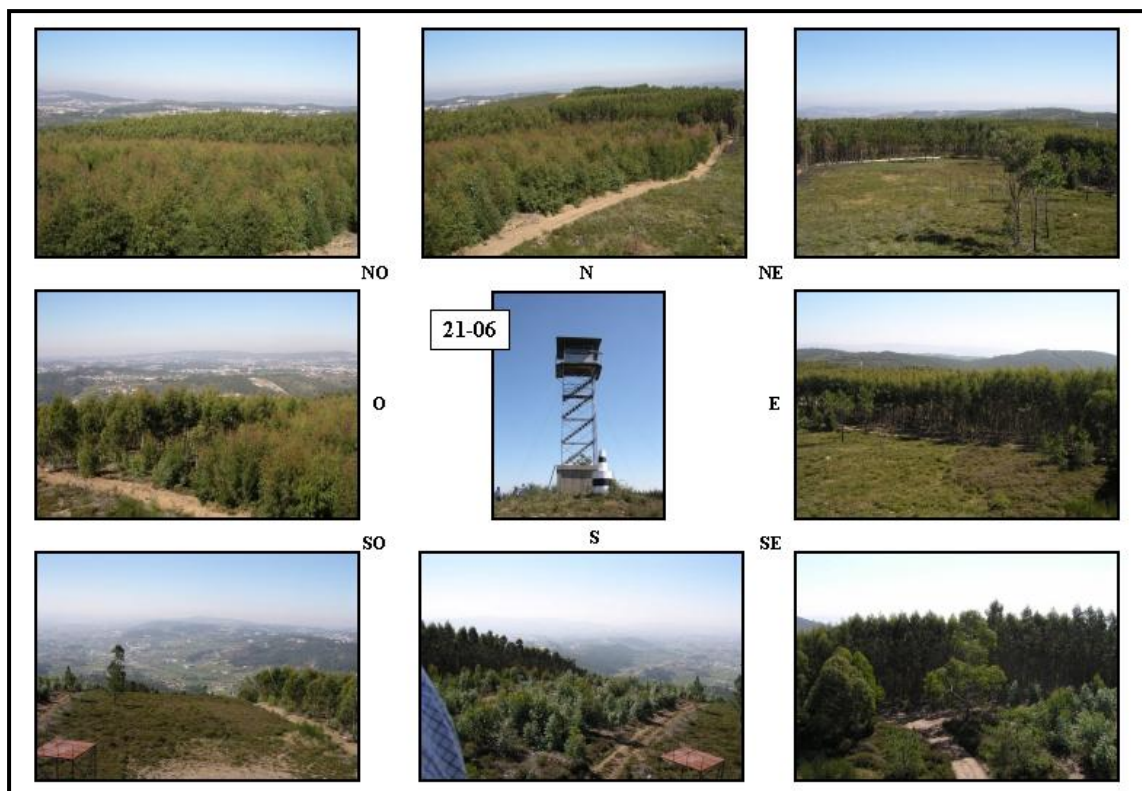


Figura 39. Fotografias tiradas a partir da plataforma do posto de vigia 21-06, onde é possível observar vários povoamentos jovens de eucalipto, que poderão vir a dificultar a visibilidade neste posto.

Para além da floresta, existem por vezes outros obstáculos que dificultam a visibilidade dos postos de vigia, como é o caso de construções, infra-estruturas, ou ainda do próprio terreno, denotando nalguns casos uma escolha pouco apropriada do local de instalação do posto ou da altura da sua plataforma de observação (ver figura 40).

Para minimizar este problema, o aumento da altura das plataformas de observação ou uma ligeira realocização de alguns postos de vigia, poderá constituir uma opção eficaz e mais económica.



Figura 40. Exemplo de outros tipos de obstrução à visibilidade dos postos de vigia: topografia e elementos construídos.

5.3.4 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS FACTORES ZONA, COBERTURA E HORA SOBRE A DETECÇÃO

Relativamente a uma das componentes espaciais consideradas (factor Zona), procedeu-se a uma análise e comparação das detecções de focos de incêndio efectuadas pela RNPV relativamente a todas as detecções efectuadas num raio de 25 km em redor de cada posto de vigia (figura 41). Assim, para cada posto de vigia obteve-se uma percentagem de detecção, que se encontra acima, abaixo, ou próximo da média das detecções efectuadas pela RNPV, e com base nesses valores, produziu-se por interpolação o mapa que se apresenta na figura 42. Esta zonagem do território foi utilizada como um factor regional de eficácia.

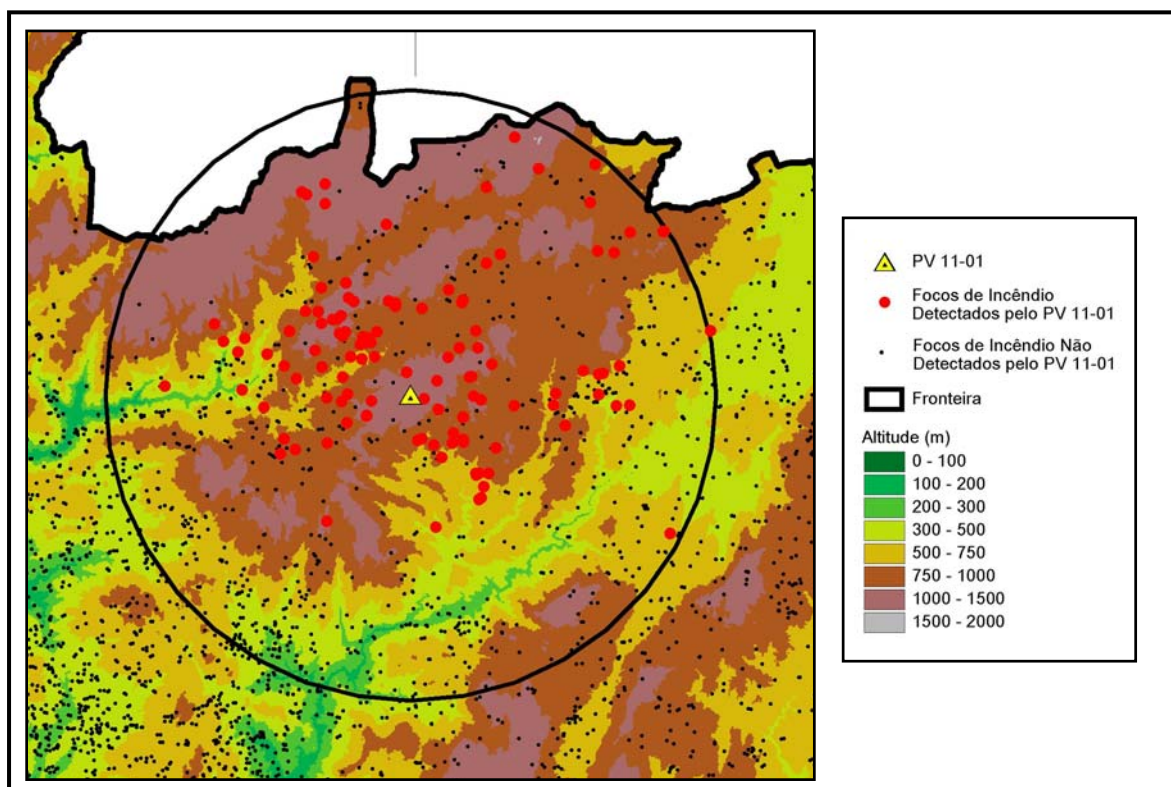


Figura 41. Focos de incêndio registados entre 2001 e 2003 num raio de 25 km em redor do posto de vigia 11-01. Os focos detectados pelo posto de vigia em causa estão assinalados a vermelho, encontrando-se os restantes assinalados a preto .

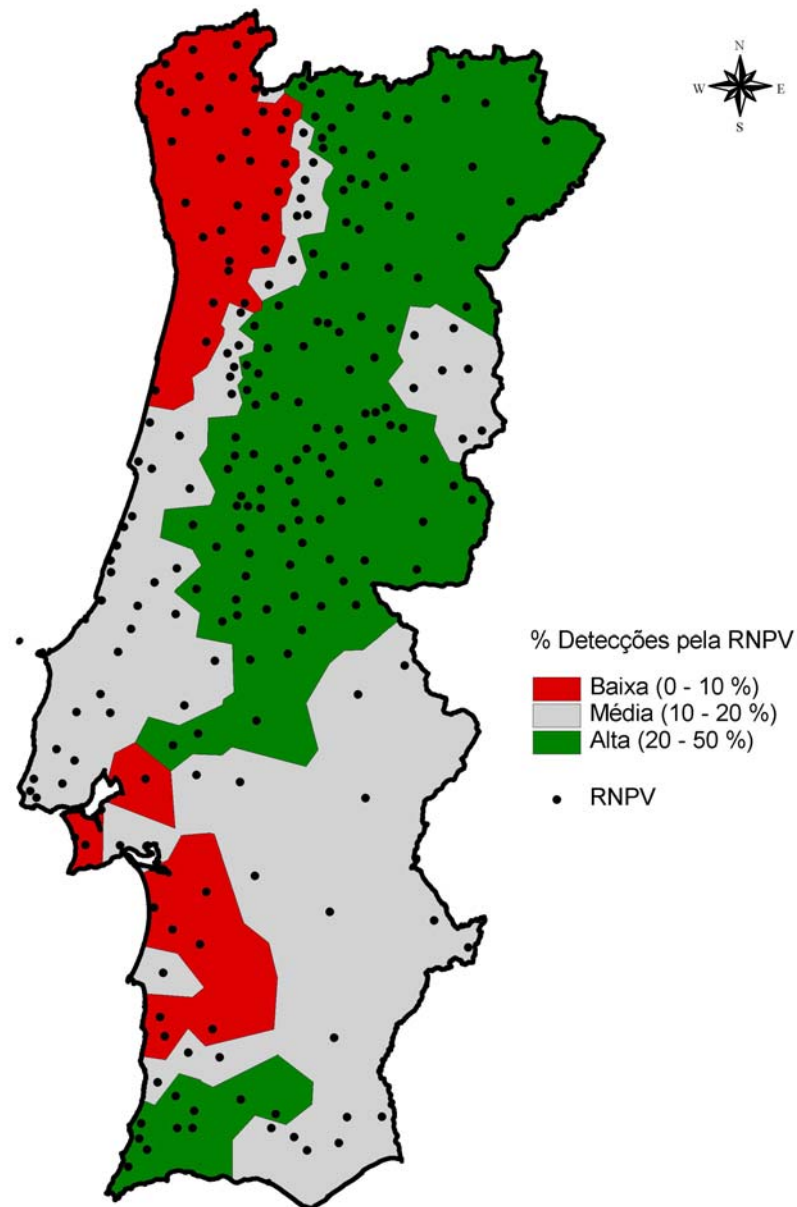


Figura 42. Zonas do território continental em que a RNPV apresenta um maior ou menor grau de eficácia na detecção de focos de incêndio (% de detecções efectuadas pelos postos de vigia relativamente a todos os focos de incêndio detectados num raio de 25 km em seu redor). Baseado nos dados nacionais das detecções efectuadas em três anos (2001-2003, DGRF).

Da análise do efeito conjugado dos factores Zona e Cobertura (figura 43) parece claro que o aumento de visibilidade expresso pelo factor Cobertura não consegue ultrapassar os limiares característicos das respectivas zonas geográficas.

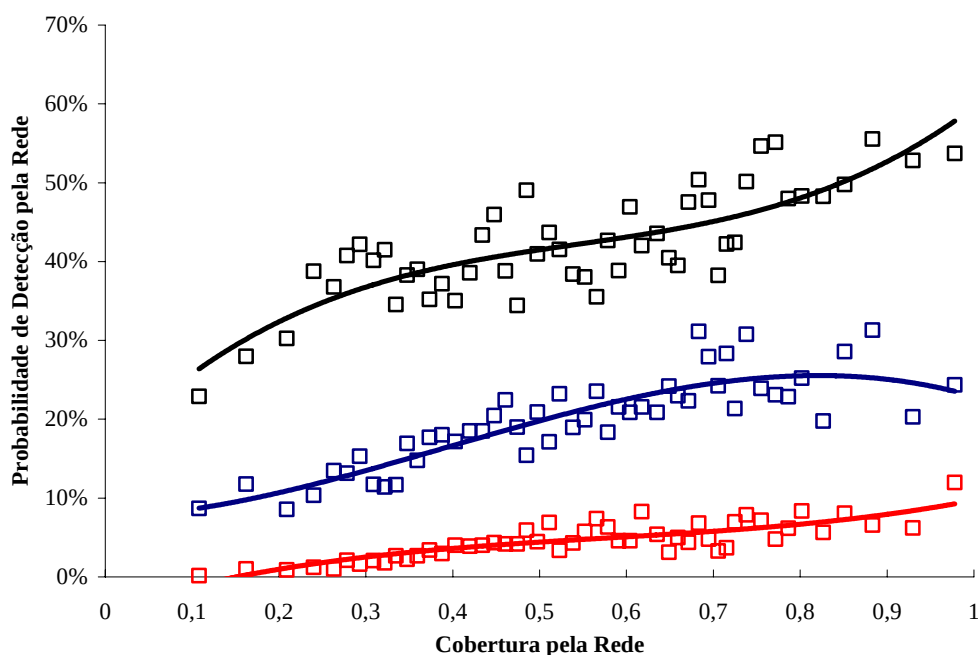


Figura 43. Percentagens de probabilidade de detecção pela RNPV em função do grau de cobertura e da zona geográfica considerada (vermelho - zona mais desfavorável; azul - zona intermédia; preto - zona mais favorável).

Assim, mesmo com uma cobertura excelente por parte da RNPV, a probabilidade de que um fogo nascente seja detectado pela Rede não excede os 10 % na zona mais desfavorável, varia entre 10 a 30 % na zona de características médias, e só atinge valores mais elevados, entre 30 e 60 %, na zona mais favorável. Pode também observar-se na figura 42 que os valores de detecção mais desfavorável correspondem a um grau de cobertura inferior a 0,3 e que os mais favoráveis correspondem a um grau de cobertura acima de 0,7.

As variações regionais de eficácia podem ser igualmente observadas se analisarmos a percentagem de detecções efectuada pela Rede, relativamente ao número total de detecções, ao nível de cada distrito (ver fig.44). Desta análise efectuada aos dados de três anos (2001-2003), verifica-se que de facto a taxa média de detecção pela RNPV varia extraordinariamente.

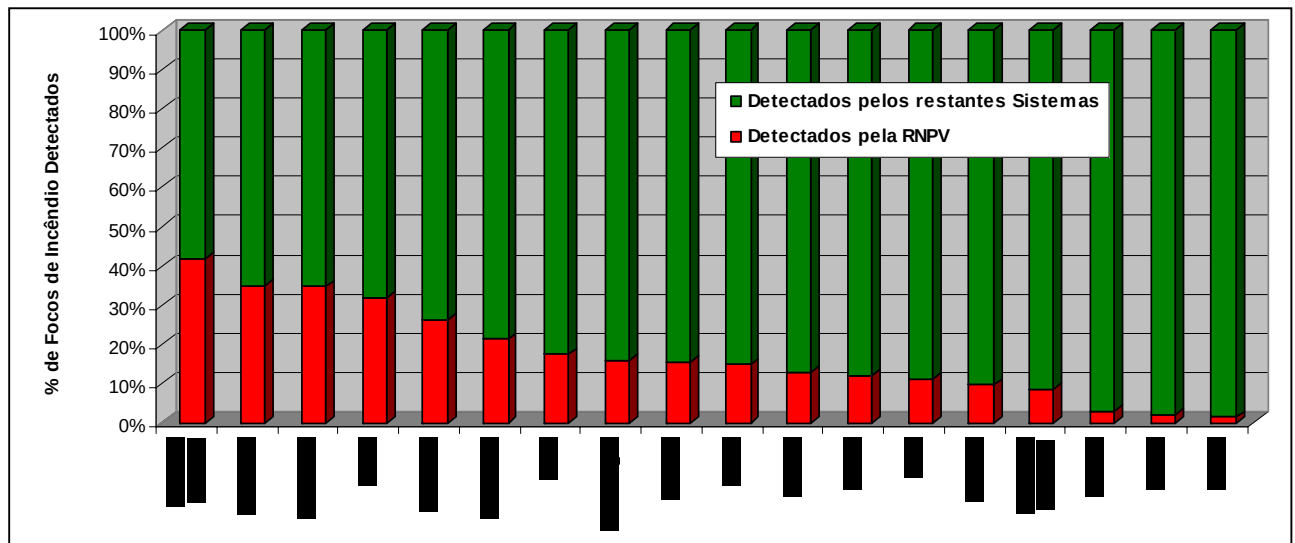


Figura 44. Percentagens de focos de incêndio detectados pela RNPV relativamente ao número total de detecções efectuadas ao nível distrital (média de três anos: 2001-2003).

Estas acentuadas diferenças regionais deverão estar em parte relacionadas com a densidade populacional e com o facto de a grande maioria dos focos de incêndio serem detectados pela população. Porém este factor não deverá ser o único responsável. Na figura 45 é possível visualizar lado a lado as zonas onde a RNPV é mais ou menos eficaz na detecção, e as zonas com maior e menor densidade populacional (ME, 2005 – baseado em dados do INE, 2001).

Uma análise de regressão efectuada ao nível distrital, mostra que a eficácia de detecção da Rede Nacional de Postos de Vigia está relacionada com a densidade populacional de forma significativa ($p = 0,041$), e com a densidade de focos de incêndio ($p = 0,042$). É ainda interessante verificar que não se relaciona directamente com a densidade de postos de vigia ($p = 0,419$).

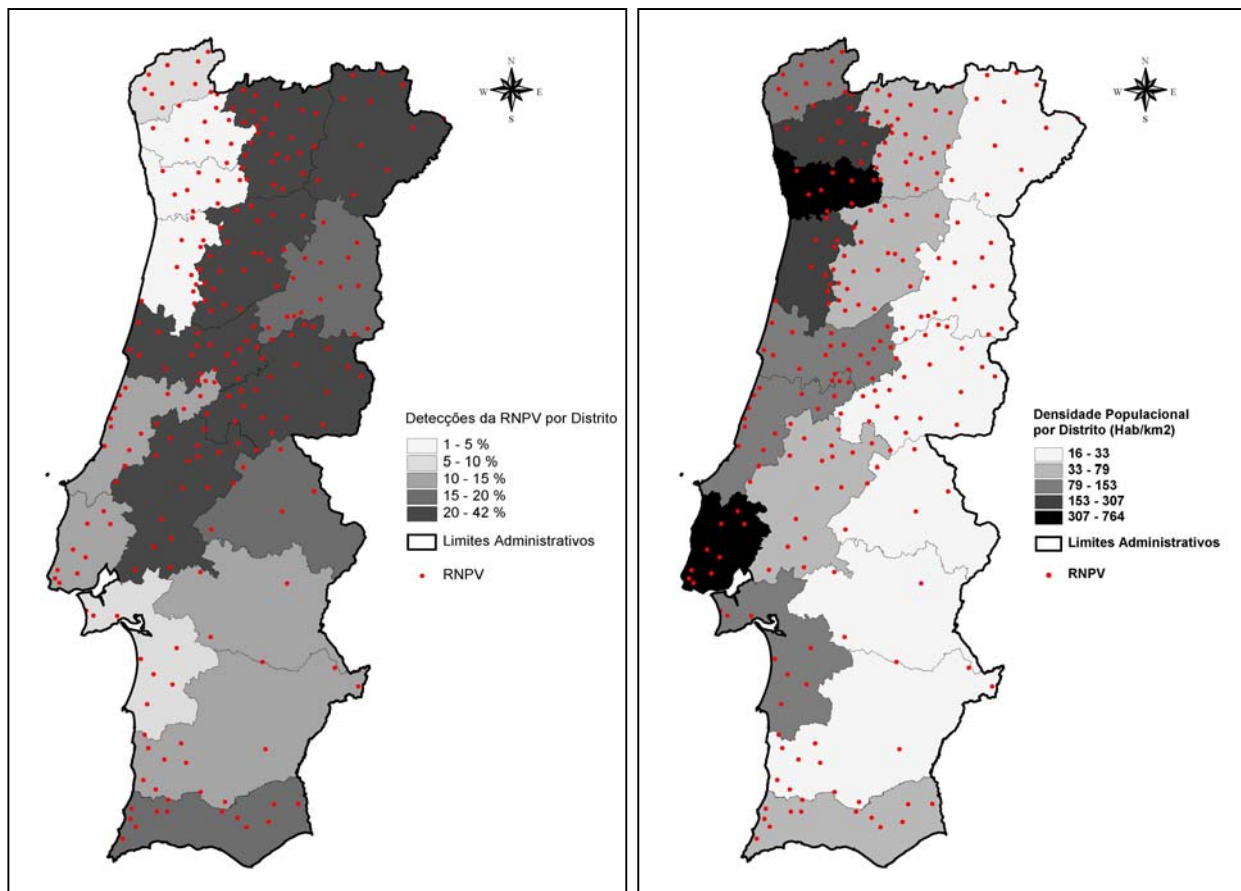


Figura 45. Comparação visual entre a eficácia de detecção da Rede e a densidade populacional, ao nível distrital. No mapa à esquerda, apresentam-se as percentagens de detecção pela RNPV em relação ao total (média de três anos: 2001-2003), e no mapa da direita a densidade populacional (habitantes/km²).

Posteriormente foi então possível calcular as probabilidades de detecção considerando simultaneamente o efeito dos factores Cobertura, Zona e Hora, o que corresponde a nove combinações entre as três classes de cobertura e as três zonas, para as 24 horas do dia. A observação dos padrões da figura 46 mostra claramente que, para além de uma influência importante das zonas (representadas pelas três cores) e das classes de cobertura (representadas pelas diferentes espessuras das curvas ajustadas), existe um fortíssimo padrão ao longo do dia, atingindo os maiores valores ao princípio da tarde.

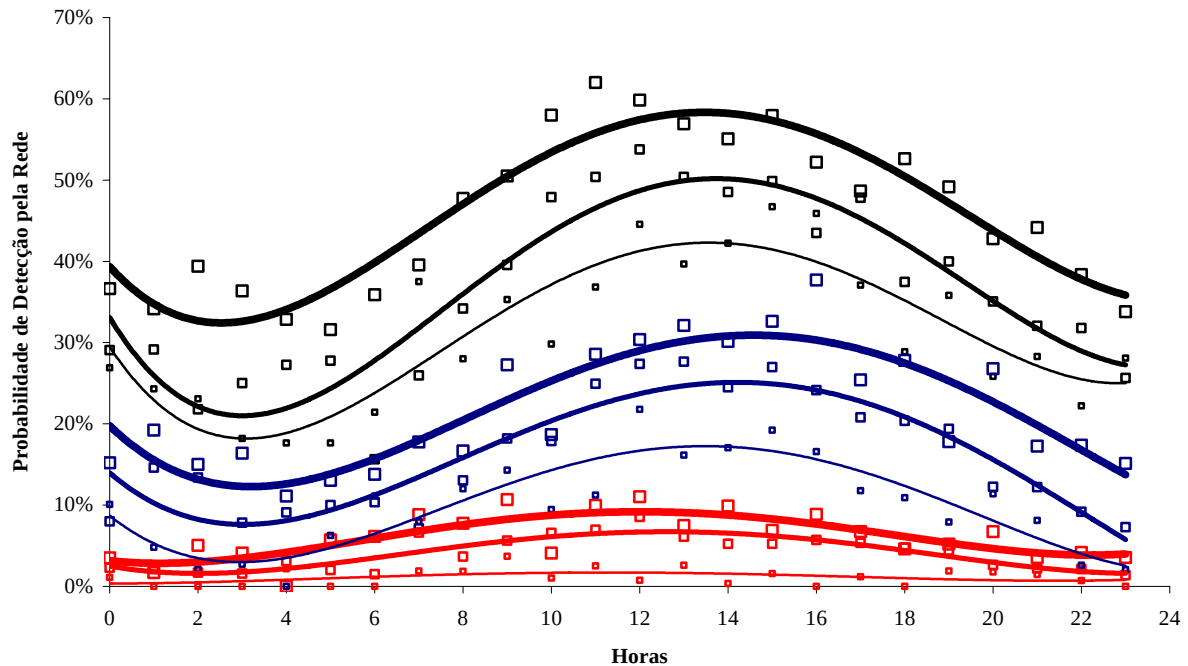


Figura 46. Efeito simultâneo dos três factores na probabilidade de detecção pela Rede. As horas do dia são representadas em abcissa, as diferentes zonas com diferentes cores, e as diferentes classes de cobertura com diferentes espessuras das curvas polinomiais ajustadas.

Da análise da figura 46, conclui-se que a hora do dia tem uma grande importância na eficácia de detecção da Rede, mas ainda assim o efeito da zona geográfica continua a ser o mais condicionador dessa eficácia. Verifica-se ainda que a importância do grau de cobertura é tendencialmente maior nas zonas geográficas e nas alturas do dia mais favoráveis às detecções pela Rede.

Relativamente à distribuição das detecções ao longo do dia, a probabilidade de ocorrência de incêndios varia consideravelmente ao longo do dia, devendo este facto ser tido em consideração pelos vigilantes (Artsybashev, 1984).

Os resultados da análise efectuada neste trabalho mostram que a distribuição dos fogos ao longo do dia segue uma curva aproximada da normal, com um valor máximo entre as 14 e as 16 h e um mínimo entre as 5 e as 7 h da manhã. Relativamente à questão da detecção diurna *versus* detecção nocturna, é frequentemente dada pouca importância à detecção nocturna. Porém, da análise efectuada aos dados de 357353 detecções efectuadas nos últimos 15 anos (1989-2003) pelos diferentes sistemas de vigilância no nosso país, revela que cerca de 25 % das detecções

ocorreram durante o período noturno; para esta análise considerou-se um período diurno entre as 6 e as 21 horas, por se verificar que a grande maioria das detecções são feitas nos meses de Verão. A análise destes dados mostra que a detecção noturna tem uma importância relevante, embora se verifique que a grande maioria dos fogos (75 %) são detectados durante o dia.

Da análise efectuada conclui-se também que entre as 9 h e as 17 h, período este que abrange as horas em que se regista a deflagração de mais focos de incêndio, a RNPV é proporcionalmente mais eficaz na sua detecção do que os restantes sistemas de detecção existentes (ver fig. 47), sendo porém menos eficaz durante o restante período.

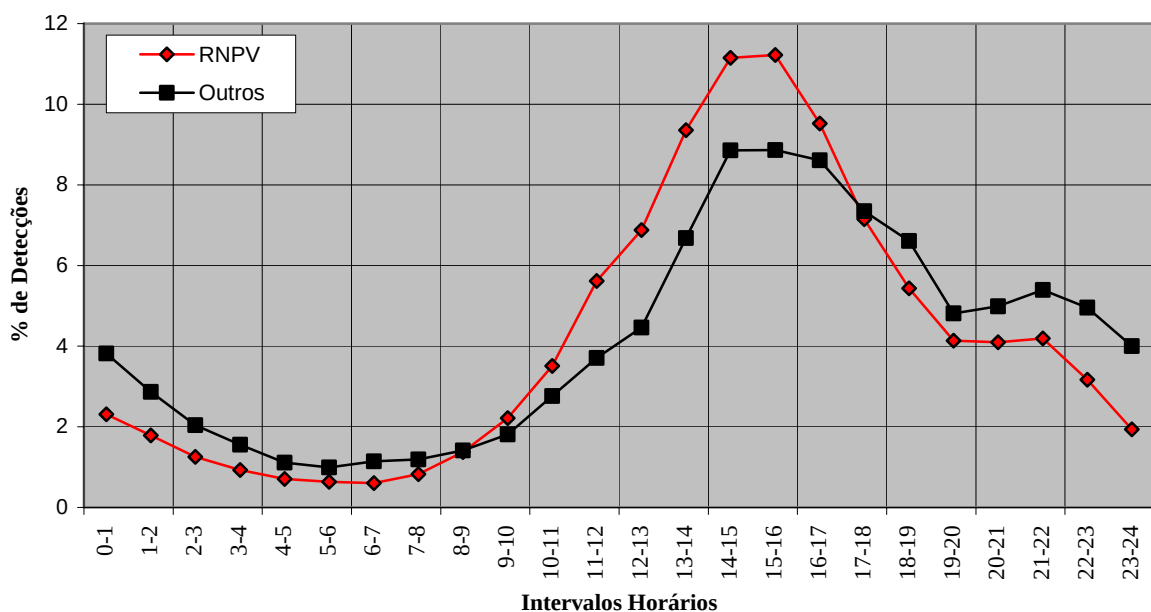


Figura 47. Relação entre a percentagem do número de focos de incêndio detectados, ao longo do dia, pela RNPV e pelos restantes sistemas de vigilância existentes. Baseado em 26543 detecções efectuadas em 3 anos (2001-2003, DGRF).

A importância prática dos resultados obtidos pode ser muito grande. Por um lado, a existência de limitações regionais à eficácia dos postos parece ser evidente, pelo que o investimento neste tipo de vigilância nas zonas mais desfavoráveis deverá ser preterido em detrimento do investimento em áreas mais favoráveis. Por outro lado, o reconhecimento da existência de horas e de áreas em que a eficácia de detecção da RNPV é bastante reduzida, permite que sejam canalizados esforços complementares de outros tipos de sistemas de vigilância, tais como as brigadas móveis terrestres.

6 PROPOSTA DE MEDIDAS A ADOPTAR NA REESTRUTURAÇÃO DA RNPV

6.1 INTRODUÇÃO

Nos capítulos anteriores foram estudados e analisados os factores que influenciam a cobertura e o desempenho da RNPV. O objectivo do presente capítulo é propor um conjunto de possíveis cenários alternativos visando a melhoria da rede em termos de cobertura e eficácia.

A configuração da RNPV e o seu desempenho actual são fruto de vários factores. Em primeiro lugar a rede foi sendo construída de forma continuada ao longo de várias décadas numa política descontínua de aumento de cobertura, sempre tendo como ponto de partida os postos já existentes não optimizando as localizações de forma integrada. Em segundo lugar a importância das áreas a vigiar sofreu alterações, quer pela criação de áreas protegidas, quer pelo progressivo abandono de explorações agrícolas, hoje convertidas em áreas florestais. Por último, o surgimento e massificação dos meios de comunicação, nomeadamente o uso de telemóveis, fez aumentar o número de alertas por parte da população, tornando-se em particular nas zonas mais densamente povoadas um forte concorrente da RNPV. Por este conjunto de factores, considerou-se relevante reanalisar a rede, por forma a proporcionar aos seus gestores uma ferramenta de trabalho útil na tomada de decisões.

Antes do estudo de três propostas para a reestruturação da RNPV é apresentada uma configuração construída de raiz, tendo como objectivo manter uma cobertura e eficácia semelhantes à garantida pelos postos que actualmente constituem a RNPV. Pretende-se com esta análise identificar o número mínimo de postos de vigia que garantiriam o mesmo nível de cobertura da actual rede, e avaliar assim a margem de progressão de eficácia da rede actual. Sendo irrealista pensar na implementação desta proposta, o seu real objectivo é estabelecer uma referência que permita uma comparação quer face à actual rede, quer relativamente às restantes propostas apresentadas.

São seguidamente propostas três abordagens distintas para a reestruturação da RNPV:

A primeira proposta consiste na remoção dos postos de vigia que, pela sua localização, pouco valor acrescentam à cobertura e eficácia da RNPV. Na base desta proposta está a construção de

rankings de valorização dos postos actuais, inseridos no contexto da rede, obtendo-se assim uma lista ordenada com a contribuição de cada posto para a vigilância global. Com base nesta lista será possível identificar os postos menos “valiosos” no contexto actual, permitindo avaliar a sua possível desactivação.

A segunda proposta consiste no reposicionamento de postos. São novamente determinados os postos que menos contribuição apresentam e são ordenadamente deslocados para o local onde a sua contribuição para a vigilância global será máxima.

A terceira proposta consiste na adição de novos postos de vigia à Rede. Mantendo a estrutura actual tal como está, são calculados os locais onde será mais valioso, de acordo com a cartografia de prioridades de vigilância produzida, adicionar um novo posto de vigia.

Importa referir que qualquer das abordagens apresentadas tem o âmbito geográfico da totalidade do território continental, ou seja, a remoção, a recolocação, a adição e obviamente a configuração construída de raiz, todas têm sempre como objectivo a maximização da cobertura a nível de todo o território continental, e não a nível distrital ou regional.

6.2 METODOLOGIA

6.2.1 CARTOGRAFIA UTILIZADA

A metodologia usada neste capítulo baseia-se em grande parte na utilização de cartografia já anteriormente apresentada. Assim, utilizou-se o modelo altimétrico já apresentado no capítulo 3, a carta de prioridades de vigilância que se apresenta no capítulo 4 (fig. 26), que considera simultaneamente o risco de incêndio e o interesse público, e a carta apresentada no capítulo 5 (fig. 41), que identifica as zonas de maior ou menor eficácia de detecção pelos postos de vigia. A partir da integração da carta de prioridades e da carta de eficácia, foi produzida uma nova carta, que passará a ser designada por ‘carta de prioridades e eficácia’. A cada classe da carta de eficácia foi atribuído um determinado peso (alta: 0,432; média: 0,190; baixa: 0,045) sendo a carta de prioridades e eficácia obtida pelo produto das duas componentes.

Relativamente ao cálculo da probabilidade de detecção, a equação usada foi do mesmo tipo das utilizadas na determinação da probabilidade de detecção em função da distância, mas agora utilizando a altura da coluna de fumo detectável como variável explicativa. O modelo ajustado foi:

$$PD_i = \exp [- y^2 / (2 a_1^2)] [1 + a_2 \cos (2\pi y/w)] / (1 + a_2)$$

em que:

PD_i é a Probabilidade de detecção do foco pelo posto i , em função da altura da coluna de fumo, y é a altura da coluna de fumo detectável (m),

a_1 e a_2 são parâmetros de ajustamento, e

w é a altura limite de detecção útil aqui determinada em 75 m.

Para as detecções de todos os postos de vigia obtivemos: $a_1 = 18,75$ m e $a_2 = 0,40$.

Esta função apresenta uma probabilidade de detecção de 1 para uma altura da coluna de fumo detectável de 0 (pressuposto do modelo), decrescendo essa probabilidade com a altura da coluna de fumo detectável.

A probabilidade de que um foco de incêndio não seja detectado em primeiro lugar pela RNPV é, supondo que as observações são independentes, o produto das probabilidades de que não seja detectado por cada um dos n postos vigia que estejam na sua vizinhança. E assim a probabilidade de que o foco seja detectado pela rede (PD) pode ser obtida pela equação:

$$PD = 1 - (1-PD_1) (1-PD_2) \dots (1-PD_n)$$

Foi esta a abordagem considerada nesta análise por ser a que, baseada nos princípios referidos em anteriores capítulos, tornava mais eficiente a aplicação computacional.

É ainda de referir que para a quantificação da probabilidade de detecção nos postos de vigia que actualmente não existem, ou seja nas novas potenciais localizações analisadas, considerou-se uma altura da plataforma de 10 metros.

6.2.2 A APLICAÇÃO SOMBRAS

Para que fosse possível chegar a resultados óptimos para as várias propostas de reestruturação estudadas, foi necessário calcular e avaliar um número muitíssimo elevado de alternativas. Para que fosse possível por um lado, obter resultados em tempo útil, e, por outro, utilizar métodos e algoritmos especializados, desenvolvidos em pontos anteriores deste trabalho, revelou-se necessário recorrer a *software* desenvolvido especificamente para este propósito.

Assim, todos os resultados deste ponto foram calculados com base na aplicação SOMBRAS, desenvolvida pelo INOV, a qual foi inicialmente criada para o estudo e determinação de configurações óptimas em sistemas de videovigilância florestal. Esta aplicação teve de sofrer várias adaptações e receber adicionalmente os novos métodos e algoritmos já referidos, para além de muitas optimizações no sentido de suportar informação de base de âmbito geográfico de todo o continente.

6.2.3 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DOS MAPAS DE PROBABILIDADE DE DETECÇÃO

Para que fosse possível recorrer a algoritmos automáticos para a optimização da distribuição de postos mostrou-se necessário definir um método objectivo para a avaliação dos mapas de probabilidade de detecção, sejam estes resultantes da presença de um posto ou de uma configuração composta por vários postos.

O método de avaliação teria de partir obrigatoriamente da cartografia de prioridades definida anteriormente, pesando o valor de cada unidade de área com a probabilidade de detecção média nessa mesma área. Assim, a expressão utilizada para obter uma pontuação objectiva para cada mapa de probabilidades de detecção foi a seguinte:

$$P = \sum_i PD_i \times V_i \quad (1)$$

Em que:

P é a pontuação obtida pelo mapa de probabilidades de detecção em avaliação;

PD_i é a probabilidade média de detecção no quadrado i ;

V_i é o valor da cartografia de prioridade de vigilância do quadrado i .

Por motivos de eficiência do programa utilizado tornou-se necessário converter a cartografia de prioridades para uma resolução múltipla da resolução do modelo altimétrico. Assim, dado que a resolução do modelo digital altimétrico utilizado é de 90 metros e a resolução da cartografia de prioridades é de 1000 metros, efectuou-se a conversão da resolução da cartografia de prioridades para os 990 m, o que simplifica a aplicação da expressão (1), sendo computacionalmente muito vantajoso. A conversão da cartografia de prioridades para os 990 m foi uma conversão pesada de acordo com os valores e as áreas da cartografia de base.

Para além da expressão (1), que permite calcular uma pontuação objectiva a partir de um dado mapa de probabilidades de detecção, é possível também definir uma pontuação percentual, que poderá ser interpretada como uma forma de valorização global. Para o cálculo desta pontuação percentual é necessário proceder a uma normalização, atribuindo o valor 1 à pontuação máxima atingível:

$$P_{\max} = \sum_i 1 \times V_i \quad (2)$$

Em que:

$P_{\max}$ é a pontuação máxima possível;

V_i é o valor da cartografia de prioridade do quadrado i .

Com base nos resultados das expressões (1) e (2) podemos definir uma valorização percentual ($P\%$), que é um valor de interpretação bastante mais intuitiva:

$$P_{\%} = \frac{P}{P_{\max}} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

$P_{\%}$ é a pontuação percentual obtida pelo mapa de probabilidades em avaliação;

P é a pontuação obtida pelo mapa de probabilidades em avaliação;

$P_{\max}$ é a pontuação máxima possível;

$P_{\%}$ pode ser interpretado como uma probabilidade média de detecção (em percentagem), ponderada pela carta de prioridades.

6.2.4 CONSTRUÇÃO DE UMA BASE DE POTENCIAIS LOCAIS PARA INSTALAÇÃO DE NOVOS POSTOS DE VIGIA

A recolocação e adição de novos postos, bem como a construção de configurações de raiz, pressupõe a determinação prévia de um conjunto de possíveis locais de vigilância de entre os quais foram seleccionados os novos locais propostos. Por limitações computacionais e temporais, a dimensão deste conjunto não pode ser demasiadamente elevada. Importava assim, partindo do modelo altimétrico, da cartografia de prioridades e de eficácia, calcular um conjunto vasto de locais com potencial de vigilância elevado, que servisse de base aos algoritmos subsequentes de selecção de locais para recolocação e adição de postos de vigia.

A construção desta base global de potenciais novos locais de vigilância fixa foi efectuada recorrendo a um algoritmo implementado na aplicação SOMBRAS, descrito pelos passos seguintes:

1. Dividir da zona a vigiar em quadrículas de dimensão constante;
2. Procurar, para cada quadrícula, o ponto mais elevado e, se este ponto for um pico, calcular o seu mapa de probabilidades de detecção;
3. Avaliar individualmente todos os mapas de probabilidade de detecção calculados, descartar os menos valiosos, até se obter um conjunto de dimensão adequada ao próximo passo;
4. Calcular as zonas de sobreposição entre cada par de mapas de cobertura restantes; começando nos casos de maior sobreposição, eliminar o ponto menos valioso do par até se obter um conjunto de dimensão suportável aos algoritmos seguintes.

Na situação em causa, e dada a significativa dimensão da zona a vigiar e o elevado peso da informação de base, foi utilizada no passo 1 do algoritmo uma quadrícula de 990 metros, igual à da carta de prioridades produzida anteriormente. Foram encontrados no passo 2 os picos assinalados na figura 48. Este número total de possíveis locais de vigilância era ainda demasiado elevado para que pudessem aplicar em tempo útil os algoritmos de recolocação e adição dos pontos seguintes, pelo que se justifica assim a aplicação dos passos 3 e 4, descritos a seguir.

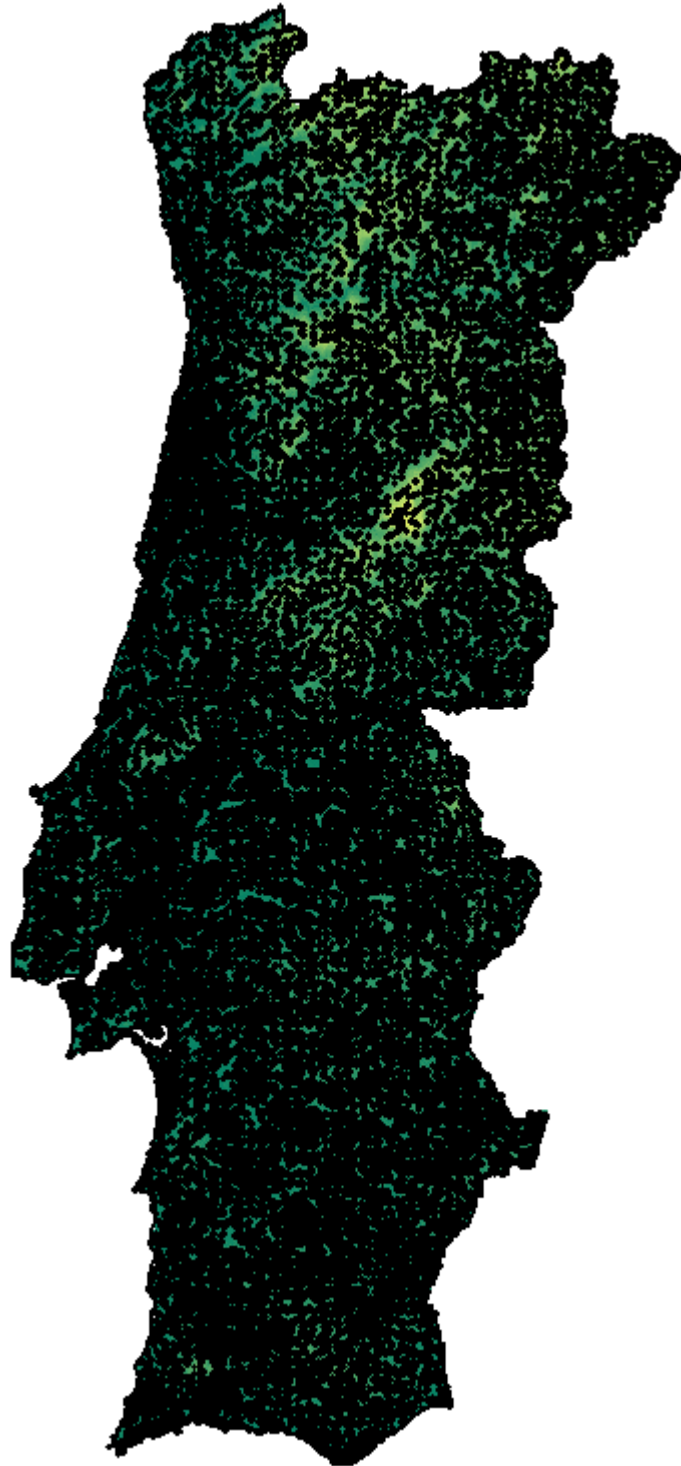


Figura 48. Distribuição nacional do conjunto composto por todos os locais de vigilância calculados.

O passo 3 consiste na avaliação individual dos mapas de probabilidade e na eliminação dos menos valiosos. Este processo de eliminação é significativamente mais eficiente que o utilizado no passo 4, pelo que seria interessante eliminar nesta fase um número significativo de locais. No entanto, verificou-se que os locais menos valiosos se encontravam muito concentrados em determinadas regiões do país, pelo que a eliminação de muitos locais levaria inevitavelmente a que essas zonas ficassem sem vigilância. Assim, não foi possível eliminar tantos locais como desejável, restando no final do passo 3 um número ainda demasiadamente elevado para a execução em tempo útil dos algoritmos de recolocação e adição. Na figura 49 é possível observar os locais que foram eliminados no passo 3 do algoritmo de procura de novos locais.

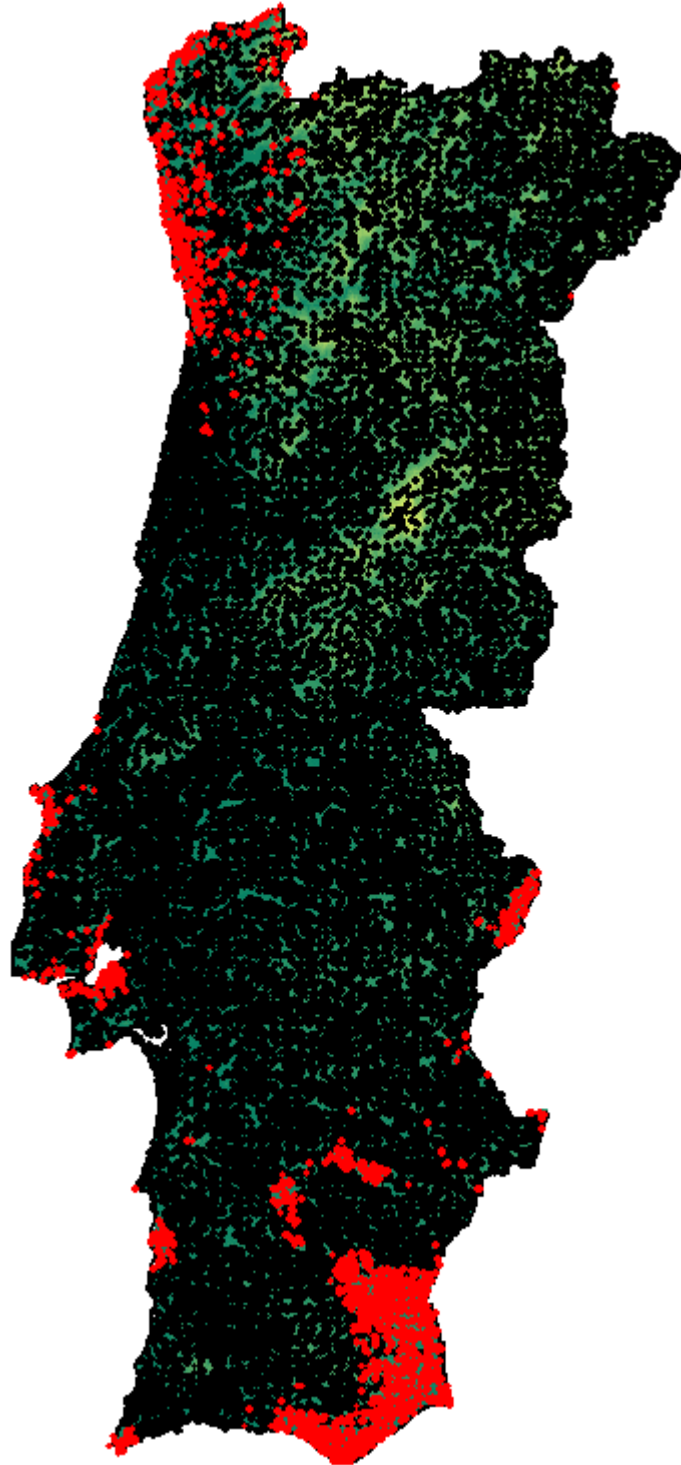


Figura 49. Locais eliminados no passo de avaliação individual, marcados a vermelho.

O passo 4 do algoritmo de selecção da base de novos locais de vigilância consiste na eliminação de locais por avaliação das zonas de sobreposição. Por questões de eficiência, considerou-se que a sobreposição não seria significativa entre locais afastados mais de 50 km, pelo que só foram calculadas as zonas de sobreposição para pares de locais cuja distância não ultrapassa este valor. Dado ser este o último passo do algoritmo de procura de novos locais foi necessário eliminar uma quantidade elevada de pontos, de forma a que o número de pontos restante não resultasse numa execução demasiadamente demorada dos algoritmos seguintes. Na figura 50 é possível observar os locais que foram eliminados no passo 4 do algoritmo de procura de novos locais.

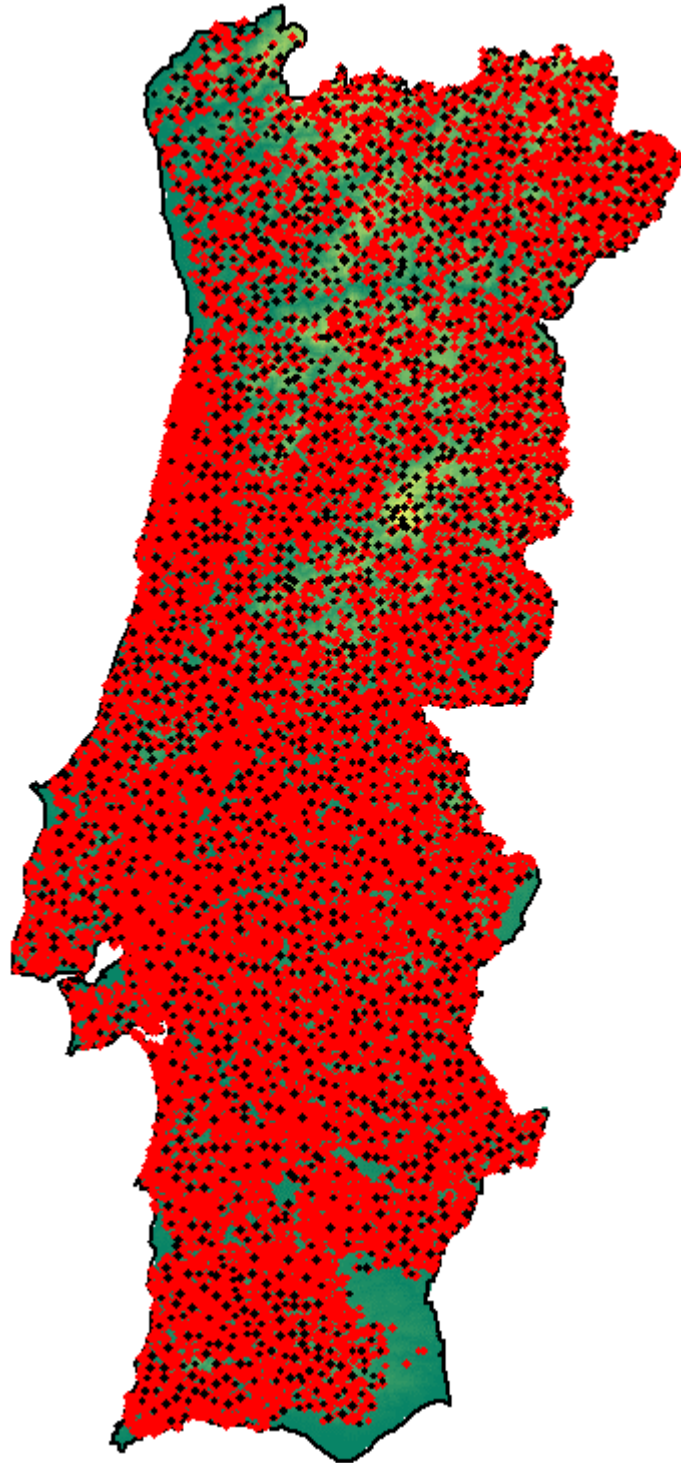


Figura 50. Locais eliminados no passo de avaliação de sobreposição, marcados a vermelho.

Na figura 51 é possível observar os locais que constituem o conjunto base de novos potenciais locais de vigilância, de onde serão escolhidos locais para recolocação dos postos existentes e para adição de novos locais à rede.

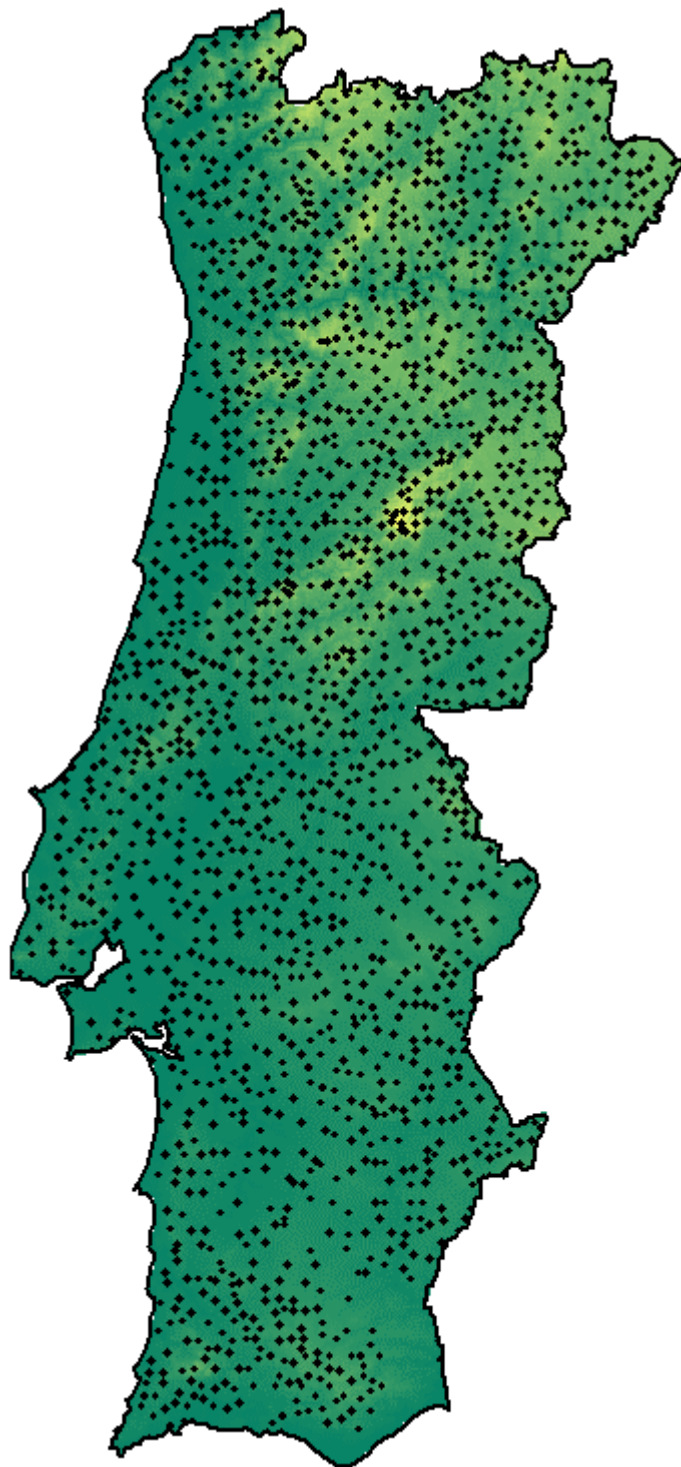


Figura 51. Conjunto base de novos potenciais locais de vigilância.

São apresentados de seguida os aspectos metodológicos específicos relativos às várias propostas para a reestruturação da RNPV.

6.2.5 SOLUÇÃO CONSTRUÍDA DE RAIZ

A construção de uma solução de raiz não tem como alvo propor uma reestruturação total da RNPV, mas sim apresentar uma situação de referência para a eficiência desta mesma rede.

Seria desejável construir uma configuração de raiz óptima, mas o número total de configurações possíveis é demasiado elevado. Assim, sendo impossível garantir o cálculo da configuração óptima, resta procurar obter a melhor solução possível dentro do tempo e dos recursos computacionais disponíveis. Para tal recorreu-se a um algoritmo que permite a determinação de soluções que, embora não sejam óptimas, garantem uma solução bastante adequada, como os próprios resultados apresentados mais à frente demonstram.

Para a construção de uma solução de raiz, o conjunto de pontos do conjunto base de locais de vigilância mostrou ter ainda um número demasiado elevado, levando a que o processo demorasse um tempo excessivo. Assim, foi necessário recorrer novamente aos métodos de eliminação de locais por valorização individual e de eliminação de locais por avaliação de sobreposição para chegar a um conjunto com menos locais, mais adequado à construção de uma solução de raiz. A Figura 52 apresenta os locais que serviram de base à construção de uma configuração de raiz.

6.2.6 PROPOSTA PARA A REMOÇÃO DE POSTOS

O cálculo de soluções usado para a proposta de remoção de postos de vigia não envolve, obviamente, a necessidade de novos locais de vigilância, sendo necessário apenas efectuar uma avaliação ordenada dos actuais, usualmente designada por *ranking*, de forma a ser possível seleccionar os que deverão ser removidos, caso seja essa a abordagem a seguir. Foram utilizados dois métodos para o cálculo de dois *rankings* dos postos de vigia actuais: o método da adição e o método da remoção:

O método da adição parte de uma configuração sem qualquer posto, e avalia a contribuição que a adição de cada posto individualmente proporcionaria. É, então, adicionado o posto cuja

contribuição é mais valiosa, e é repetido o processo sucessivamente até que todos os postos tenham sido adicionados. Resulta assim, uma lista ordenada desde o posto mais valioso até ao menos valioso, num contexto em que a colocação de conjunto influencia as pontuações individuais.

O método da remoção é análogo ao da adição. Parte de uma configuração inicial com todos os postos da rede actual, e avalia a contribuição que se perde pela remoção de cada posto individualmente. É então, removido o posto cuja contribuição é menos valiosa, e é repetido o processo sucessivamente até que todos os postos tenham sido removidos. O resultado é, novamente, uma lista ordenada desde o posto mais valioso até ao menos valioso, num contexto em que a colocação de conjunto influencia as pontuações individuais.

6.2.7 PROPOSTA PARA A ADIÇÃO DE NOVOS POSTOS

A proposta para a adição de novos postos tem por base o cálculo de novos locais de vigilância, já descrito anteriormente. O algoritmo utilizado é semelhante ao já descrito no processo de avaliação dos postos actuais pelo método de adição. Assim, partindo de uma configuração base que corresponde à da actual RNPV, foi avaliado o acréscimo de valor que seria obtido pela possível adição individual de cada um dos novos locais calculados. Foi então adicionado o local que apresentou melhor contribuição e foi repetido o processo até que o ganho se mostrou negligenciável.

6.2.8 PROPOSTA PARA A RECOLOCAÇÃO DE POSTOS

A proposta para a recolocação de postos consiste na remoção dos piores, sendo estes simultaneamente substituídos por novos locais considerados óptimos do ponto de vista da valorização definida.

Para a elaboração desta proposta recorreu-se a métodos que surgem na sequência dos já descritos para a remoção e adição de postos de vigia. Partindo de uma configuração correspondente à actual RNPV, foi avaliada por remoção isolada de cada posto, a contribuição individual de cada um para o valor global. Seguidamente, foi removido o posto que menor contribuição apresentava, e foi avaliado e adicionado, de entre os novos potenciais pontos de vigilância, o que

apresentava melhor contribuição. O processo foi repetido sucessivamente até que o local a remover coincidiu com o local a adicionar, revelando que não era possível melhorar a configuração.

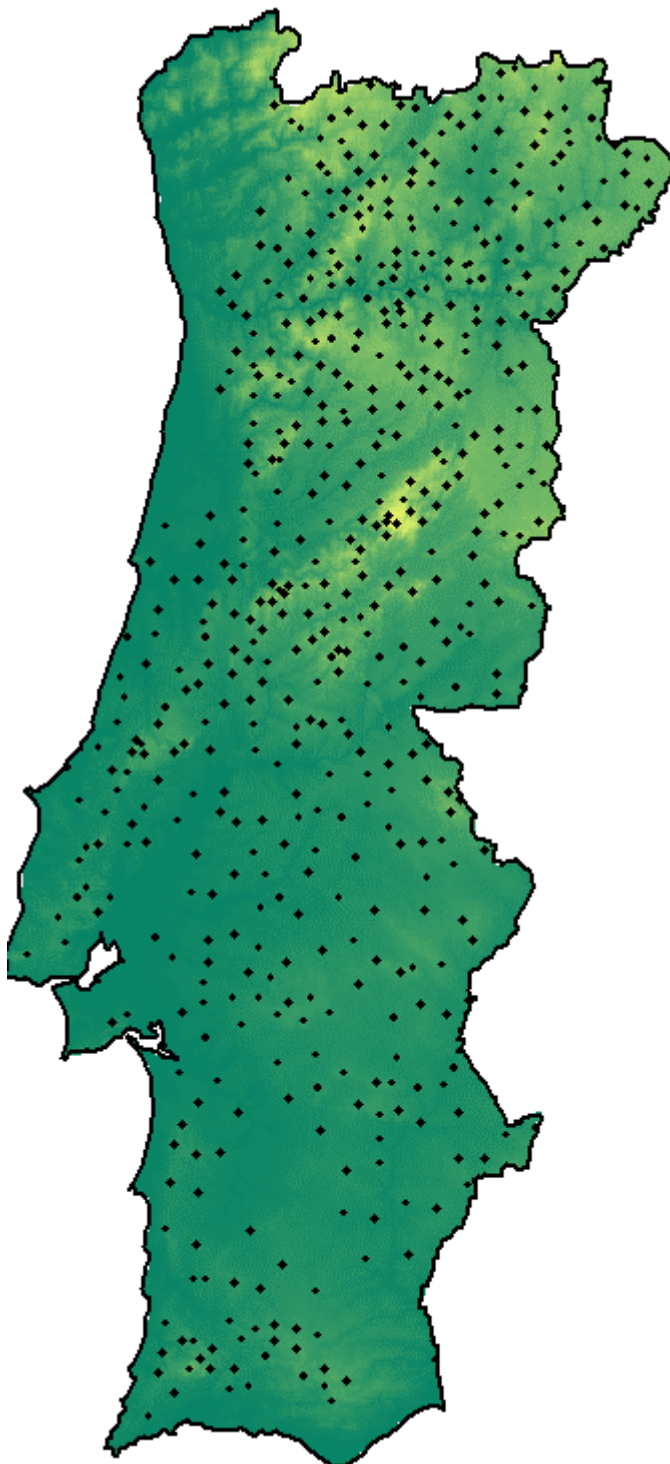


Figura 52. Locais que constituem o conjunto para a construção de uma solução de raiz.

O algoritmo utilizado para a construção de uma solução de raiz é sumariamente descrito pelos passos seguintes:

1. Partindo de um extremo da zona a cobrir, definir uma faixa de largura adequada ao esforço computacional que se pretende utilizar.
2. Utilizando apenas os locais que se encontram na faixa definida, calcular a configuração óptima que garante a cobertura dessa faixa.
3. Fixar os locais calculados e deslocar a faixa a cobrir, repetindo o processo até que toda a zona a vigiar esteja coberta.

Como se pode concluir, apesar deste algoritmo não garantir uma optimização global, permite uma solução aproximada de optimização por troços.

6.3 RESULTADOS

6.3.1 SOLUÇÃO CONSTRUÍDA DE RAIZ

A tabela 16 apresenta os 142 locais seleccionados para a constituição de uma configuração construída de raiz. Destes, 39 fazem parte da actual RNPV. A primeira coluna da tabela 16 apresenta o código do posto, caso o local seja um posto da actual RNPV. A segunda e terceira colunas apresentam as coordenadas do local. As colunas 4 a 6 são a continuação das anteriores.

Os 142 locais propostos garantem uma pontuação global de 51,8 %, superior aos 50,8 % garantidos actualmente pela RNPV, que conta com 236 postos. Este facto revela, acima de tudo, o profundo desajuste entre os critérios utilizados na construção da rede actual e os critérios definidos neste trabalho, claramente mais adequados à realidade actual do território continental.

Tabela 16. Pontos que constituem a configuração construída de raiz. A cobertura conseguida é superior à da RNPV actual, utilizando apenas 142 pontos de vigilância.

Código	Coordenada X	Coordenada Y		Código	Coordenada X	Coordenada Y
82_02	164643	38068			204513	256678
69_02	204693	44998			206043	175948
68_01	247713	197008			208113	336508
66_01	187503	204838			209733	383848
65_01	243213	289798			210903	68938
64_02	195333	234358			211173	243628
63_08	165363	46438			211173	357478
63_04	162573	74428			214053	203578
63_01	150513	112858			216753	403108
55_02	160773	241648			217293	273148
46_08	206133	434068			218193	532528
46_04	196323	401308			220893	224548
46_03	200823	413458			221433	256858
45_04	235113	421198			222963	155338
44_07	164823	328318			223053	99808
42_07	176253	317878			224763	426778
39_06	237093	301228			226203	366478
39_05	290193	347128			227643	357028
39_02	275523	329758			228183	441448
37_03	296223	433438			231243	488698
37_02	273003	447478			232503	461248
37_01	259953	422818			233133	328858
36_10	226383	289168			234213	545668
36_09	213603	293938			236283	200518
36_08	230703	311758			237633	381688
36_01	236013	340018			238713	409048
35_07	284703	402748			240603	367468
33_04	240243	403108			241863	252088
32_06	276063	359998			245553	140218
19_03	244653	470788			246993	434428
18_04	247803	492388			247263	450718
18_01	237093	508948			248973	104398
16_01	317373	484108			250413	389428
15_01	299103	500938			251853	345868
14_02	222693	459088			252573	536938
13_03	266883	500488			254373	173338
12_04	293703	550078			254463	317518
11_03	231603	519658			257793	270988
11_02	240423	529378			257883	465658
	120903	245428			259413	361348
	145923	36358			261123	350638
	148083	44188			261483	400948
	155103	178918			261663	379258
	156723	285388			261843	497338

Código	Coordenada X	Coordenada Y		Código	Coordenada X	Coordenada Y
—	158973	38878		—	263463	247678
—	159873	226978		—	267603	458458
—	160503	50038		—	269493	307888
—	164643	191338		—	270393	499588
—	166533	207898		—	274623	111238
—	176883	233638		—	278493	533338
—	177423	39148		—	278763	488878
—	180573	173968		—	280923	376288
—	180573	50938		—	284703	431188
—	180843	377818		—	286773	528028
—	183813	303028		—	286953	341278
—	184173	334618		—	287763	452338
—	186243	283588		—	289833	130858
—	188583	221128		—	290913	465298
—	188943	255058		—	294153	496708
—	194613	361438		—	297753	454408
—	194613	55438		—	298383	535408
—	194793	277288		—	298653	470158
—	195153	177928		—	306303	528208
—	195423	385468		—	312963	548458
—	196233	346678		—	313323	505348
—	199743	145258		—	315213	537028
—	200283	302758		—	315303	472138
—	203073	322648		—	327633	492388
—	203073	411208		—	331053	507958
—	203163	265588		—	341133	518668
—	204423	217618		—	349413	507418

A figura 53 apresenta a localização dos 142 pontos calculados. Verifica-se que a maximização da cobertura leva à concentração de postos de vigia nas zonas mais valorizadas na cartografia de prioridades e eficácia, ficando as zonas menos valorizadas despovoadas.

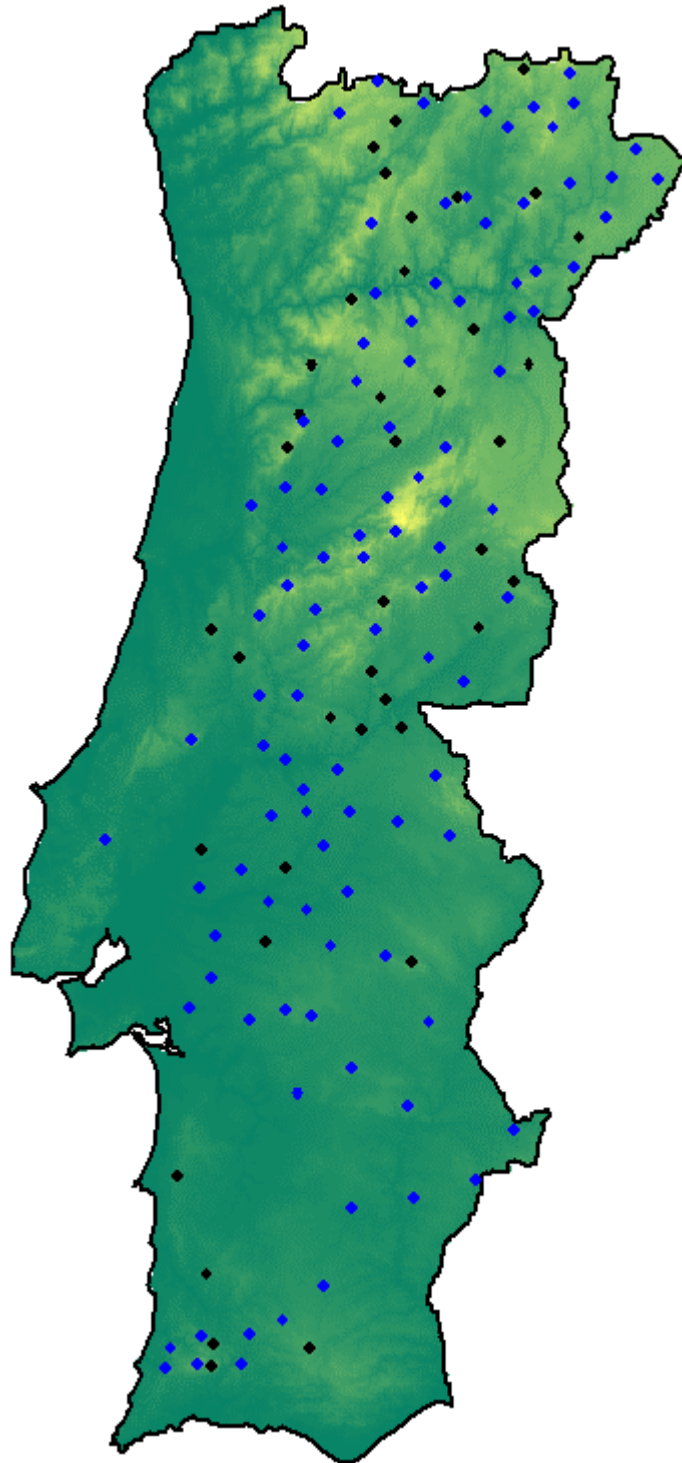


Figura 53. Localização dos 142 pontos que constituem a configuração construída de raiz. Os que são actuais postos da RNPV estão marcados a preto, os que são novos locais estão marcados a azul.

A figura 54 apresenta a cobertura conseguida pela solução proposta de raiz.

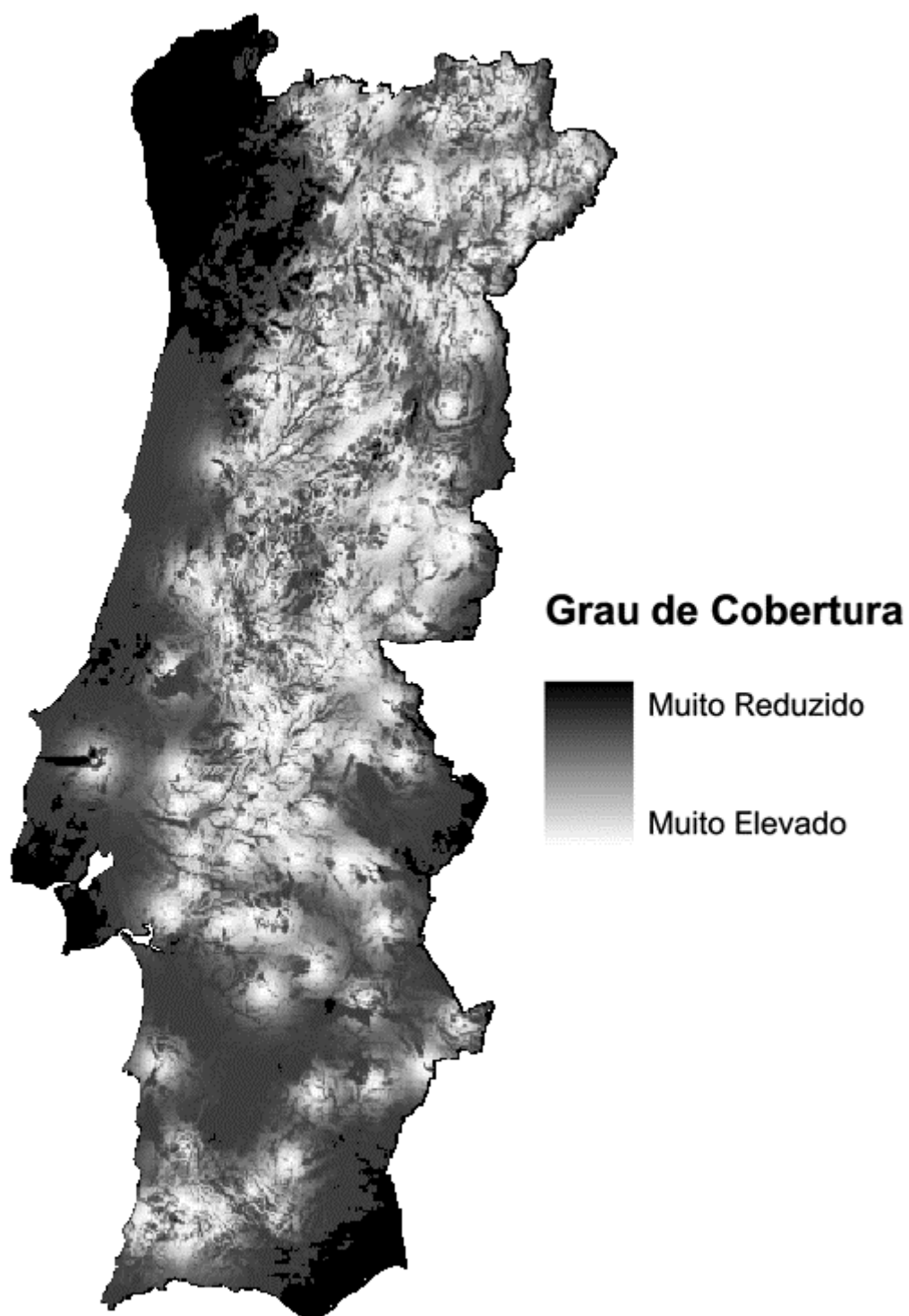


Figura 54. Cobertura conseguida pelos 142 pontos que compõem a configuração construída de raiz: 51,8 %, superior aos 50,8 % conseguidos pelos 236 postos da actual RNPV.

6.3.2 PROPOSTA PARA A REMOÇÃO DE POSTOS

A tabela 17 apresenta os resultados da avaliação dos postos actuais da RNPV no contexto da rede, pelo processo de remoção e pelo processo de adição explicados anteriormente. A lista encontra-se ordenada desde o posto que menos contribuição apresenta, até ao que mais contribuição apresenta, no contexto da rede actual.

A primeira coluna da tabela 17 apresenta os códigos dos postos de vigia, apresentados pela ordem por que seriam removidos da RNPV. A segunda coluna apresenta a contribuição desse posto para a pontuação global (em percentagem) e a terceira a pontuação do conjunto antes de ser retirado o posto em causa (em percentagem) correspondente a uma probabilidade de detecção média. As colunas quatro e cinco apresentam dados muito semelhantes, obtidos pelo método de construção de *rankings* por adição. As colunas seis a oito apresentam os mesmos dados, mas relativos ao método de construção de *rankings* por remoção.

É de notar, na tabela 17, a diferença que existe, em algumas posições intermédias, entre o *ranking* construído por remoção e o *ranking* construído por adição, diferença esta que era esperada, dado que os dois métodos, embora análogos, não são iguais. Do ponto de vista da proposta para remoção de postos deverá ser levado em consideração o *ranking* por remoção, dado corresponder directamente à solução óptima para a redução do número de postos da rede. Assim, partindo da tabela 17 é possível seleccionar o número desejado de postos a desactivar, caso se pretenda seguir esta abordagem.

Tabela 17 – Lista ordenada com os resultados da avaliação dos postos de vigia, no contexto da RNPV, pelo processo de remoção e pelo processo de adição.

Ranking construído por Remoção			Ranking construído por Adição		
Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)	Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
57_03	0,012	50,77	57_03	0,012	50,77
0_83	0,021	50,77	0_83	0,021	50,77
81_02	0,022	50,76	81_02	0,022	50,76
54_01	0,024	50,75	54_01	0,024	50,75
0_82	0,027	50,73	0_82	0,027	50,73
25_06	0,027	50,72	25_06	0,027	50,72
81_03	0,029	50,71	81_03	0,029	50,71
25_03	0,034	50,69	25_03	0,034	50,69
57_02	0,036	50,67	57_02	0,036	50,67
0_84	0,039	50,66	0_84	0,039	50,66
28_00	0,039	50,64	28_00	0,039	50,64
44_03	0,042	50,62	44_03	0,042	50,62
26_02	0,042	50,60	26_02	0,042	50,60
21_07	0,042	50,57	21_07	0,042	50,57
25_01	0,043	50,55	25_01	0,043	50,55
54_03	0,043	50,53	54_03	0,043	50,53
81_01	0,045	50,51	81_01	0,045	50,51
21_05	0,048	50,49	21_05	0,048	50,49
28_03	0,049	50,46	28_03	0,049	50,46
43_04	0,051	50,44	43_04	0,051	50,44
26_03	0,051	50,41	26_03	0,051	50,41
25_05	0,052	50,39	25_05	0,052	50,39
25_02	0,054	50,36	25_02	0,054	50,36
29_05	0,055	50,33	47_03	0,055	50,30
47_03	0,055	50,30	29_05	0,055	50,33
28_02	0,057	50,28	28_02	0,057	50,28
63_06	0,060	50,25	63_06	0,060	50,25
70_03	0,062	50,22	70_03	0,062	50,22
21_04	0,063	50,19	21_04	0,063	50,19
47_04	0,064	50,15	47_04	0,064	50,15
54_06	0,065	50,12	54_06	0,065	50,12
26_01	0,067	50,09	26_01	0,067	50,09
29_03	0,070	50,05	29_03	0,070	50,05
63_02	0,071	50,02	63_02	0,071	50,02
54_05	0,074	49,98	54_05	0,074	49,98
21_06	0,076	49,94	21_06	0,076	49,94

Ranking construído por Remoção			Ranking construído por Adição		
Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)	Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
22_04	0,081	49,91	22_04	0,081	49,91
28_01	0,082	49,86	28_01	0,082	49,86
46_01	0,082	49,82	46_01	0,082	49,82
21_01	0,086	49,78	21_01	0,086	49,78
70_04	0,090	49,74	70_04	0,090	49,74
83_03	0,092	49,69	83_03	0,092	49,69
29_02	0,094	49,64	29_02	0,094	49,64
35_02	0,094	49,60	35_02	0,094	49,60
11_04	0,095	49,55	11_04	0,095	49,55
P_4	0,098	49,50	P_4	0,098	49,50
25_04	0,099	49,45	25_04	0,099	49,45
53_04	0,103	49,40	53_04	0,103	49,40
43_03	0,104	49,35	43_03	0,104	49,35
0_72	0,106	49,30	0_72	0,106	49,30
VALONGO_2	0,106	49,24	VALONGO_2	0,106	49,24
22_02	0,107	49,19	22_02	0,107	49,19
44_02	0,107	49,13	44_02	0,107	49,13
29_04	0,111	49,08	29_04	0,111	49,08
51_01	0,111	49,02	51_01	0,111	49,02
27_03	0,114	48,97	27_03	0,114	48,97
P_3	0,115	48,91	P_3	0,115	48,91
63_03	0,117	48,85	63_03	0,117	48,85
11_06	0,119	48,79	11_06	0,119	48,79
21_03	0,121	48,73	21_03	0,121	48,73
83_02	0,124	48,67	83_02	0,124	48,67
47_05	0,126	48,61	47_05	0,126	48,61
70_01	0,129	48,54	70_01	0,129	48,54
22_01	0,134	48,48	22_01	0,134	48,48
52_04	0,138	48,41	52_04	0,138	48,41
42_04	0,143	48,34	42_04	0,143	48,34
57_01	0,144	48,27	57_01	0,144	48,27
21_00	0,145	48,19	21_00	0,145	48,19
70_02	0,146	48,12	70_02	0,146	48,12
52_03	0,148	48,04	52_03	0,148	48,04
52_02	0,167	47,97	52_02	0,167	47,97
62_01	0,172	47,88	62_01	0,172	47,88
44_06	0,172	47,80	44_06	0,172	47,80
83_01	0,175	47,71	83_01	0,175	47,71

Ranking construído por Remoção			Ranking construído por Adição		
Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)	Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
P_1	0,184	47,62	P_1	0,184	47,62
18_03	0,185	47,53	18_03	0,185	47,53
35_08	0,185	47,43	35_08	0,185	47,43
29_01	0,189	47,34	29_01	0,189	47,34
61_02	0,191	47,24	61_02	0,191	47,24
47_02	0,192	47,15	47_02	0,192	47,15
22_03	0,196	47,05	22_03	0,196	47,05
19_02	0,198	46,95	19_02	0,198	46,95
27_01	0,200	46,85	27_01	0,200	46,85
42_01	0,201	46,75	42_01	0,201	46,75
37_04	0,203	46,65	37_04	0,203	46,65
63_04	0,213	46,54	63_04	0,213	46,54
44_04	0,215	46,43	44_04	0,215	46,43
62_02	0,217	46,32	62_02	0,217	46,32
43_06	0,218	46,21	43_06	0,218	46,21
41_10	0,223	46,10	41_10	0,223	46,10
54_04	0,234	45,99	54_04	0,234	45,99
61_01	0,234	45,87	61_01	0,234	45,87
36_02	0,236	45,75	36_02	0,236	45,75
35_06	0,241	45,63	35_06	0,241	45,63
42_03	0,245	45,51	42_03	0,245	45,51
33_03	0,247	45,39	0_93	0,247	45,26
0_93	0,247	45,26	33_03	0,247	45,39
P02	0,248	45,14	P02	0,248	45,14
21_02	0,252	45,01	21_02	0,252	45,01
13_01	0,255	44,88	13_01	0,255	44,88
45_06	0,257	44,75	45_06	0,257	44,75
43_02	0,258	44,62	43_02	0,258	44,62
56_03	0,259	44,49	56_03	0,259	44,49
46_09	0,265	44,36	46_09	0,265	44,36
35_01	0,266	44,23	35_01	0,266	44,23
55_03	0,269	44,09	55_03	0,269	44,09
41_01	0,270	43,95	41_01	0,270	43,95
35_03	0,276	43,82	35_03	0,276	43,82
41_06	0,281	43,68	41_06	0,281	43,68
52_01	0,282	43,53	52_01	0,282	43,53
27_04	0,283	43,39	27_04	0,283	43,39
32_03	0,286	43,25	32_03	0,286	43,25

Ranking construído por Remoção			Ranking construído por Adição		
Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)	Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
56_08	0,295	43,10	56_08	0,295	43,10
46_07	0,296	42,95	46_07	0,296	42,95
47_06	0,299	42,80	47_06	0,299	42,80
P01	0,299	42,65	P01	0,299	42,65
45_05	0,308	42,50	45_05	0,308	42,50
13_04	0,314	42,34	13_04	0,314	42,34
P03	0,314	42,18	P03	0,314	42,18
63_07	0,320	42,02	63_07	0,320	42,02
19_04	0,321	41,86	19_04	0,321	41,86
43_01	0,322	41,70	43_01	0,322	41,70
42_05	0,330	41,53	18_05	0,336	41,53
18_05	0,336	41,37	66_02	0,339	41,36
66_02	0,339	41,20	41_03	0,344	41,19
41_03	0,346	41,02	42_02	0,345	41,02
11_01	0,347	40,85	11_01	0,347	40,84
82_03	0,351	40,67	82_03	0,351	40,66
36_06	0,353	40,49	36_06	0,352	40,49
35_05	0,360	40,31	35_05	0,360	40,31
14_03	0,361	40,13	14_03	0,361	40,12
64_03	0,373	39,95	64_03	0,373	39,94
37_05	0,383	39,76	37_05	0,383	39,75
53_03	0,384	39,56	56_06	0,384	39,56
27_02	0,385	39,37	53_03	0,384	39,36
56_06	0,386	39,17	27_02	0,385	39,17
68_01	0,394	38,98	68_01	0,394	38,97
45_03	0,395	38,78	45_03	0,395	38,77
44_01	0,398	38,58	44_01	0,398	38,57
41_09	0,402	38,38	19_05	0,408	38,37
19_05	0,408	38,17	14_02	0,410	38,16
14_02	0,410	37,96	42_08	0,412	37,95
41_07	0,425	37,76	41_07	0,421	37,75
42_08	0,425	37,54	55_01	0,427	37,53
55_01	0,427	37,32	33_05	0,432	37,31
33_05	0,432	37,11	46_02	0,432	37,10
46_02	0,432	36,89	69_01	0,440	36,88
69_01	0,440	36,67	55_02	0,441	36,65
55_02	0,441	36,45	43_05	0,443	36,43
43_05	0,442	36,22	19_01	0,444	36,20

Ranking construído por Remoção			Ranking construído por Adição		
Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)	Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
19_01	0,444	36,00	12_01	0,451	35,98
12_01	0,451	35,77	63_01	0,453	35,75
63_01	0,453	35,54	42_05	0,457	35,52
41_04	0,454	35,31	32_04	0,460	35,29
56_05	0,454	35,08	69_02	0,464	35,05
69_02	0,464	34,85	41_05	0,467	34,82
44_05	0,474	34,62	44_05	0,474	34,58
P_2	0,480	34,38	P_2	0,480	34,34
42_02	0,492	34,13	56_04	0,507	34,10
16_03	0,511	33,88	16_03	0,511	33,84
35_07	0,512	33,62	35_07	0,512	33,58
32_04	0,513	33,36	41_04	0,516	33,32
53_02	0,518	33,10	53_02	0,518	33,06
45_01	0,523	32,84	45_01	0,523	32,80
17_01	0,525	32,57	17_01	0,525	32,53
35_04	0,534	32,31	35_04	0,534	32,26
36_07	0,540	32,04	36_07	0,540	31,99
11_03	0,544	31,76	11_03	0,544	31,72
46_06	0,550	31,49	46_06	0,547	31,44
39_03	0,554	31,21	56_02	0,552	31,17
18_02	0,560	30,92	39_03	0,554	30,88
66_01	0,566	30,64	18_02	0,560	30,60
12_02	0,566	30,35	66_01	0,566	30,32
41_05	0,573	30,07	12_02	0,566	30,03
65_02	0,578	29,77	41_08	0,570	29,74
36_03	0,591	29,48	65_02	0,578	29,45
32_01	0,594	29,18	36_03	0,590	29,16
56_01	0,596	28,88	32_01	0,594	28,86
63_08	0,600	28,58	63_08	0,600	28,56
14_04	0,609	28,27	14_04	0,609	28,26
56_02	0,631	27,96	56_01	0,625	27,95
45_04	0,637	27,64	45_04	0,637	27,63
65_03	0,644	27,32	65_03	0,644	27,31
39_06	0,660	26,99	42_06	0,661	26,98
12_04	0,666	26,66	12_04	0,666	26,64
11_02	0,700	26,32	36_08	0,672	26,30
56_07	0,708	25,96	56_07	0,690	25,96
14_01	0,711	25,61	14_01	0,711	25,61

Ranking construído por Remoção			Ranking construído por Adição		
Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)	Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
41_08	0,721	25,24	41_02	0,735	25,25
36_05	0,741	24,88	36_05	0,738	24,88
46_08	0,763	24,50	46_08	0,763	24,50
42_06	0,784	24,11	11_05	0,774	24,12
53_01	0,784	23,72	53_01	0,784	23,72
33_02	0,790	23,32	82_01	0,792	23,33
82_01	0,792	22,92	36_10	0,798	22,92
12_05	0,802	22,52	12_05	0,801	22,52
18_04	0,815	22,11	46_04	0,814	22,11
46_04	0,821	21,69	18_04	0,815	21,70
41_02	0,848	21,28	33_02	0,822	21,28
17_02	0,852	20,85	13_02	0,828	20,87
39_01	0,864	20,41	39_01	0,842	20,45
37_01	0,869	19,98	17_02	0,852	20,02
56_04	0,877	19,53	37_01	0,869	19,59
63_05	0,880	19,09	63_05	0,880	19,15
36_10	0,885	18,64	19_03	0,886	18,70
19_03	0,886	18,19	56_05	0,898	18,25
36_04	0,904	17,74	36_04	0,904	17,79
37_02	0,907	17,28	41_09	0,905	17,33
11_05	0,908	16,82	37_02	0,907	16,87
46_03	0,917	16,36	46_03	0,917	16,41
16_01	0,920	15,90	16_01	0,920	15,95
39_05	0,938	15,43	39_05	0,938	15,48
12_03	0,966	14,95	12_03	0,967	15,00
32_05	0,970	14,46	32_05	0,970	14,51
39_04	0,991	13,97	39_04	0,982	14,02
13_02	1,008	13,47	16_02	1,010	13,52
16_02	1,010	12,96	11_02	1,013	12,50
44_07	1,013	12,44	44_07	1,013	13,01
46_05	1,032	11,93	46_05	1,032	11,98
36_01	1,051	11,41	36_09	1,063	11,46
36_09	1,072	10,87	36_01	1,073	10,92
45_02	1,080	10,33	45_02	1,080	10,37
82_02	1,134	9,78	82_02	1,134	9,82
32_06	1,145	9,20	32_06	1,145	9,25
64_01	1,164	8,62	64_01	1,162	8,67
36_08	1,192	8,03	39_06	1,283	8,08

<i>Ranking</i> construído por Remoção			<i>Ranking</i> construído por Adição		
Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)	Posto de Vigia	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
18_01	1,308	7,43	18_01	1,308	7,43
64_02	1,313	6,76	64_02	1,313	6,76
13_03	1,363	6,09	13_03	1,363	6,09
33_04	1,381	5,40	33_04	1,381	5,40
15_01	1,452	4,70	15_01	1,452	4,70
42_07	1,459	3,96	42_07	1,459	3,96
39_02	1,464	3,22	39_02	1,464	3,22
37_03	1,475	2,48	37_03	1,475	2,48
32_02	1,569	1,73	32_02	1,569	1,73
65_01	1,840	0,93	65_01	1,840	0,93

A figura 55 apresenta a localização dos primeiros 20 postos da lista de remoção, ou seja, os 20 postos que apresentam menor contribuição para a vigilância global.

É importante notar que a remoção destes 20 postos, que corresponde a uma redução de 8,5 % no número de postos da actual RNPV, corresponde a uma redução de apenas 0,4 % em termos de pontuação global, ou seja de probabilidade média de detecção.

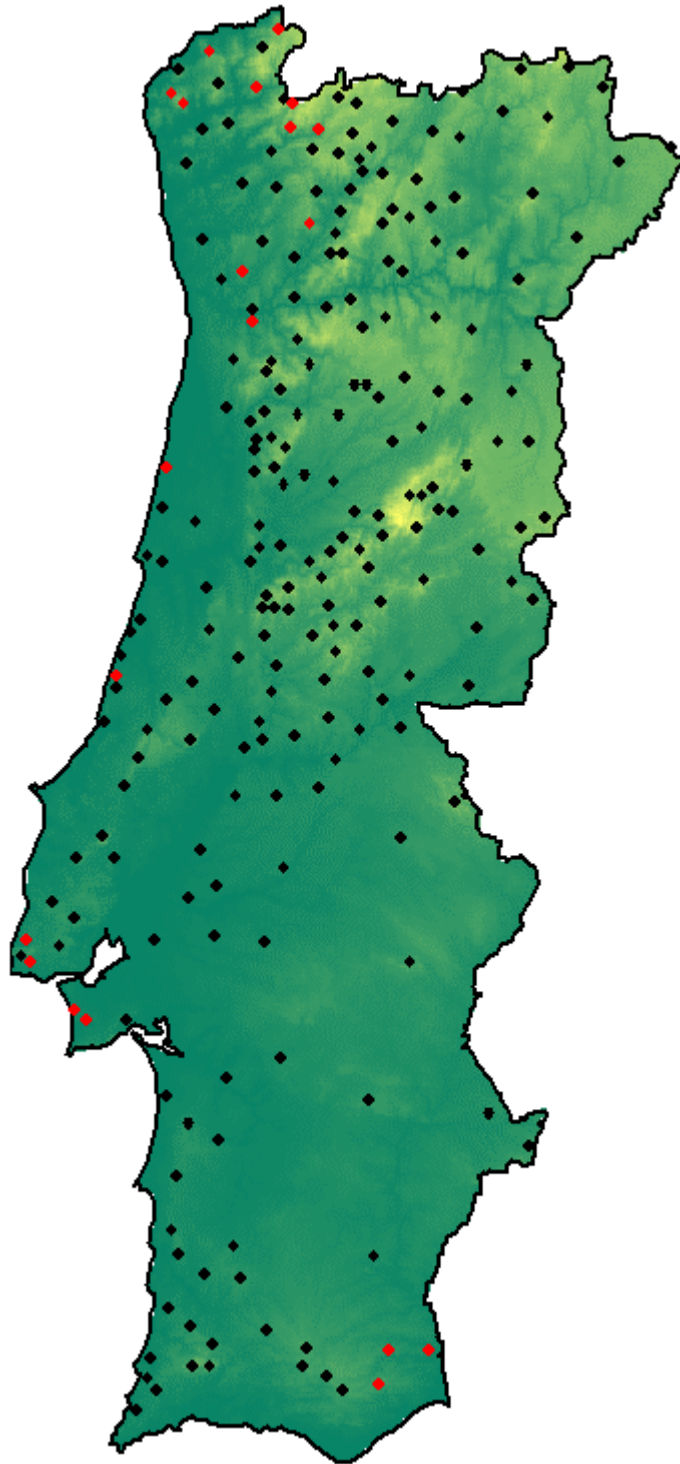


Figura 55. Os 20 primeiros pontos da lista de remoção, marcados a vermelho. A perda em termos de pontuação global é de 0,4 %.

6.3.3 PROPOSTA PARA A ADIÇÃO DE NOVOS POSTOS

A tabela 18 apresenta uma lista ordenada com a indicação dos potenciais locais para instalação de novos postos de vigia, no sentido de maximizar a vigilância total da RNPV mantendo todos os postos existentes. As duas primeiras colunas da tabela 18 apresentam as coordenadas dos locais propostos para adição. A terceira coluna apresenta a contribuição de cada novo posto para a pontuação global (%) e a quarta coluna apresenta essa mesma pontuação em percentagem acumulada, ou seja, a probabilidade média de detecção.

O primeiro ponto seleccionado é o que garante melhor acréscimo, oferecendo uma melhoria de 0,55 % em termos de pontuação global, enquanto o último local proposto oferece apenas uma acréscimo de 0,13 %.

O processo de adição de novos postos foi terminado ao ultrapassar uma cobertura de 70 %, pois qualquer acréscimo a este valor será sempre muito difícil de conseguir.

Tabela 18. Lista ordenada com os locais a adicionar à actual RNPV.

Ponto a adicionar		Pontuação	
Coordenada X	Coordenada Y	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
327633	492388	0,546	51,320
211173	243628	0,525	51,845
294153	496708	0,499	52,344
257793	270988	0,394	52,738
297753	454408	0,387	53,125
306303	528208	0,381	53,506
278763	488878	0,378	53,884
251853	345868	0,344	54,228
190023	233818	0,342	54,570
313323	505348	0,333	54,903
243483	442438	0,333	55,236
287763	452338	0,313	55,549
254463	317518	0,306	55,855
302793	473668	0,305	56,160
250413	389428	0,304	56,464
344283	496798	0,300	56,764
223953	262798	0,299	57,063
209553	216268	0,291	57,354
287043	522448	0,281	57,635
267603	458458	0,250	57,886

Ponto a adicionar		Pontuação	
Coordenada X	Coordenada Y	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
331053	507958	0,247	58,133
177423	39148	0,245	58,378
315213	537028	0,243	58,621
233043	404998	0,241	58,861
270393	499588	0,234	59,096
286953	341278	0,230	59,325
315303	472138	0,229	59,554
233133	328858	0,223	59,777
234213	545668	0,212	59,989
176883	336868	0,209	60,198
194793	277288	0,207	60,405
251223	522358	0,205	60,610
269493	307888	0,205	60,816
298383	535408	0,204	61,020
237633	381688	0,199	61,218
261123	350638	0,199	61,417
204513	256678	0,197	61,614
255723	445678	0,195	61,809
280653	469078	0,195	62,004
183813	303028	0,195	62,199
341133	518668	0,193	62,392
291543	432268	0,192	62,585
220893	224548	0,192	62,777
194613	55438	0,191	62,968
300093	502558	0,189	63,157
217653	445138	0,188	63,345
270933	249388	0,186	63,531
291723	307708	0,186	63,716
236913	277108	0,183	63,899
179403	243628	0,180	64,079
180843	377818	0,177	64,256
187953	180538	0,176	64,432
236193	340108	0,174	64,606
158973	38878	0,173	64,780
245553	360718	0,168	64,948
280923	376288	0,166	65,114
270393	516778	0,166	65,280
250143	407698	0,166	65,446
317373	523168	0,163	65,609
222783	250558	0,162	65,770
232503	461248	0,161	65,932
269313	436228	0,161	66,092
152223	281878	0,160	66,252
281463	549808	0,159	66,411
200283	302758	0,158	66,569
257883	465658	0,157	66,726
295863	481228	0,157	66,882

Ponto a adicionar		Pontuação	
Coordenada X	Coordenada Y	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
252573	536938	0,156	67,038
165183	327958	0,155	67,193
188583	221128	0,155	67,348
183093	31318	0,154	67,502
349413	507418	0,150	67,652
236283	200518	0,150	67,803
308733	455668	0,150	67,952
312963	548458	0,149	68,102
203073	411208	0,149	68,250
155103	178918	0,149	68,399
257433	233188	0,147	68,546
326373	487978	0,143	68,689
301713	521458	0,143	68,832
120903	245428	0,139	68,971
226203	366478	0,139	69,110
238713	409048	0,135	69,245
248973	104398	0,134	69,379
290913	465298	0,134	69,513
228183	441448	0,132	69,645
180573	50938	0,132	69,777
259683	410848	0,131	69,908
286953	357028	0,131	70,039

A figura 55 apresenta a localização dos 20 primeiros locais a serem adicionados (da tabela 18), simultaneamente com a localização actual dos postos da RNPV.

A adição dos 20 locais propostos na figura 56, que corresponde a uma aumento de 8,5 % do número de postos da RNPV, corresponde a um aumento de 6,6 % em termos de pontuação global o que é, partindo de uma pontuação de cerca de 50 %, um acréscimo significativo.

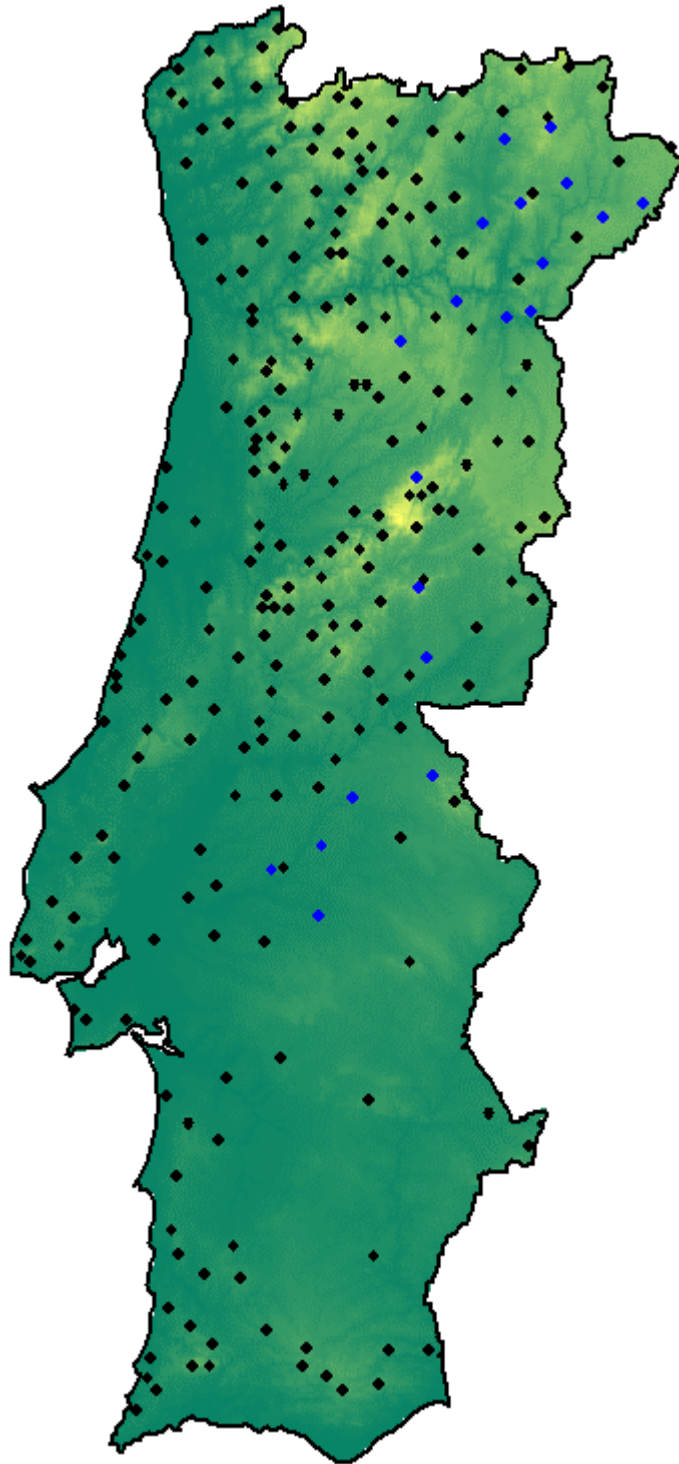


Figura 56. Localização dos primeiros 20 pontos a adicionar à actual RNPV, marcados a azul. O ganho em termos de pontuação global é de 6,6 %.

6.3.4 PROPOSTA PARA RECOLOCAÇÃO DE POSTOS

A tabela 19 apresenta uma lista com as recolocações propostas para a RNPV, ordenadas desde a recolocação mais valiosa até à menos valiosa, no sentido de maximizar a vigilância total. A primeira coluna da tabela 19 apresenta o código do posto a recolocar, enquanto a segunda e terceira colunas apresentam as coordenadas do novo local proposto. A quarta coluna apresenta a contribuição desse posto para a pontuação global (em percentagem) após a recolocação em causa, e a quinta coluna apresenta essa mesma pontuação em percentagem, ou seja, a pontuação total conseguida.

A primeira recolocação da lista da tabela 19 é a que garante melhor acréscimo, oferecendo uma melhoria de 0,54 % em termos de pontuação total, enquanto a última recolocação proposta oferece apenas um acréscimo de 0,02 %. Este comportamento é explicado pela convergência que se verifica entre o valor do posto a remover e o valor do ponto a adicionar, pois estes dois valores tendem a aproximar-se e a partir de um dado momento estes tornam-se iguais, sendo aí terminado o processo de recolocação. A tabela 19 apresenta todo o processo até ao momento de acréscimo nulo.

Tabela 19. Lista ordenada com as recolocações propostas para a RNPV.

Posto a Remover	Ponto a adicionar		Pontuação	
Código	Coordenada X	Coordenada Y	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
57_03	327633	492388	0,540	51,314
0_83	211173	243628	0,515	51,829
81_02	294153	496708	0,488	52,316
54_01	257793	270988	0,382	52,698
0_82	297753	454408	0,373	53,071
25_06	306303	528208	0,367	53,438
81_03	278763	488878	0,363	53,801
25_03	251853	345868	0,327	54,128
57_02	190023	233818	0,324	54,452
0_84	313323	505348	0,314	54,766
28_00	243483	442438	0,313	55,079
44_03	287763	452338	0,292	55,371
26_02	254463	317518	0,284	55,655
21_07	302793	473668	0,284	55,939
25_01	250413	389428	0,282	56,221
54_03	344283	496798	0,278	56,499
81_01	223953	262798	0,277	56,775

Posto a Remover	Ponto a adicionar		Pontuação	
Código	Coordenada X	Coordenada Y	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
21_05	209553	216268	0,267	57,042
28_03	287043	522448	0,256	57,298
43_04	267603	458458	0,225	57,523
26_03	331053	507958	0,221	57,744
25_05	177423	39148	0,218	57,963
25_02	315213	537028	0,216	58,178
29_05	233043	404998	0,213	58,391
47_03	270393	499588	0,206	58,597
28_02	286953	341278	0,201	58,798
63_06	315303	472138	0,198	58,996
70_03	233133	328858	0,192	59,188
21_04	234213	545668	0,180	59,368
47_04	176883	336868	0,177	59,544
54_06	194793	277288	0,174	59,719
26_01	251223	522358	0,171	59,890
29_03	269493	307888	0,170	60,059
63_02	298383	535408	0,168	60,227
54_05	237633	381688	0,161	60,388
21_06	261123	350638	0,160	60,548
22_04	204513	256678	0,156	60,704
28_01	255723	445678	0,154	60,858
46_01	280653	469078	0,153	61,011
35_02	183813	303028	0,152	61,163
21_01	341133	518668	0,149	61,312
70_04	291543	432268	0,147	61,459
83_03	220893	224548	0,145	61,605
29_02	194613	55438	0,143	61,748
11_04	300093	502558	0,141	61,889
P_4	217653	445138	0,138	62,027
25_04	270933	249388	0,136	62,163
53_04	291723	307708	0,133	62,296
43_03	236913	277108	0,130	62,427
0_72	180843	377818	0,128	62,554
22_02	179403	243628	0,126	62,680
VALONGO_2	158973	38878	0,125	62,805
44_02	187953	180538	0,121	62,926
29_04	236193	340108	0,118	63,044
51_01	280923	376288	0,112	63,157
P_3	245553	360718	0,111	63,267
63_03	270393	516778	0,108	63,376
27_03	250143	407698	0,108	63,484
47_05	317373	523168	0,104	63,588
11_06	222783	250558	0,102	63,690
21_03	225843	468448	0,101	63,791
83_02	269313	436228	0,098	63,889
37_04	152223	281878	0,100	63,989
70_01	281463	549808	0,095	64,084

Posto a Remover	Ponto a adicionar		Pontuação	
Código	Coordenada X	Coordenada Y	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
22_01	257883	465658	0,092	64,176
52_04	200283	302758	0,088	64,264
42_04	165183	327958	0,089	64,353
57_01	155103	178918	0,090	64,443
21_00	295863	481228	0,083	64,526
70_02	252573	536938	0,082	64,608
52_03	120903	245428	0,095	64,703
52_02	188583	221128	0,082	64,785
18_03	183093	31318	0,078	64,863
83_01	203073	411208	0,084	64,948
13_04	349413	507418	0,072	65,020
33_05	259683	410848	0,081	65,101
P_1	236283	200518	0,067	65,168
44_06	308733	455668	0,066	65,234
13_01	271113	529288	0,073	65,307
32_03	312963	548458	0,062	65,370
12_01	257433	233188	0,066	65,436
62_01	301713	521458	0,056	65,492
P03	326373	487978	0,054	65,546
36_02	226203	366478	0,051	65,597
33_03	227643	357028	0,067	65,664
41_04	238713	409048	0,054	65,718
45_06	246993	434428	0,058	65,776
41_07	180573	50938	0,046	65,822
47_06	248973	104398	0,044	65,866
61_02	290913	465298	0,046	65,912
35_08	303513	418048	0,053	65,965
19_02	231243	488698	0,083	66,047
56_06	209013	294928	0,041	66,088
35_05	261663	379258	0,045	66,133
35_01	286953	357028	0,043	66,176
29_01	238443	376828	0,035	66,211
35_03	294603	393208	0,042	66,252
22_03	207393	435148	0,038	66,290
14_04	222963	155338	0,032	66,322
61_01	245553	140218	0,052	66,374
42_01	196233	346678	0,036	66,411
41_10	241503	291778	0,039	66,450
52_01	152763	339928	0,029	66,479
43_02	218193	532528	0,043	66,522
0_93	256803	385018	0,057	66,580
11_01	251493	511558	0,036	66,615
35_06	228183	441448	0,030	66,646
45_03	199743	145258	0,027	66,673
14_02	238713	467188	0,026	66,699
19_01	210903	68938	0,032	66,731
32_04	240603	367468	0,037	66,768

Posto a Remover	Ponto a adicionar		Pontuação	
Código	Coordenada X	Coordenada Y	Contribuição Individual (%)	Probabilidade Média de Detecção (%)
33_02	223863	344878	0,038	66,806
56_05	219093	396808	0,024	66,830
45_05	220263	383218	0,031	66,860
42_03	185343	325708	0,028	66,888
42_05	221163	474118	0,023	66,911
27_01	214053	203578	0,018	66,929
63_04	272553	399778	0,018	66,947
16_03	184173	334618	0,018	66,965

A figura 57 apresenta as primeiras 20 recolocações. Os locais marcados a vermelho são os postos a recolocar, enquanto os locais marcados a azul são as novas localizações propostas. Os locais marcados a preto são os postos da actual RNPV a manter.

A recolocação dos 20 postos da figura 57 corresponde a um acréscimo de 6,2 % em termos de pontuação total, apenas ligeiramente abaixo dos 6,6 % conseguidos com a adição de um número igual de postos.

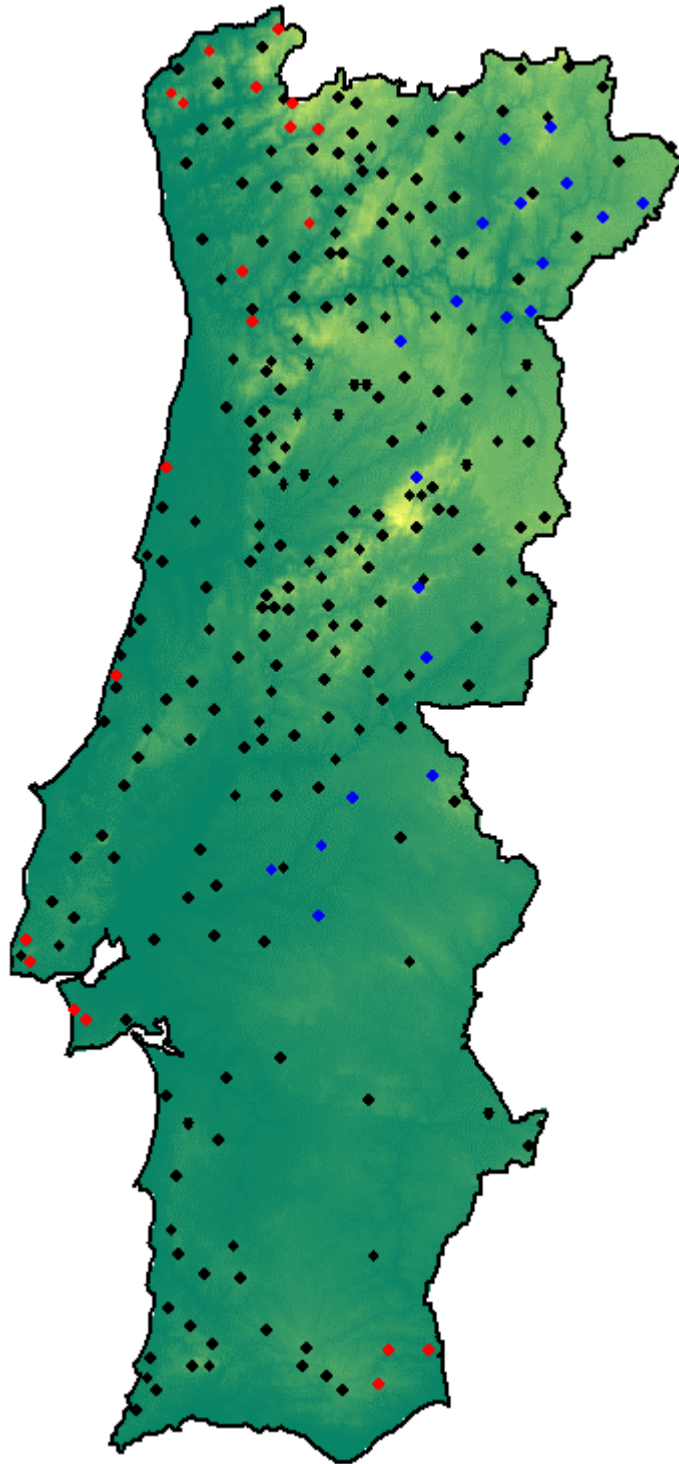


Figura 57. Os 20 primeiros pontos a remover, marcados a vermelho, juntamente com os 20 primeiros pontos a adicionar, marcados a azul. O ganho em termos de pontuação global é de 6,2 %.

7 CONCLUSÕES

A rápida e eficaz detecção dos focos de incêndio é consensualmente considerada como sendo um dos aspectos mais importantes para evitar a ocorrência de grandes incêndios. Como tal, para além do investimento em meios materiais e humanos, importa conhecer o funcionamento e eficácia dos diferentes sistemas de vigilância, pois só assim se poderá garantir a optimização dos recursos na vigilância contra os incêndios florestais em Portugal.

Com o objectivo de contribuir para esse conhecimento, reuniu-se uma equipa de trabalho do CEABN e do INOV para analisar vários aspectos relacionados com a Rede Nacional de Postos de Vigia e com a vigilância, integrada numa iniciativa sobre incêndios florestais promovida pela COTEC Portugal. Em seguida apresentam-se algumas das principais conclusões resultantes do trabalho desenvolvido.

1. Levantamento da localização geográfica e de outras características da Rede Nacional de Postos de Vigia

Foi pela primeira vez efectuado um levantamento GPS rigoroso e sistemático da localização geográfica dos 236 postos de vigia que actualmente integram a Rede Nacional de Postos de Vigia. Estima-se que as localizações agora apresentadas tenham uma elevada precisão, sendo que em termos gerais se admite um erro médio inferior a 5 m. Verificou-se que cerca de 60 dos postos de vigia existentes (25 % da RNPV) apresentavam um erro de localização superior a 50 metros, e que em 14 destes postos o erro era superior a 500 metros.

Foi ainda recolhida outra informação útil relativa a estes 236 postos de vigia, como seja a altura das plataformas de observação, a fonte de energia que o abastece e o tipo de estrutura, entre outros, para actualizar a base de dados existente, tendo ainda sido efectuado um levantamento fotográfico exaustivo, que inclui várias fotografias do posto de vigia propriamente dito, e da vista que actualmente se obtém, em todas as direcções, a partir da sua plataforma de observação (também em vídeo).

O levantamento efectuado permitiu a correcção e actualização generalizada das localizações e das alturas das plataformas de todos os postos de vigia, o que constitui uma base e um pré-requisito essencial para garantir o rigor de qualquer análise geográfica/espacial que se pretenda

efectuar no presente ou no futuro, como é o caso da produção de cartas de visibilidade para efeitos de gestão e de planeamento florestal, cuja utilidade é amplamente reconhecida.

Esta informação deverá ser utilizada na actualização das coordenadas dos postos de vigia existentes nas bases de dados da DGRF, bem como no programa SGIF (Sistema de Gestão de Informação sobre Fogos Florestais), utilizado nos CDOS/CPD para identificação dos locais de ocorrência dos fogos detectados pela RNPV.

2. Elaboração de uma carta de visibilidades para identificação das áreas do território actualmente cobertas pela RNPV

O estudo da visibilidade e a determinação das áreas que são ou não cobertas pelos postos de vigia, são de uma enorme importância, desde a fase inicial de selecção dos locais para a instalação de uma rede de postos de vigia, até ao planeamento das acções de vigilância contra os incêndios florestais.

Para assegurar um eficaz planeamento e gestão de uma rede de postos de vigia, considerada como parte integrante de um sistema de vigilância mais vasto e numa perspectiva de optimização dos recursos disponíveis, é fundamental que se conheçam as áreas de território cobertas pelos postos de vigia existentes, como é aliás referido por autores de diversos países (Show *et al.*, 1937; Brown e Davis, 1973; Macedo e Sardinha, 1987; Ruiz, 2000; FAO, 2001). Porém, a utilização de cartas de visibilidade no processo de instalação dos postos de vigia, ou no planeamento e gestão dos sistemas de vigilância foi, e regra geral continua a ser, quase inexistente em Portugal. Assim, e com o objectivo de contribuir para um melhor conhecimento da RNPV, foi produzida uma carta que identifica o grau de cobertura que este sistema de detecção fixa proporciona em cada local do território continental português.

Os resultados obtidos a nível nacional mostram que em pelo menos 34 % do território, o grau de cobertura por parte da RNPV é baixo e muito baixo. No entanto em 14 % destas áreas a necessidade de vigilância complementar é considerada baixa, devido ao risco de incêndio reduzido. Mais de metade do território (52 %) apresenta um grau de cobertura médio.

Os resultados globais da visibilidade ‘directa’, obtidos a nível nacional, indicam que cerca de 28 % do território não é vigiado pela Rede Nacional de Postos de Vigia, e que cerca de 31 % é

vigiado por apenas 1 posto de vigia, o que corresponde a uma vigilância insuficiente. Cerca de 41 % do território é vigiado por 2 ou mais postos de vigia em simultâneo, sendo nesses locais maior a probabilidade de que a Rede detecte e localize eficazmente um foco de incêndio.

Os valores de área oculta apresentados deverão estar sobrestimados, devido à impossibilidade de contabilizar a perda de visibilidade provocada essencialmente pela floresta nas proximidades dos postos de vigia, por falta de informação cartográfica actualizada relativa à localização e altura dos povoamentos florestais. É ainda de salientar que em dias pouco límpidos, com a presença de névoas, a cobertura pela RNPV poderá ser bastante inferior.

A cartografia de visibilidade/cobertura deverá ser actualizada nas regiões onde se verifique a desactivação, modificação ou construção de novos postos de vigia. Sempre que existir cartografia detalhada e actualizada de ocupação do solo, esta será também útil para as actualizações regionais ou nacionais que importa efectuar no futuro.

3. Produção de nova cartografia que identifique as áreas onde a vigilância é prioritária.

No planeamento e gestão de um sistema de vigilância contra incêndios florestais, e tendo em consideração que os recursos disponíveis são limitados, é irrealista considerar que o objectivo é vigiar todas as áreas de igual forma, pelo que deverão ser identificadas as áreas onde a vigilância é prioritária. Deste modo deverá ser dada prioridade à vigilância de áreas que apresentem um elevado risco de incêndio bem como de áreas onde os recursos florestais a proteger possuam um elevado valor sócio-económico e/ou ecológico (Davis *et al.*, 1959; ICONA, 1981; Ruiz, 2000; FAO, 2001; Catry *et al.* 2004).

Efectivamente, a definição das prioridades segundo estes critérios e a posterior delimitação dessas áreas é uma questão prática de grande importância ao nível do planeamento e encontra-se regulamentada. Porém, uma das questões base do problema da optimização dos recursos não é actualmente contabilizada. Num sistema de vigilância que integra diferentes intervenientes, as áreas cobertas pelo sistema de vigilância fixo (RNPV) deverão ser conhecidas e consideradas, pois só assim será possível evitar a duplicação de esforços e optimizar os meios existentes. Por este motivo, foi elaborada uma carta nacional que identifica as áreas prioritárias para a vigilância

complementar contra os incêndios florestais, tendo em consideração simultaneamente, o risco de incêndio, as áreas de interesse público e o grau de cobertura da actual RNPV.

Com base na carta obtida, verifica-se que os distritos de Bragança, Guarda, Viseu, Braga, Vila Real e Castelo Branco, são por ordem decrescente, aqueles que apresentam em média uma maior prioridade de vigilância complementar contra incêndios. As áreas equivalentes a 17 % do território continental, que foram identificadas como tendo uma maior necessidade de vigilância complementar, correspondem essencialmente a zonas pouco cobertas pela Rede, e que simultaneamente apresentam um risco de incêndio considerável.

A carta de prioridades de vigilância complementar apresentada, poderá assim constituir uma ferramenta útil no planeamento das acções de vigilância contra os incêndios florestais em Portugal. Estas áreas, serão teoricamente aquelas às quais se deverá dar uma maior atenção, designadamente através de estudos com recurso a cartografia mais detalhada e actualizada, e com a consequente implementação ou reforço dos sistemas de vigilância.

Sempre que possível, deverão também ser feitas actualizações, com base nas alterações que ocorram ao nível do risco de incêndio, das áreas cobertas pela RNPV, e nas áreas com maior interesse social, ecológico e económico.

4. Avaliação da eficácia dos postos de vigia

Apesar de existir há várias décadas, a Rede Nacional de Postos de Vigia nunca foi aparentemente submetida a uma avaliação por parte de instituições públicas ou privadas. Como em qualquer plano ou sistema oficial, seria desejável que se realizassem avaliações periódicas do funcionamento e da eficácia do sistema nacional de vigilância terrestre fixa (RNPV), de modo a identificar e corrigir os problemas existentes, contribuindo assim para optimizar os recursos disponíveis.

Análise do número de visadas por posto de vigia

O número de visadas que um posto de vigia efectua num determinado período de tempo, pode ser considerado como uma medida da sua actividade e consequentemente da sua utilidade e eficácia. Da análise efectuada às 18623 visadas efectuadas pela RNPV em três anos (2001-2003), verifica-se que o número médio anual de visadas por posto de vigia é de 26, sendo porém o

‘comportamento’ dos postos muito irregular. Por um lado existe um número bastante significativo de postos de vigia com uma actividade nula ou muito reduzida, aos quais no futuro deveria ser dada maior atenção; verifica-se que durante o período considerado, 25 % dos postos que integram a RNPV, fizeram em média apenas 5 detecções por ano. Em situação oposta estão 40 postos de vigia (17 % da Rede) que efectuaram em média mais de 50 detecções por ano, constituindo o grupo mais activo da RNPV.

Com base na análise efectuada a nível nacional, verifica-se ainda que o número de focos de incêndio detectados pela RNPV, relativamente ao número total de ocorrências tem vindo a diminuir, tendo passado de 16.5 % para 10.9 %, entre 2001 e 2003, o que denota uma perda de eficácia da Rede em termos globais.

Para melhorar a informação que servirá de base para avaliações futuras da eficácia dos postos de vigia, será importante registar qual o posto de vigia que efectua em primeiro lugar cada detecção.

Análise da visibilidade por posto de vigia

Foi efectuada uma análise de visibilidade num raio de 25 km em redor de cada posto de vigia, que corresponde à distância até à qual 90 % dos focos de incêndio são detectados pela RNPV.

Concluiu-se que para a grande maioria dos postos de vigia (91 %), mais de metade da área total dentro do raio de visibilidade de 25 km, não é visível pelo posto em causa, e que para cerca de 41 % dos postos a percentagem de área visível é inferior a 25 %. Estes resultados mostram que a maior parte da área incluída no raio de acção potencial de um posto de vigia, não é de facto directamente vigiada por esse posto, o que provavelmente contraria a ideia que muitas pessoas têm a este respeito. Por outro lado, se analisarmos para os mesmos raios, a área que é visível pelo posto em causa ou por qualquer outro posto nas imediações, verifica-se que apenas em 4,2 % dos postos de vigia a área não visível é superior a 50 %, e que esta grande diferença relativamente à análise anterior, resulta da estrutura de complementaridade que a RNPV apresenta.

A análise da visibilidade individual e da intervisibilidade na área de influência dos postos de vigia, constitui uma referência importante no processo de avaliação da sua eficácia, uma vez que como se conclui com a realização deste estudo, a probabilidade de detecção de focos de incêndio pela RNPV aumenta de forma clara com o aumento do número de postos de vigia que têm visibilidade sobre o local do fogo, e com a diminuição da distância entre o fogo e o posto de

vigia. Desta análise resulta clara a importância de ter uma densidade adequada de postos de vigia para a obtenção de uma maior eficácia de detecção por parte da RNPV.

Análise da influência da presença de obstáculos nas imediações dos postos de vigia

A presença de árvores ou de infra-estruturas de grande porte nas imediações dos postos de vigia, pode reduzir significativamente a visibilidade que se obtém a partir desse local. Em resultado de uma avaliação efectuada no decorrer deste trabalho, verificou-se que em cerca de 10 % da RNPV, a obstrução à visibilidade foi considerada elevada ou muito elevada, e que apenas em 55 % foi considerada reduzida ou nula, o que é um indicador de que este problema existe e tem significado.

Na análise efectuada, identificaram-se 71 postos (30 % da RNPV) em redor dos quais existe uma necessidade de intervenção a curto ou médio prazo, devido à existência de obstáculos no seu campo de visão, que na maior parte dos casos são constituídos por árvores. De entre estes postos de vigia, 20 foram classificados como necessitando uma intervenção urgente. A média anual de visadas nestes 20 postos entre 2001 e 2003 foi de apenas dez, podendo esta baixa taxa de eficácia estar directamente associada à obstrução à visibilidade existente nas suas imediações.

Nestas situações, a utilidade e a eficácia de detecção de focos de incêndio por parte dos postos de vigia fica muito aquém das suas potencialidades, sendo essencial intervir no sentido de lhes garantir boas condições de visibilidade. Para otimizar e aumentar a taxa de detecção dos postos de vigia, será essencial fazer cumprir a legislação actualmente existente, que estabelece a obrigatoriedade de proceder ao corte de árvores e à remoção dos equipamentos que impeçam ou dificultem a sua visibilidade.

Deste modo, recomenda-se que, se possível ainda antes da época oficial de fogos de 2005, se proceda ao corte das árvores que actualmente dificultam ou impedem a visibilidade em redor dos 20 postos de vigia identificados como necessitando de uma intervenção mais urgente.

A inspecção dos postos de vigia relativamente a este aspecto da obstrução à visibilidade, deveria ser efectuada anualmente, de modo a permitir a identificação atempada de potenciais problemas, como é o caso mais frequente do crescimento das árvores, impedindo assim que se atinjam situações limite.

Análise da influência de factores geográficos e temporais sobre a detecção

Com base na análise e comparação das detecções de focos de incêndio efectuadas por cada posto de vigia relativamente ao número total de detecções ocorridas num raio de 25 km em seu redor, procedeu-se a uma zonagem do território identificando as áreas geográficas (factor Zona) em que a RNPV apresenta uma maior ou menor eficácia de detecção.

Da análise da relação entre o número de focos de incêndio detectados pela RNPV e o número de postos de vigia que tinham visibilidade sobre o local da deflagração (factor Cobertura), verificou-se, que a probabilidade de um fogo ser detectado pela RNPV aumenta com o aumento da cobertura, existindo uma forte correlação entre ambos.

Analisando o efeito conjugado dos factores Zona e Cobertura, conclui-se que mesmo com uma cobertura excelente por parte da RNPV, a probabilidade de que seja este sistema a detectar um fogo nascente não excede os 10 % na zona mais desfavorável, atingindo porém valores bastante mais elevados, entre 30 e 60 %, na zona mais favorável.

Concluiu-se também que a hora do dia tem uma grande importância na eficácia de detecção da Rede, mas ainda assim o efeito da zona geográfica continua a ser o maior condicionador dessa eficácia.

Relativamente à distribuição das detecções ao longo do dia, verifica-se que a deflagração de focos de incêndio varia consideravelmente, com um valor máximo entre as 14 e as 16 h e um mínimo entre as 5 e as 7 h da manhã. Este facto, sendo bastante conhecido, poderá constituir a razão pela qual frequentemente é dada pouca importância relativamente à vigilância nocturna. É importante registar que entre as 9 h e as 17 h, período este que abrange as horas de maior ocorrência de focos de incêndio, a RNPV é proporcionalmente mais eficaz na sua detecção do que o conjunto dos restantes sistemas de vigilância existentes, verificando-se porém que é menos eficaz durante o resto do dia, o que inclui todo o período nocturno.

A importância prática destes resultados pode ser muito grande. Por um lado, a constatação da existência de limitações regionais à eficácia dos postos de vigia, sugere a necessidade de que o investimento neste tipo de vigilância seja reforçado nas zonas mais favoráveis, e que nas zonas menos favoráveis seja preterido em detrimento de outros sistemas alternativos. Por outro lado, o reconhecimento da existência de horas e de áreas em que a eficácia de detecção da RNPV é mais

reduzida, permitirá que sejam canalizados esforços complementares de outros tipos de sistemas de vigilância, tais como as brigadas terrestres móveis.

Entre as medidas mais importantes normalmente referidas como sendo fundamentais para a diminuição do problema dos fogos em Portugal, encontra-se a melhoria da eficácia da detecção dos focos de incêndio. Porém continua-se muitas vezes a defender a necessidade de reforçar os meios de vigilância, sem no entanto se conhecerem os resultados obtidos por cada sistema, ou seja a sua contribuição para a detecção de fogos ao nível nacional e regional, nem da sua eficácia, ou seja da relação entre essa contribuição e o investimento efectuado.

Relativamente à base de dados onde são registadas todas as detecções efectuadas a nível nacional, seria também de grande utilidade registar sempre qual a fonte de detecção (RNPV, Brigadas Terrestre Móveis, Meios Aéreos, População, Videovigilância ou outros), de modo a permitir uma avaliação da importância relativa e eficácia de cada um dos sistemas de vigilância existentes em Portugal.

Outro dos aspectos importantes para a análise da eficácia e relativamente ao qual actualmente pouco se sabe, está relacionado com os tempos de resposta dos diferentes sistemas de detecção, pois para isso seria necessário conhecer a hora exacta do início da deflagração. Porém é possível fazer testes para medir a rapidez e o alcance da detecção usando “lançadores de fumo” ou através da queima controlada de pequenas parcelas com erva ou mato, como aliás é feito em diversos países do mundo.

A importância do factor humano

A selecção e formação dos cerca de 950 vigias que são anualmente contratados para assegurar a vigilância fixa ao nível da RNPV, contribuirá certamente para o aumento da eficácia operacional deste sistema. No processo de selecção será importante considerar factores como a acuidade visual, a experiência, e a motivação dos candidatos. Durante o período de formação será também importante ensinar aos vigias as técnicas de observação, as técnicas de comunicação, e o manuseamento correcto dos instrumentos operacionais (rádio, mesa de rumos, mapas). A melhoria das condições de trabalho, nomeadamente ao nível da melhoria das instalações em vários postos de vigia e dos seus acessos, poderá também contribuir para a motivação dos vigilantes e para o aumento da eficácia da Rede Nacional de Postos de Vigia.

5. Proposta de medidas a adoptar numa eventual reestruturação da RNPV

Do resultado da análise efectuada à RNPV é possível retirar algumas conclusões surpreendentes sobre a sua eficácia. O facto de a RNPV não ter sido projectada de raiz, como um todo, mas sim construída ao longo de várias décadas, explica em parte o facto de a mesma apresentar níveis de eficácia muito abaixo do óptimo. O abandono progressivo de explorações agrícolas, as quais hoje se encontram povoadas por matos e floresta, alterou de forma profunda a distribuição e o nível do risco, quer pela existência de espécies altamente susceptíveis à ignição e propagação de incêndios, quer pelo desaparecimento dessas explorações agrícolas que funcionavam como áreas “tampão” fundamentais à contenção dos incêndios florestais. O advento recente das redes de telecomunicações, nomeadamente das redes móveis, criou um novo veículo de alerta de incêndio que, sobretudo em zonas densamente povoadas, passou a ser a principal fonte de alerta, tendo como consequência aparente uma diminuição da eficácia de detecção dos postos de vigia localizados nessas regiões.

Os resultados obtidos da análise de uma RNPV dimensionada de raiz, permite-nos estabelecer uma referência de comparação e a partir daí percebermos o quanto a Rede pode ser optimizada, quer do ponto de vista de cobertura do território, quer do ponto de vista da eficácia. Os resultados mostram que para garantir o mesmo grau de probabilidade de detecção da actual RNPV seriam suficientes 142 postos, sendo que desses 39 seriam postos de vigia já existentes e os restantes 103 seriam postos colocados em novas posições.

A distribuição calculada não pretende ser uma proposta acabada, dado que os novos pontos identificados não foram visitados, por forma a avaliar a viabilidade de instalação de postos de vigia nesses locais, mas permite concluir que existe uma grande margem de progressão na eficácia da RNPV, margem essa que poderá ser mais ou menos explorada de acordo com a reestruturação que se pretenda realizar. Tendo consciência que uma reestruturação desta dimensão representará um investimento significativo, foram estudadas outras abordagens com maior possibilidade de aplicação prática, que poderão ser implementadas num curto ou médio prazo. Nesse sentido são apresentadas três propostas distintas: a remoção, a adição e a recolocação de postos.

Em qualquer das três propostas referidas é apresentada uma lista ordenada, que permite seleccionar em cada caso um número variável de postos a remover, adicionar ou recolocar, e

conhecer o ganho ou perda em termos de probabilidade de detecção global. A tabela 20 resume as perdas e ganhos para uma reestruturação envolvendo 20 ou 50 postos.

Nº de postos afectados	% de postos afectados	Remoção	Adição	Recolocação
20	(8,5 %)	-0,4 %	6,6 %	6,2 %
50	(21,2 %)	-1,5 %	12,8 %	11,2 %

Tabela 20 – Variação obtida na probabilidade de detecção nacional para as três possibilidades de reestruturação propostas, sendo afectados 20 ou 50 postos de vigia.

Os resultados obtidos, permitem concluir claramente que, de acordo com o critério de valorização utilizado neste trabalho, existe um número elevado de postos de vigia que poderia ser removido sem que a probabilidade de detecção total fosse seriamente reduzida. De facto, a remoção de 21,2 % dos postos actuais resultaria na perda de apenas 1,5 % da probabilidade de detecção.

Os resultados obtidos para a adição de novos postos de vigia permite concluir que existem actualmente no território nacional muitos locais com elevado potencial, do ponto de vista da detecção de incêndios, onde não existe um posto de vigia. A adição de apenas 20 postos permitiria, por exemplo, um ganho substancial na vigilância, de 6,6 %.

Apesar de os resultados obtidos para a remoção e para a adição levarem a conclusões importantes, sem dúvida que os resultados para a recolocação são os mais interessantes. A recolocação de postos permitiria, sem o aumento dos custos operacionais da actual RNPV, aumentar a probabilidade de detecção, sem que para isso seja necessário deslocar um número elevado de postos. De facto, o ganho conseguido com a recolocação aproxima-se significativamente do ganho conseguido com a adição do mesmo número de postos, o que torna esta proposta mais interessante.

Como conclusão final resta referir que fica demonstrado que a estrutura da actual RNPV não é a mais eficiente e que qualquer que seja a abordagem a seguir é possível obter um incremento importante na relação entre a área vigiada e o número de postos da Rede.

AGRADECIMENTOS

À COTEC Portugal - Associação Empresarial para a Inovação, por ter tomado esta iniciativa proporcionando a apresentação dos resultados que se apresentam neste relatório.

À Direcção-Geral dos Recursos Florestais (DGRF), por toda a colaboração e pela disponibilização de informação diversa relativa à Rede Nacional de Postos de Vigia e aos incêndios florestais. Um agradecimento em particular aos Eng.^{os} Rui Natário, Miguel Cruz e Miguel Galante.

LISTA DE ACRÓNIMOS

CEABN - Centro de Ecologia Aplicada Professor Baeta Neves.

COTEC – Associação Empresarial para a Inovação.

DGRF - Direcção-Geral dos Recursos Florestais.

INOV – Instituto de Novas Tecnologias.

MDT - Modelo Digital do Terreno.

NASA - National Imagery and Mapping Agency.

RNPV - Rede Nacional de Postos de Vigia.

SIG - Sistemas de Informação Geográfica.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, R. (1998). *A Localização de incêndios florestais em SIG's com fins operacionais e de planeamento florestal*. In Jornadas de Fogos Florestais, IAAS-UTAD, Vila Real.
- Artsybashev, E.S. (1984). *Forest fires and their control*. Russian Translations Series: 15, New Delhi.
- Brown, A.A. & Davis, K.P. (1973). *Forest fire – Control and use* (2ª ed.). McGraw-Hill, New York.
- Bruce, H.D. (1941). Theoretical analysis of smoke-column visibility. Reprinted from *Journal of Agricultural Research*, Vol.62 (3). U.S. Department of Agriculture, Washington.
- Buck, C.C. (1938). *Factors influencing the discovery of forest fires by lookout observers*. Reprinted from *Journal of Agricultural Research*, Vol.56 (4). U.S. Department of Agriculture, Washington.
- Buck, C.C. & Fons, W.L. (1936). *The effect of direction of illumination upon the visibility of a smoke column*. Reprinted from *Journal of Agricultural Research*, Vol.51 (10). U.S. Department of Agriculture, Washington.
- Buckland, S.; Anderson, D.; Burnham, K. and Laake, J. (1993). *Distance Sampling. Estimating abundance of biological populations*. Chapman and Hall: London.
- Buckland, S.; Anderson, D.; Burnham, K.; Laake, J.; Borchers, D.; and Thomas, L. (2001) *Introduction to Distance Sampling*. Oxford University Press: London.
- Catry, F.X.; Almeida, R.M. e Rego, F.C. (2004). Produção de cartografia de visibilidades para Portugal continental. A importância da sua utilização na vigilância contra incêndios florestais. *Silva Lusitana*, 12 (2): 227-241.
- Catry, F.X. (2002). *Estudo da visibilidade em postos de vigia e da sua influência na vigilância de incêndios florestais*. Relatório do Trabalho de Fim de Curso da Licenciatura de Engenharia Florestal. ESA - IPCB.

- Chandler, C.; Cheney, P.; Thomas, P.; Trabaud, L. & Williams, D. (1983). *Fire in forestry – Volume II: Forest fire management and organization*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Davis, K.P.; Byram, G.M. & Krumm, W.R. (1959). *Forest fire. Control and use*. McGraw-Hill, New York.
- DGRF (2004a). *Centro de Prevenção e Detecção – Manual de funcionamento*. Direcção-Geral dos Recursos Florestais, Lisboa.
- DGRF (2004b). www.dgf.min-agricultura.pt/v4/dgf/pub.php?ndx=856. Carta de Risco de Incêndio. Direcção-Geral dos Recursos Florestais (DGRF).
- Dias, A.B. (1955). *Elementos para a organização da defesa contra fogos no património florestal*. DGSA, Lisboa.
- ESRI (2002). *ArcInfo 8 Help*. Environmental Systems Research Institute, Inc.
- European Commission (2004). Forest Fires in Europe – 2003 Fire campaign. San-Miguel-Ayaz, J., Barbosa, P., Camia, A., Kucera, J., Schmuck, G., E. Schulte, Bucella, P., Colletti, L., Flies, R. (Eds), Official Publication of the European Communities, SPI.04.124.EN.
- FAO (2001). Capítulo 6.1 - Detección. In *Guide Technique International. Protection des forêts contre l'incendie - Fiches techniques pour les pays du bassin méditerranéen*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- Fisher, P.F. (1995). An exploration of probable viewsheds in landscape planning. *Environment and Planning*, 22: 527-546.
- Fisher, P.F. (1996a). Reconsideration of the viewshed function in terrain modelling. *Geographical Systems*, 3: 33-58.
- Fisher, P.F. (1996b). Propagating effects of database generalization on the viewshed. *Transactions in GIS*, 1 (2): 69-81.
- Fisher, P.F. (1996c). Extending the applicability of viewsheds in landscape planning. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 62: 1297-1302.
- Freitas, A.S.B. (1989). *Perímetro Florestal de Manteigas*. Direcção-Geral das Florestas, Lisboa.

- Galante, L.M.D.P.V. (2001). *Rede nacional de postos de vigia*. Direcção-Geral das Florestas, Lisboa.
- Galante, M. & Correia, S. (2002). *Resumo da actividade do Corpo Nacional da Guarda Florestal no serviço de fogos florestais*. Direcção-Geral das Florestas, Lisboa.
- Horne, R. (2004). <http://www.visualizationsoftware.com/3dem.html>.
- ICONA, 1981. Vigilancia y deteccion. In *Tecnicas para defensa contra incendios forestales*. Monografia 24. Instituto Nacional para la Conservacion de la Naturaleza (ICONA), pp. 58-60.
- ICN, 2004. <http://www.icn.pt>. Instituto da Conservação da Natureza
- IGP, 2004. <http://www.igeo.pt/IGEO/portugues/Frameset-geog.htm>. Instituto Geográfico Português.
- INMG (1992). Anuário Climatológico de Portugal. I Parte – Continente e Ilhas do Atlântico-Norte. Vol. VII (1951) e Vol. VII (1953). Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG), Lisboa.
- Macedo, F.W. & Sardinha, A.M. (1987). *Fogos florestais - 2º Volume* (2ª ed.). Publicações Ciência e Vida, Lda., Lisboa.
- ME (2005). http://www.gee.min-economia.pt/site/gepe_estatistica_pt00.asp?tipoid=37&categoriaid=65. Ministério da Economia.
- Nackaerts, K.; Govers, G. & Orshoven, J. V. (1999). Accuracy assessment of probalistic visibilites. *International Journal of Geographical Information Science*, 13 (7): 709-721.
- NASA; NIMA; DLR; ASI (2004). <ftp://edcsgs9.cr.usgs.gov/pub/data/srtm/>. National Aeronautics and Space Administration (NASA); National Imagery and Mapping Agency (NIMA); German space agency (DLR); Italian space agency (ASI).
- Pereira, J.M.C. & Santos, M.T.N. (2003). *Áreas queimadas e risco de incêndio em Portugal*. Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas (MADRP).
- Rego, F.C. (2001). *Florestas Públicas*. Ed. Francisco Rego, Lisboa.

Ruiz, E.M. (2000). Capítulo 17 - Detección. In Vélez, R. (Coordinador). *La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias*. McGraw-Hill, Madrid.

SGMA (1998). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología*. Secretaria General de Medio Ambiente, Madrid.

Show, S.B.; Kotok, E.I.; Gowen, G.M.; Curry, J.R. & Brown, A.A. (1937). *Planning, constructing and operating forest-fire lookout systems in California, Circular N°. 449*. U.S. Department of Agriculture, Washington.

Trejo, D.A.R. (1996). *Incendios forestales*. D.R. Universidad Autónoma Chapingo, México.

USDHHS (2002). Growth charts. Centers for Disease Control and Prevention – United States Department of Health and Human Services. <http://www.cdc.gov>.

