

# REDE NACIONAL DE RADARES METEOROLÓGICOS: SITUAÇÃO ACTUAL E DESAFIOS FUTUROS

Sérgio Barbosa<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Meteorologia, I. P., Rua C do Aeroporto de Lisboa, 1749-077 Lisboa,  
Sergio.Barbosa@meteo.pt

## 1. Introdução

A grande importância operacional dos equipamentos de radar meteorológico é hoje em dia consensualmente reconhecida na comunidade meteorológica internacional.

A importância da mesometeorologia e da previsão meteorológica para períodos muito curtos e do "nowcasting" tem vindo a aumentar nos últimos anos, muito por força da crescente influência dos sistemas de radar meteorológico, que têm revelado ser de grande importância operacional na detecção e acompanhamento de fenómenos meteorológicos perigosos, medição e previsão da precipitação para períodos muito curtos, medição da turbulência, medição do vento e do "shear" do vento.

Os equipamentos de radar meteorológico desempenham assim um papel fundamental na salvaguarda de vidas e bens, em especial nas regiões mais sujeitas a tempestades violentas, cheias, tornados e também em situações em que a protecção meteorológica pode ser crítica como é o caso, por exemplo, dos transportes aéreos.

Todos os estudos de relações custo/benefício têm permitido concluir que a informação de radar meteorológico é rentável em termos económicos, servindo uma vasta gama de utilizadores.

A disponibilidade da informação de radar meteorológico pode ser crítica na previsão de caudais em pequenas bacias e na previsão de cheias repentinas, embora não deixe também de ser de grande importância na vigilância hidrometeorológica e previsão de caudais e de cheias em bacias de maiores dimensões. Acresce ainda que os benefícios sócio-económicos resultantes da melhoria da previsão hidrológica não se esgotam apenas numa componente de natureza nacional.

Assim, os radares meteorológicos fornecem uma valiosa contribuição para a previsão hidrológica intervindo em modelos de previsão de caudais e cheias, sendo a sua aplicação de especial interesse em pequenas bacias situadas em áreas densamente povoadas.

O Instituto de Meteorologia (IM) de Portugal tem em curso de execução um grande projecto nos planos científico, tecnológico e técnico que consiste na instalação e exploração de uma rede nacional de radares meteorológicos cobrindo todo o território

nacional. Trata-se de um projecto de natureza pluridisciplinar, essencialmente nos domínios da Meteorologia, Hidrologia, Ciências da Computação e Telecomunicações.

Constituem objectivos específicos do empreendimento projectar, adquirir, instalar, explorar, desenvolver e manter operacional uma rede de radares meteorológicos constituída por sete estações automáticas de radar, diversos sistemas de processamento regional e de visualização remota e dois sistemas de processamento central.

Constituem objectivos gerais do projecto melhorar a qualidade e disponibilidade dos serviços prestados pelo IM a nível nacional e regional, nos domínios da vigilância meteorológica e hidrometeorológica e da previsão meteorológica para períodos muito curtos, com impacto na salvaguarda de vidas e bens e em benefício duma vasta gama de actividades socio-económicas bem identificadas, contribuindo para a melhoria das condições de segurança das populações face a catástrofes naturais e para o desenvolvimento sustentável de Portugal.

## 2. Antecedentes

Os trabalhos preparatórios deste grande projecto remontam a 1986, com o início da realização de estudos de viabilidade da rede de radares e da escolha prévia de locais para a instalação das estações de radar.

Um dos principais factores considerados na escolha dos locais foi a necessidade de uma adequada cobertura do território nacional para fins meteorológicos e hidrológicos. Para tal, efectuou-se o estudo dos locais do ponto de vista das ocultações e do coberto vegetal da região. Os diversos locais pré-seleccionados em cada região foram também avaliados do ponto de vista dos ecos fixos potenciais, com vista a minorar os seus eventuais efeitos. Outro aspecto fundamental que foi tomado em consideração foi a existência de aeroportos a distâncias relativamente curtas (até 50 Km no máximo). Do ponto de vista das infra-estruturas deuse particular relevância à existência de energia eléctrica nas proximidades e a bons acessos.

Esta escolha tem sido optimizada ao longo do tempo de forma a minorar os efeitos de eventuais obstáculos artificiais que vão sendo implantados,

como, por exemplo, edifícios, antenas de variadas proveniências ou centrais eólicas. Em 1995 deu-se início ao contrato para o fornecimento do sistema de radar de Coruche/Cruz do Leão (C/CL), que constituiu o primeiro nó da rede de radares e iniciou a sua exploração operacional em Junho de 1998. Por seu turno, em 1999 iniciaram-se os trabalhos no âmbito do contrato para o fornecimento do sistema de radar de Loulé/Cavalos do Caldeirão (L/CC), cuja exploração operacional se iniciou em Março de 2005.

### 3. Situação actual

A Fig. 1 é representativa da situação actual, indicando-se as localizações já definitivas (radares de C/CL e L/CC) e as que, presentemente, são as que melhores garantias oferecem para a futura instalação de estações de radar.



Fig.1 - Rede Nacional de Radares Meteorológicos

Actualmente, o IM explora operacionalmente os sistemas de radar de C/CL e de L/CC. Trata-se de radares da faixa C, modelo METEOR 360 AC, ambos fabricados pela empresa alemã AMS Gematronik.

Na Tabela 1 indica-se a respectiva localização e apresentam-se as principais características técnicas dos dois sistemas.

Apesar de ambos serem muito semelhantes do ponto de vista tecnológico, a comparação das respectivas características técnicas permite concluir facilmente que o radar de L/CC, para além de possuir um emissor mais potente e uma sensibilidade superior, incorpora um processador de sinal mais evoluído, garantindo uma maior capacidade de detecção e uma melhor qualidade dos dados de base, factores que têm sido plenamente comprovados.

A supervisão e comando do radar de C/CL são executados pelo sistema Rainbow, também da responsabilidade da AMS Gematronik. Contudo, no que se refere ao processamento da informação de radar, os dados de base são convertidos para o formato IRIS da Sigmet num PC Linux, que constitui o Sistema de Processamento Central (SPC) da rede de radares.

Por seu turno, no radar de L/CC o sistema de processamento, supervisão e comando é o IRIS da Sigmet.

	C/CL	L/CC
<b>Localização</b>		
WMO	08 550	08 553
Latitude	39° 04' 21'' N	37° 18' 19'' N
Longitude	08° 23' 56'' W	07° 57' 06'' W
Altitude	187 m	616 m
<b>Car. técnicas</b>		
Tipo de antena	Parabólica, 4,2m	Parabólica, 4,2m
Ganho da antena	45,31 dBi	45,6 dBi
Abertura feixe	0,95°	0,95°
Polarização	Linear, horizont.	Linear, horizont.
Emissor	Magnetron	Magnetron
Frequência	5640 MHz	5630 MHz
Largura impulso	1,99/0,86 µs	2,03/0,90 µs
PRF	250/1200 Hz	250/1200 Hz
Potência de pico	265/279 KW	306/316 KW
MDS	-111/-109 dBm	-120/-119 dBm
Larg. dinâmica	> 85 dB	> 90 dB
Processador sinal	RVP-6	RVP-8

Tabela 1 - Principais características dos radares

### 3.1 Rastreios volumétricos e produtos gerados

Apesar dos dois radares assentarem em sistemas de processamento (Rainbow e IRIS) com filosofias diferentes a vários níveis, em particular na forma como as várias estratégias de rastreio utilizadas operacionalmente são executadas, como os dados de base no formato Rainbow são previamente convertidos para o formato IRIS, os produtos obtidos com os dois radares são os mesmos, embora a sua génese seja diferente.

No radar de C/CL executam-se dois rastreios, um da reflectividade e outro do vento.

No rastreio da reflectividade processa-se a grandeza  $Z$  e utiliza-se um alcance de 400 Km para fins de vigilância meteorológica pelo facto de não existir ainda nenhum radar a Norte. O rastreio compreende 15 elevações, entre 0.1° e 19.5°, seleccionadas de forma a garantir um bom preenchimento volumétrico. No rastreio do vento processam-se as grandezas  $V$  e  $W$  até um alcance de 150 Km, com base em seis elevações, entre 0.1° e 28.0°. Em ambos os rastreios a periodicidade de obtenção da informação de radar é de 10 min.

Por seu turno, no radar de L/CC são utilizados três rastreios, dois de reflectividade e um do vento.

O rastreio principal de reflectividade, com processamento das grandezas  $Z$  e  $T$  e alcance de 300 Km, é um rastreio híbrido englobando três rastreios. No total utiliza catorze elevações, entre 0.0° e 19.5°, seleccionadas também para garantir um bom preenchimento volumétrico mas tendo em conta o facto da antena do radar se situar a uma cota elevada. O segundo rastreio da reflectividade destina-se a garantir que o produto de intensidade da

precipitação à superfície (SRI) possa ser obtido com periodicidade de 5 min, pelo que utiliza apenas as quatro elevações mais baixas do rastreio anterior, 0.0°, 0.9°, 1.9° e 2.9°. O rastreio do vento, com processamento simultâneo das grandezas Z, V e We alcance limitado a 100 Km, utiliza seis elevações, entre 0.1° e 28.0° e foi optimizado para a obtenção de produtos dinâmicos de boa qualidade, designadamente o perfil vertical do vento e o vento horizontal em camada.

Contrariamente ao caso do radar de C/CL, que utiliza filtragem de ecos fixos (*clutter*) dinâmica e estática (para remover ecos fixos residuais), o radar de L/CC usa apenas filtragem dinâmica, embora com desempenho muito bom.

Presentemente, o IM explora diversos produtos de cada radar, bem como produtos de rede, designadamente, produtos de vigilância meteorológica, nowcasting, precipitação e vento, nos formatos IRIS e GIF. Na Tabela 2 indica-se o catálogo de produtos em exploração operacional.

Catálogo de produtos gerados		
C/CL	L/CC	Rede
P-CAPPI*	P-CAPPI*	P-CAPPI*
SRI*	SRI*	SRI
RAIN1	RAIN1	RAIN1
RAIN3	RAIN3	—
PPI*	PPI*	—
MAX	MAX	—
TOPS	TOPS	TOPS
VIL	VIL	VIL
TRACK	TRACK	—
VVP	VVP	—
WIND	WIND	—
WARN	WARN	WARN

Tabela 2 - Produtos gerados pelos radares

Para além destes, os sistemas permitem a geração de outros produtos que, apesar de não serem gerados operacionalmente por norma, podem ser obtidos se as condições meteorológicas o exigirem (e.g., precipitação média acumulada em bacias hidrográficas, shear do vento, etc.).

Os produtos assinalados com \* são também gerados em formato BUFR tendo em vista a troca de dados com outros serviços meteorológicos. Brevemente, os produtos MAX e VVP serão também disponibilizados no formato BUFR.

Todos os produtos são gerados com resolução de 1x1 km, embora a resolução possa ser degradada (por exemplo para 2x2 km) tendo em vista facilitar as trocas internacionais.

À excepção do SRI de L/CC, disponível com intervalos de 5 min, e dos produtos de precipitação acumulada, RAIN1 e RAIN3, com periodicidades de 1h e 3h, respectivamente, todos os restantes produtos são disponibilizados com uma periodicidade de 10 min.

Na Fig. 2 apresenta-se um exemplo de um produto em mosaico da intensidade da precipitação (P-CAPPI), englobando dados dos dois radares.

Todos os produtos indicados na Tabela 2 são de utilização frequente em meteorologia-radar.

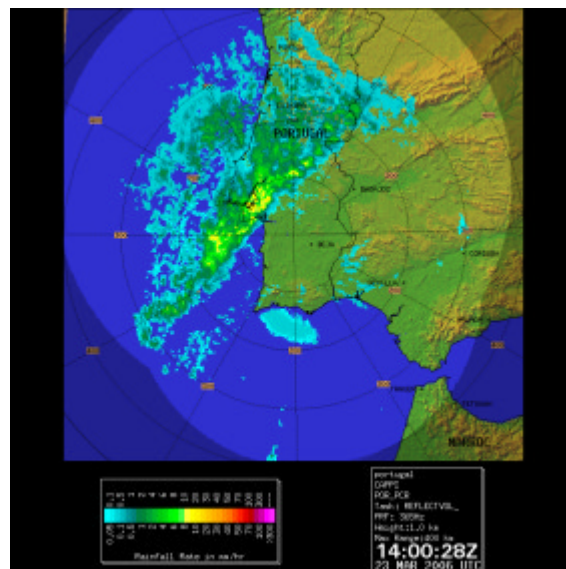


Fig. 2 – Imagem em mosaico de um P-CAPPI da intensidade da precipitação

Ultimamente o IM tem dedicado especial atenção à implementação de produtos de aviso de mau tempo (WARN) baseados em produtos de radar, que são de utilização muito importante na vigilância meteorológica permanente.

Assim, estão em exploração operacional quatro tipos de avisos: queda de granizo; presença de aglomerados convectivos susceptíveis de produzir “tempo severo”; chuva forte; detecção e acompanhamento de células convectivas.

Relativamente ao aviso de queda de granizo optou-se por recorrer aos produtos VIL e TOPS, de acordo com o seguinte critério: VIL > 5 mm e TOPS de 45 dBZ em altitudes superiores a 3000m, considerando-se uma área limiar de 10 Km<sup>2</sup> (Fig. 3).

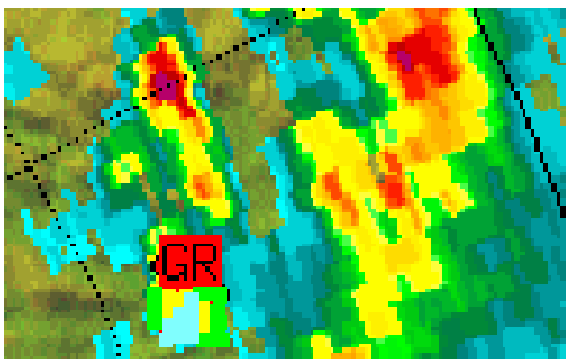


Fig. 3 – Aviso de queda de granizo sobreposto a imagem de radar

No que se refere ao aviso de presença de aglomerados convectivos susceptíveis de produzir

“tempo severo”, tendo em atenção a climatologia apurada pelas observações de radar, optou-se por considerar dois níveis de aviso: Nível 1 – Z entre 49 e 55 dBZ e área limiar de 5 Km<sup>2</sup>; Nível 2 – Z > 55 dBZ e área limiar de 5 Km<sup>2</sup>.

Para o aviso de chuva forte estabeleceu-se como critério a ocorrência de valores da precipitação acumulada numa hora superiores a 20 mm numa área limiar de 16 Km<sup>2</sup> (Fig. 4).

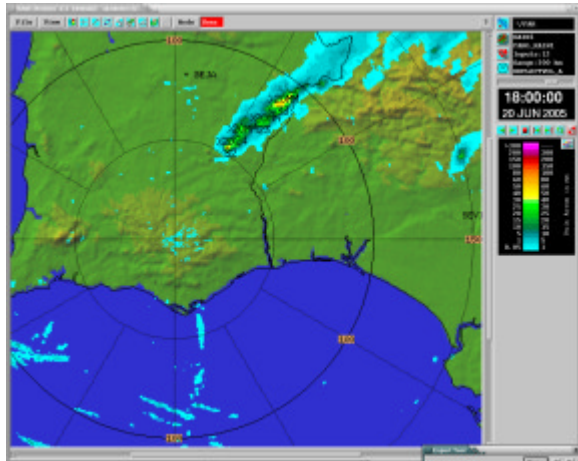


Fig. 4 – Aviso de chuva forte sobreposto a imagem de radar

Finalmente, no aviso de detecção e acompanhamento de células convectivas considerou-se como critério a existência de estruturas com Z > 45 dBZ no produto MAX, numa área limiar de 10 Km<sup>2</sup>.

É de salientar que o meteorologista deverá observar alguns aspectos fundamentais para que o recurso a este tipo de produto possa ter reflexos proveitosos no desempenho da previsão a curto prazo e não gere eventuais efeitos perversos.

Qualquer dos sistemas de radar permite a geração de produtos nas seguintes projecções geográficas: Azimutal Equidistante, Mercator, Conforme de Gauss, Hayford-Gauss, UTM, Cónica de Lambert, Estereográfica Polar a 60°N e Gnomónica. Podem ainda usar-se diversos elipsóides, nomeadamente o internacional e o WGS84.

### 3.2 Fluxo de informação no IM

Todo o conjunto de dados de radar que circulam na LAN do IM gera um fluxo considerável de informação que convém explicitar. A Fig. 5 representa o fluxo de informação de radar na LAN do IM.

No que se refere ao sistema de radar de C/CL, os dados de base são transmitidos para a sede do IM, via feixe hertziano, sendo recebidos numa estação de trabalho UNIX (GemaPor62) onde corre o sistema Rainbow, responsável pela supervisão e comando do radar. Após filtragem estática do "clutter", os dados de base são transmitidos para o SPC, onde se

procede à conversão do formato Rainbow para o formato IRIS e à geração de produtos.

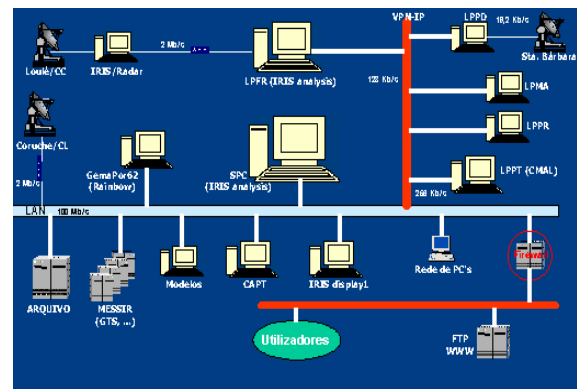


Fig. 5 – Fluxo de informação na rede de radares

Por seu turno, no sistema de radar de L/CC os dados de base são transmitidos, também via feixe hertziano, para um PC Linux (IRIS Analysis) situado no Centro de Meteorologia Aeronáutica de Faro, onde são gerados produtos para exploração local. Os dados de base são igualmente transmitidos para o SPC através duma rede VPN-IP, que liga os centros meteorológicos dos aeroportos nacionais.

Quer a GemaPor62, quer o IRIS Analysis, funcionam também como sistemas de processamento regional (SPR). Trata-se de sistemas que asseguram o comando e monitorização do estado de funcionamento do radar que lhes está associado e têm ainda a capacidade de geração, em tempo real, de produtos de alta resolução a apresentar em sistemas de visualização adequados.

O SPC assegura o comando e automatização de toda a rede de radares e a monitorização do seu funcionamento através dos SPR.

No SPC procede-se à geração de produtos individuais de cada radar e de produtos de rede, de acordo com o catálogo de produtos da Tabela 2. Além disto, o SPC permite a visualização, em tempo real, de todos os produtos gerados e é responsável pela distribuição da informação de radar de interesse aos diversos utilizadores, quer através dos SPR, quer directamente através dos vários nós da LAN do IM. Presentemente os produtos são distribuídos pelos centros operacionais do IM (formato IRIS) e também enviados para o sistema de arquivo do IM (IRIS e GIF), o sistema de comunicações MSS, Message Switch System (BUFR), o sistema de visualização e integração de informação meteorológica MESSIR Vision (BUFR), a rede de PC's (GIF), a página de Internet do IM (GIF) e o servidor de FTP (GIF) para disponibilização da informação para a rede de utilizadores externos. Entre estes há a considerar, presentemente, os serviços de protecção civil (SNBPC), a Força Aérea Portuguesa (FAP) e a Direcção-Geral de Viação (DGV), esperando-se para breve a disponibilização da informação para o Instituto da Água (INAG).

Tem igualmente sido disponibilizada informação de radar meteorológico, em tempo diferido, a Universidades portuguesas, no âmbito de projectos de investigação desenvolvidos em conjunto.

A ligação aos serviços meteorológicos de outros países para efeitos de troca de dados de radar em formato BUFR será assegurada pelo sistema de comunicações MSS, sendo a transmissão efectuada via RMDCN (GTS).

Os Sistemas de Visualização Remota são estações PC Linux, como, por exemplo, as instaladas nos centros operacionais do IM, CAPT e CMAL, que permitem a qualquer utilizador do sistema o acesso à informação sob a forma gráfica e numérica. Possuem ainda capacidade de supervisão e comando dos sistemas de radar e apenas diferem das outras máquinas PC Linux pelo facto de não permitirem a geração de produtos.

Desde meados de Abril de 2006 que o IM passou a dispor dos dados do radar NEXRAD instalado na ilha Terceira (Açores).

Dado que o arquipélago dos Açores, pela sua localização geográfica, é frequentemente atingido por tempestades severas, de intensidade muito variável, em especial no Outono e Inverno, o acesso aos dados deste radar é da maior importância para a região, nomeadamente pela sua contribuição para a vigilância meteorológica permanente e para o "nowcasting".

Relativamente à qualidade dos dados, grande parte do controlo de qualidade é efectuado de forma automática na colheita dos dados de base. Os principais passos considerados neste processo são: manutenção preventiva e calibração radioelétrica com base em padrões adequados; execução de estratégias de rastreio tirando partido das características do processamento de sinal; aplicação de filtros para remoção de ruído, ecos espúrios, etc; filtragem dinâmica (L/CC) e estático/dinâmica dos ecos fixos (C/CL).

Para além deste processo há a considerar a realização de filtragens adicionais que requerem a presença de observadores especializados como, por exemplo, a visualização de imagens para despistar eventual funcionamento degradado do sistema.

Considerando apenas os radares de C/CL e L/CC, presentemente os dados são arquivados num sistema hierárquico de directórios cuja estrutura permite aceder de modo simples à informação pretendida. Em média são arquivados cerca de 260 GB de dados por ano.

#### **4. Desafios futuros**

As actividades a desenvolver futuramente incidem essencialmente em três áreas de actuação fundamentais: ampliação, modernização e desenvolvimento da rede nacional de radares meteorológicos.

No âmbito da ampliação da rede de radares, o próximo grande passo consistirá no projecto,

aquisição e instalação da estação de radar do norte do Continente, de forma a concluir a primeira fase da rede, completando-se assim a cobertura de Portugal Continental. A exploração operacional deste radar permitirá uma cobertura eficaz do norte do continente e, por outro lado, assegurará a cobertura global da Península Ibérica com radares meteorológicos.

O acesso aos dados dos radares da rede espanhola permitirá a geração de diversos produtos de radar meteorológico em mosaico de âmbito mais alargado, conseguindo-se assim proceder à análise da informação de radar simultaneamente na escala sinótica e na mesoescala, donde resultará uma melhoria considerável na qualidade da informação meteorológica obtida, com evidentes benefícios, entre outras áreas, na vigilância meteorológica, hidro meteorológica e hidrológica, na previsão para períodos muito curtos e no tratamento do campo da precipitação.

No âmbito da modernização da rede o IM pretende melhorar o desempenho do radar de C/CL, há 8 anos em exploração operacional, substituindo alguns componentes/equipamentos que começam a revelar alguns sinais de obsolescência e o sistema de supervisão e comando Rainbow pelo IRIS, instalado no radar de L/CC e que tem revelado maior robustez.

Do ponto de vista do desenvolvimento da rede de radares há diversos vectores a considerar. Assim, tirando partido do facto de o IRIS ser um sistema de processamento aberto, com uma poderosa interface com o utilizador que é o User Product Insert (UPI), o IM pretende desenvolver novas aplicações da rede de radares para fins gerais e específicos.

Neste contexto, para além de alterações ao método de ajustamento radar-udómetro disponibilizado pelo IRIS, por forma a incorporar uma técnica baseada em filtros de Kalman desenvolvida no IM, pretende-se desenvolver técnicas para detecção de ecos em arco e de mini super-células, com base no produto MAX (Z), de "overshooting" (com base no produto TOPS) e de linhas de reflectividade.

Outra das vertentes mais importantes será a da utilização dos radares para fins hidrológicos, até agora muito insipiente, tirando partido do crescente reconhecimento internacional da utilização destes equipamentos em hidrologia operacional.

De facto, o radar é o único instrumento que permite a medição da precipitação média em área, em tempo real e a sua previsão, para períodos muito curtos, cobrindo inclusive áreas de difícil acesso, como rios, lagos, etc.

Outros aspectos a que o IM continuará a dar grande importância são a formação de pessoal, bem como o desenvolvimento dos conhecimentos científicos e técnicos nas áreas da meteorologia-radar e da utilização do radar em hidrologia.

## 5. Referências

Barbosa, S., 2001, “**Rede Nacional de Radares Meteorológicos – Um Contributo para a Salvaguarda de Vidas e Bens**”, Painel sobre Detecção Remota, Escola Naval (desenvolvido em PowerPoint97).

Barbosa, S., 1994, “**Sistemas de Detecção Remota - uma ponte entre a Meteorologia/ Hidrologia e a Engenharia**”, *Instituto de Meteorologia*, Lisboa, 11 pp.

Silva, V. M., M. P. Rosa Dias, M. E. Macedo, e S. Barbosa, 1991, “**Rede de Radares para Fins Meteorológicos e Hidrológicos**”, *Direcção-Geral dos Recursos Naturais e Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica*, Lisboa.

Rosa Dias, M. P., e S. Barbosa, 1990, “**Perspectivas de Desenvolvimento de uma Rede Nacional de Radares Meteorológicos**”, *Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica*, Lisboa.