

Márcio Samuel Ribeiro
Teles Amaral

Planeamento de comunicações de emergência em operações de proteção e socorro, redundância e antecipação.

**Márcio Samuel Ribeiro
Teles Amaral**

Planeamento de comunicações de emergência em operações de proteção e socorro, redundância e antecipação.

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em *Gestão de Emergência*, realizada sob a orientação científica do Mestre Eutíquio José Gonçalves Costa, do Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração e coorientação da Professora Doutora Filipa Rodrigues Pereira da Escola Superior de Educação de Viseu.

o júri

Presidente	Doutora Carla Andreia Pimentel Rodrigues
Arguente	Mestre José Pedro Godinho Oliveira Lopes
Orientador	Mestre Eutíquio José Gonçalves Costa

Agradecimentos

A concretização de uma dissertação de mestrado, configura por si só o percurso efetuado, carregado de uma multiplicidade de sentimentos. O caminho é longo, investido de uma enorme responsabilidade, não só pelo documento, mas também por todos quantos contribuíram, de forma direta ou indireta em todo o percurso. A todos o meu sentido agradecimento pela partilha de conhecimento, experiências, amizade, companheirismo e resiliência em toda esta caminhada.

Ao Mestre Eutíquio Costa, uma referência, que muito tem contribuído para o desenvolvimento e o progresso da área das comunicações, o meu profundo agradecimento por ter aceite a orientação deste desafio, simplesmente obrigado.

À Professora Doutora Filipa Pereira por ser como simplesmente é, por ter acompanhado em vários momentos no meu percurso académico e ter aceite a coorientação. Obrigado.

A todos que contribuíram com as suas respostas ao questionário elaborado no tempo disponibilizado e na partilha que fizeram, obrigado.

À minha família que tem sofrido com as minhas ausências neste percurso académico, desculpem, espero que esta longa caminhada vos traga o conforto que merecem, sei que não compensará tudo. Agradeço o conforto proporcionado, principalmente nos momentos avaliativos e de maior empenho académico. São enormes.

Ao meu filho, que é a base de tudo e para tudo, o foco, a determinação, a motivação, a alegria, a resistência e a resiliência em tudo o que faço e que me dedico, espero nunca te desiludir e que te consiga transmitir, pelo exemplo o que certamente te desejo para o futuro.

Por fim a pessoas muito especiais que deveriam estar ao meu lado, para fisicamente poderem acompanhar este percurso, principalmente para eu lhes poder dizer, consegui. Obrigado pelo Vosso exemplo.

palavras-chave

Comunicações de Emergência; Zonas Sombra; Planeamento; Sistema Integrado de Rede de Emergência e Segurança de Portugal (SIRESP); Redundância; Antecipação.

resumo

As comunicações nas operações de proteção e socorro, transversais a todos os Agentes de Proteção Civil, são um dos pilares para o sucesso das mesmas.

O seu bom funcionamento, bem como a sua eficácia e eficiência, atenuam os efeitos dos acidentes graves ou catástrofes.

As exigências das ocorrências do ano de 2017 vieram demonstrar a necessidade de existir um sistema de comunicações resistente, robusto e redundante para que o mesmo funcione em situações de exceção.

O presente trabalho tem como objetivo identificar a importância dos sistemas de comunicações em operações de proteção e socorro, a sua eficaz utilização, a necessidade de redundância e a sua implementação efetiva tendo por base o planeamento, a sua articulação, rentabilização e gestão.

Para alcançar os objetivos recorreu-se a um questionário de amplitude nacional, envolvendo os vários agentes de proteção civil, de modo a aferir quais os níveis de utilização das redes de comunicações, os seus conhecimentos, o seu modo de funcionamento e a identificação de aspetos de melhoria na sua utilização e rentabilização.

Revela-se importante a continuidade dos processos formativos, principalmente na rede Sistema Integrado das Redes Emergência e Segurança Portugal e na sua exploração, a redundância nas redes de comunicações, a elaboração de um manual de procedimentos comum aos utilizadores e que seja garantida a articulação e interligação entre todos os agentes de proteção civil. A academia pode ter um contributo importante na melhoria das condições de utilização das redes, bem como na formação dos operacionais e no conhecimento técnico que, não sendo complexo, necessita de estudo e investimento por parte de todos.

keywords

Emergency Communications; Shadow Zones; Planning; Portugal's Integrated Emergency and Security Network System; Redundancy; Anticipation.

abstract

Communications in protection and rescue operations, which are transversal to all Civil Protection Agents, are one of the pillars of their success.

Their proper functioning, as well as their effectiveness and efficiency, mitigate the effects of serious accidents or disasters.

The demands of the events of 2017 have demonstrated the need for a resilient, robust and redundant communications system so that it can function in exceptional situations.

The aim of this paper is to identify the importance of communications systems in protection and rescue operations, their effective use, the need for redundancy and their effective implementation based on planning, coordination, profitability and management.

To achieve the objectives, a nationwide questionnaire was used, involving the various civil protection agents, in order to gauge the levels of use of communications networks, their knowledge, how they work and to identify aspects for improvement in their use and profitability.

It is important to continue training processes, especially in the Integrated Emergency and Security Network System Portugal and its operation, redundancy in communications networks, the development of a common procedures manual for users and to ensure coordination and interconnection between all civil protection agents.

Academia can make an important contribution to improving the conditions in which the networks are used, as well as training operatives and providing technical knowledge which, although not complex, requires study and investment on everyone's part.

ÍNDICE:

ÍNDICE DE TABELAS	12
ÍNDICE DE GRÁFICOS	13
ÍNDICE DE FIGURAS	15
Siglas e Abreviaturas	17
INTRODUÇÃO	19
Motivação.....	21
Definição do problema em estudo.....	21
Objetivos.....	23
Estrutura	24
CAPÍTULO 1	26
Estado da Arte	26
Sistemas de Comunicações de Emergência em Portugal	26
Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal – TETRA	26
Propósito e Aplicações	28
Características Técnicas	29
Arquitetura de Rede	33
Modos de Operação	34
Segurança.....	39
Padrões e Especificações	42
Adoção Global.....	42
Portugal – Funcionalidades.....	44
Rede Operacional de Bombeiros – ROB	46
Propósito e Aplicações	46
Rede Estratégica de Proteção Civil – REPC	48
Propósito e Aplicações	48

Sistemas de Redundância	50
Estações Móveis	50
DMO Repeater	53
Gateway-Repeater	54
Malas de comunicações de emergência.....	55
Interligação com outras redes	56
Interligação com <i>Long-Term Evolution</i> (LTE) / 5G	56
Manual de Procedimentos e Formação	57
Boas Práticas – Procedimentos Rádio	59
Estudo de Caso	60
CAPÍTULO 2	68
Metodologias.....	68
População e Amostra	68
Instrumentos de Recolha de Dados.....	69
Análise dos Dados	70
Constrangimentos.....	70
CAPÍTULO 3	72
Apresentação dos resultados	72
Caracterização Sociodemográfica	72
Nível de utilização das várias redes de comunicações em teatros de operações	76
Constrangimentos operacionais e técnicos na operação com equipamentos rádio	79
Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal (SIRESP)	81
Aspetos de melhoria na utilização das redes de Comunicações	85
CAPÍTULO 4	91
Discussão dos Resultados.....	91

Considerações Finais	97
CAPÍTULO 5	99
Conclusões	99
Referências Bibliográficas	103
Anexos	108
Anexo 1.....	109

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Intensidade de RSSI (GmbH, 2023)	63
Tabela 2 – Caracterização da amostra ao nível do género	72
Tabela 3 – Caracterização da amostra ao nível das Habilitações Académicas	73
Tabela 4 – Caraterização da amostra ao nível da idade.....	73
Tabela 5 – Caraterização da amostra ao nível da Entidade a que pertence.....	74
Tabela 6 – Caraterização da amostra pela sub-região em que exerce a atividade	75
Tabela 7 - Utilização da rede SIRESP	92
Tabela 8 - Utilização da rede ROB	92

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Representação gráfica da caracterização da amostra ao nível do género	72
Gráfico 2 – Representação gráfica da caracterização da amostra ao nível das Habilitações Académicas	73
Gráfico 3 – Representação gráfica da caracterização da amostra ao nível da idade	73
Gráfico 4 – Representação gráfica da caracterização da amostra ao nível da Entidade a que pertence	74
Gráfico 5 – Representação gráfica da caracterização da amostra pela sub-região em que exerce a atividade, online	76
Gráfico 6 – Comunicações em cumprimento do Plano de Comunicações	77
Gráfico 7 – Comunicações com outros APC	77
Gráfico 8 – Utilização da Rede Operacional de Bombeiros	78
Gráfico 9 – Utilização da Rede Estratégica de Proteção Civil	78
Gráfico 10 – Utilização da Rede SIRESP	78
Gráfico 11 – Comunicação de Sistemas de redundância	79
Gráfico 12 – Falta de Equipamento rádio	79
Gráfico 13 – Utilização correta do equipamento	80
Gráfico 14 – Dificuldade de comunicação por falha de equipamento	80
Gráfico 15 – Dificuldades devido a zonas sombra	80
Gráfico 16 – Cumprimento do Plano de Comunicações estabelecido	80
Gráfico 17 – Ocupação elevado dos canais atribuídos	81
Gráfico 18 – Melhoria no processo de comunicação rádio	81
Gráfico 19 – Programação Grupos de conversação de Operações	81
Gráfico 20 – Programação Grupos de conversação de Coordenação	82
Gráfico 21 – Programação Grupos de conversação de Interligação entre Entidades	82
Gráfico 22 – Conhecimento sobre os modos de Operação	82
Gráfico 23 – Conhecimento sobre o modo TMO	83
Gráfico 24 – Conhecimento sobre o modo DMO	83
Gráfico 25 – Conhecimento sobre o modo Repeater	83
Gráfico 26 – Conhecimento sobre o modo Gateway	84
Gráfico 27 – Conhecimento sobre plataforma SIRESP GL	84
Gráfico 28 – Conhecimento sobre as Unidades Móveis	84
Gráfico 29 – Formação sobre redes de comunicações	85
Gráfico 30 – Quantitativos de formação (como utilizador)	85

Gráfico 31 – Sugestão, formação no uso dos modos de operação	86
Gráfico 32 – Identificação terminais com licença Repeater	86
Gráfico 33 – Utilização de terminais Repeater em estruturas	86
Gráfico 34 – Equipamentos portáteis e autônomos com licença Repeater e Gateway	87
Gráfico 35 – Interligação SIG, com georreferenciação, estações base, altimetria e mapas de cobertura de rede	87
Gráfico 36 – Bacias de cobertura TETRA como instrumento de planejamento	88
Gráfico 37 – Cartografia de apoio ao posicionamento de Estações Móveis e Portáteis...	88
Gráfico 38 – Redundância nos planos de comunicações	88
Gráfico 39 – Rentabilização do modo de operação DMO	89
Gráfico 40 – Equipas Multidisciplinares de acompanhamento e monitorização.....	89
Gráfico 41 – Manual de procedimentos de operação.....	90
Gráfico 42 – Disponibilidade de grupos de conversação temporários.....	90
Gráfico 43 – Interligação da rede SIRESP à rede LTE/5G	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Utilizadores da rede SIRESP em Portugal (SIRESP, SIRESP, 2023).	28
Figura 2 - Infraestruturas Rede SIRESP (SIRESP, Bombeiros.pt, 2013).....	30
Figura 3 – Faixas de frequências TETRA (Cryptomuseum, 2023)	31
Figura 4 – Eficiência de espectro eletromagnético. (Izquierdo, 2012).....	31
Figura 5 – TDMA - Time Division Multiple Access (Wireless Montenegro, 2023)	31
Figura 6 – Distribuição das zonas da rede SIRESP (SIRESP, SIRESP, 2023)	32
Figura 7 – Interfaces TETRA (Izquierdo, 2012).....	33
Figura 8 – DMO - Direct Mode Operation (Teltronic, 2018)	34
Figura 9 – Modalidade de comunicação em Simplex (Qsfptek, 2021).....	35
Figura 10 – DMO Gateway e DMO Repeater (Xavier Pons-Masbernard, 2015, pp. 95-125)	36
Figura 11 – Modo Fallback (Tetramodem, 2023)	36
Figura 12 – Chamada Privada em Half-Duplex (Qsfptek, 2021).....	37
Figura 13 – Chamada Privada em Full-Duplex (Qsfptek, 2021)	38
Figura 14 – Adoção global da rede TETRA (Cryptomuseum, 2023).	42
Figura 15 – Adoção da rede TETRA pelos serviços de Segurança (Cryptomuseum, 2023).	43
Figura 16 – Adoção da rede TETRA pelos serviços de Inteligência e Militares (Cryptomuseum, 2023).....	43
Figura 17 – Adoção da rede TETRA pelos serviços e infraestruturas críticas (Cryptomuseum, 2023).....	43
Figura 18 – SIRESP GL (SIRESP, SIRESP, 2023).....	44
Figura 19 – SIRESP – Status (INEM, 2018).....	45
Figura 20 – Rede Operacional de Bombeiros, localização das estações repetidoras. (ANEPC, 2010).....	46
Figura 21 – Estação repetidor e modo de operação. (Propagação aberta, 2012)	47
Figura 22 – REPC, Localização dos repetidores, interligações e respetivos canais. (ANEPC, 2010).....	48
Figura 23 – Estação Móvel SIRESP, pesado (SIRESP, SIRESP, 2023)	51
Figura 24 – Estação Móvel SIRESP, ligeira (Fonte: @Márcio Teles).....	51
Figura 25 – Estação Móvel Ligeira, unidades de alimentação e comunicação (Fonte: @Márcio Teles)	52
Figura 26 – Funcionamento e Ligações – Estação Móvel (SGMAI, 2018)	52

Figura 27 – Uso de acessório para ampliação da função Repeater (Emmerl, n.a.).....	53
Figura 28 – Suporte para terminal com a função Repeater (feuerwehr-parkstetten, 2016)	54
Figura 29 – Equipamento portátil de Comunicações, SIRESP e banda alta VHF (Fonte: @Márcio Teles)	55
Figura 30 – Heatmap, número de terminais SIRESP (ANEPC-PROCIV, 2023)	61
Figura 31 – Analisador de cobertura TETRA compacto (GmbH, 2023)	61
Figura 32 – Ficheiro CSV exemplo, de dados de cobertura da rede TETRA (GmbH, 2023)	62
Figura 33 – Interface do programa Covermap e informação disponibilizada, exemplo (GmbH, 2023).....	63
Figura 34 – Arquivo de texto, TXT, com a identificação das estações Base (Exemplo) (GmbH, 2023).....	63
Figura 35 - Recolha RSSI de quatro pontos via rádio Motorola MTP850 S.	64
Figura 36 - Ponto 1 de recolha RSSI (GmbH, 2023).....	65
Figura 37 - Ponto 2 de recolha RSSI (GmbH, 2023).....	65
Figura 38 - Ponto 3 de recolha RSSI (GmbH, 2023).....	66
Figura 39 - Ponto 4 de recolha RSSI (GmbH, 2023).....	66
Figura 40 - Identificação gráfica das captações de RSSI e a distância à Estação Base (GmbH, 2023).....	67

Siglas e Abreviaturas

ANEPC – Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil;

APC – Agentes de Proteção Civil;

BTS – Base Transceiver System;

CB – Corpo de Bombeiros;

CCGW – Conventional Channel Gateway;

CDOS – Comando Distrital de Operações de Socorro;

CMA's – Centro de Meios Aéreos;

CNOS – Comando Nacional de Operações de Socorro;

COG – Centro de Operações e Gestão;

CSV – *Comma Separated Values*;

CTI – Comissão Técnica Independente;

dBm – Decibel Miliwatt

EM – Estação Móvel;

ENB – Escola Nacional de Bombeiros;

ETSI – Instituto Europeu de Normalização das Telecomunicações;

FEB – Força Especial de Bombeiros;

GSM – Global System for Mobile Communications;

IP – *Internet Protocol*;

ISSI – Individual Short Subscriber Identity;

ISSI – *Individual Short Subscriber Identity*;

KHz – Kiloherertz;

LTE – *Long Term Evolution*;

MHz – Megahertz;

MOOC – *Massive Open Online Course*;

MOU – Memorandum of Understanding;

MSO – Mobile Switching Office;

MTIG – Motorola Telephone Interconnect Gateway;

NEP – Norma de Execução Permanente;

NOP – Norma Operacional Permanente;

PABX – *Private Automatic Brach Exchange*;

PCO – Posto de Comando Operacional;

PMR – *Professional Mobile Radio*;

PT – Ponto de Trânsito;

PTT – *Push-to-Talk*;

RASA – Rede Alternativa do Serviço de Amador;

REPC – Rede Estratégica de Proteção Civil;

ROB – Rede Operacional de Bombeiros;

RoIP – *Radio over Internet Protocol*;

RSSI – *Received Signal Strength Indicator*;

SCK – *Static Cipher Key*

SIG – Sistema de Informações Geográfica;

SIRESP – Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal;

SMPC – Serviço Municipal de Proteção Civil;

TDMA – *Time Division Multiple Access*;

TEI – *Terminal Equipment Identify*;

TETRA – *Terrestrial Trunked Radio*;

UFCD – Unidade de Formação de Curta Duração;

UHF – *Ultra Hight Frequency*;

VHF – *Very Hight Frequency*;

INTRODUÇÃO

A comunicação via rádio pode ser realizada basicamente em dois formatos: direta ou truncada. Até há bem pouco tempo atrás as redes de radiocomunicações eram analógicas, hoje os rádios já podem operar no formato digital. A adoção da tecnologia digital foi amplamente massificada em Portugal pelos vários Agentes de Proteção Civil (APC), muitos dos quais, abandonaram de forma direta os sistemas analógicos anteriormente usados, ficando assim, única e exclusivamente, dependentes desta nova tecnologia e sem a capacidade de em caso de falha do atual sistema de comunicações, poderem dar o melhor cumprimento às suas missões.

A tecnologia digital está a substituir a tecnologia analógica, principalmente por disponibilizar recursos adicionais e a melhorar os níveis de segurança das redes de radiocomunicações (APDC, 2022). Cada vez mais as necessidades operacionais carecem de outras tipologias de serviços como a partilha e envio de dados de forma expedita, como imagem e vídeo, o que leva a novos recursos e desenvolvimentos.

O principal sistema de radiocomunicações em uso, necessitará de uma grande capacidade de resiliência para que as falhas de operação sejam cada vez menores, com a atempada identificação de anomalias; deteção de aspetos a melhorar no seu uso e potencialização; conhecimento claro e objetivo do seu modo de funcionamento e operação; conjugação do conhecimento teórico com o conhecimento técnico e académico; garantir a evolução da rede com o avanço tecnológico emergente; interligação com outros sistemas de radiocomunicação existentes; potenciar a formação aos vários utilizadores para que possam retirar o máximo do sistema e assim garantir, principalmente em cenários de exceção a sua utilização contínua, sendo as comunicações um dos fatores chave do sucesso das suas missões.

As comunicações nas operações de proteção e socorro são, sem qualquer dúvida, um dos pilares de sucesso nas operações, envolvendo todos os APC bem como as entidades com especial dever de cooperação.

O seu bom funcionamento, bem como a sua eficácia e eficiência, podem atenuar os efeitos dos acidentes graves ou catástrofes e minimizar os danos para a vida humana, para os bens patrimoniais e meio ambiente.

É considerado de elevada importância, por parte de todos os agentes de proteção civil, a utilização de uma rede dedicada às comunicações de emergência no âmbito das

operações de Proteção Civil, permitindo um contacto próximo de todos os intervenientes, garantindo a interligação, a interoperabilidade e por consequência o sucesso nas operações.

O ano de 2017 veio demonstrar a necessidade de existir um sistema de comunicações resistente, robusto, redundante e principalmente que o mesmo funcione em situações de exceção. Cenários extremos implicam medidas e funcionalidades extremas e resilientes.

No relatório da Comissão Técnica Independente (CTI) sobre os incêndios de outubro 2017 foram identificadas várias falhas ao nível dos sistemas de comunicações, *“Foi enviada viatura móvel SIRESP que não permitiu funcionamento do sistema, talvez por estacionamento em local errado.”* (Independente, Avaliação dos Incêndios ocorridos entre 14 e 16 de outubro de 2017 em Portugal Continental, 2018, p. 159), e *“O Comandante do CB de Loriga assume a função de COS, mas isto só acontece pela circunstância das comunicações terem colapsado completamente naquela área do território, onde a orografia acrescenta dificuldade a qualquer tipo de comunicações”* (Independente, Avaliação dos Incêndios ocorridos entre 14 e 16 de outubro de 2017 em Portugal Continental, 2018, p. 164).

No relatório anterior referente ao período de 17 a 24 de junho de 2017, onde se inclui o trágico incêndio de Pedrogão Grande são também identificados aspetos de elevada importância, *“No dia 19 de junho, pelas 02h03 foi uma vez mais efetivado o reposicionamento do PCO por razões evidentes de falha de comunicações...”* (Independente, Análise e apuramento dos factos relativos aos incêndios que ocorreram entre 17 e 24 de junho 2017, 2017, p. 131) e *“Após as 19h30, coincidindo com a expansão do incêndio e de um crescente aumento de meios e de utilizadores, começaram a verificar-se intermitências nas comunicações SIRESP, levando até nesta fase à mudança da localização do PCO. Note-se que a boa ou má localização do PCO também concorre para a eficácia e eficiência das comunicações”* (Independente, Análise e apuramento dos factos relativos aos incêndios que ocorreram entre 17 e 24 de junho 2017, 2017, p. 134).

O planeamento da organização dos sistemas de comunicações, a redundância e a disciplina nos procedimentos de comunicação serão a chave para este tipo de situações, devendo existir um sistema de gestão integrado evolutivo e que seja avaliado e monitorizado em permanência.

Motivação

A escolha do tema tem ligação com o percurso profissional e formativo cruzado com a gestão de emergência onde as telecomunicações e a comunicação têm um papel fundamental nos objetivos iniciais e principalmente no seu resultado final.

A aquisição de conhecimento de forma constante de nada valerá se ficar restrito ao seu titular, este, deve ser partilhado, explorado e potenciado em prol de terceiros. Desta forma a execução deste trabalho conclui o percurso académico, pretendendo-se que o mesmo seja consequente na sua finalidade.

Mais do que um documento formal de conclusão de estudos a motivação para a sua execução foi a sua consequência efetiva, de modo a que o mesmo não seja apenas e só uma formalidade.

Este trabalho constitui-se como mais um pequeno passo, a partir do qual muitos outros trabalhos científicos poderão ser desenvolvidos dentro de um ambiente académico, de forma a poderem constituir-se como mais uma ferramenta de apoio à padronização e interoperabilidade das redes de radiocomunicações de emergência em Portugal.

A integração do conhecimento científico na vertente operacional facilitará as futuras intervenções, trazendo para estas um maior conhecimento, quer no âmbito teórico, quer na sua abordagem prática, devendo este ser cada vez mais apoiado pelo conhecimento técnico. O conhecimento técnico das infraestruturas e do equipamento que é usado contribuirá fortemente para o sucesso das missões em que cada agente de proteção civil opera, sejam elas *Safety* ou *Security*¹.

Definição do problema em estudo

Vários são os factos encontrados sobre a atribuição de falhas e fragilidades aos sistemas de radiocomunicações usados em Portugal, uma rápida pesquisa e são enumeras as fontes com descrições mais ou menos acertadas desses factos. É notório que com a publicitação não controlada e de forma massiva o “problema” começa a

¹ Security e Safety traduzem-se, em português, numa só palavra: “Segurança”. A tradução para a palavra “Security” está relacionada com a segurança do património, segurança pessoal, a nível militar, ou até mesmo com a soberania/estabilidade nacional. A palavra “Safety” traduz-se igualmente em segurança, estando esta relacionada com a saúde, integridade física, proteção de perigos, ou ausência de riscos provocados por condições inseguras (Sousa, 2015)

ganhar peso na opinião pública levando a uma descrédibilização dos sistemas usados e dos seus utilizadores.

Pese embora o anteriormente referido, não se poderá afirmar que as fragilidades e falhas não existam, recorrendo a relatórios técnicos elaborados após grandes ocorrências são identificadas fragilidades e falhas, nas componentes físicas dos equipamentos de suporte às redes como cabos de ligação, sistemas de alimentação de redundância, idade dos equipamentos e a sua manutenção, operacionalização de equipamentos móveis de cobertura e a sua efetividade em situações críticas, mas também na organização e operacionalização das redes como a redundância aos sistemas de comunicações, falhas de cobertura em zonas rurais e urbanas, dificuldades de comunicação no interior de infraestruturas críticas como em pisos abaixo do piso de referência e túneis.

Uma das fragilidades também apontadas é a escassez de conhecimento na utilização das várias redes de comunicações de emergência, nesta situação e após o fatídico ano de 2017 foi notória a preocupação em disseminar, transversalmente, aos vários agentes de proteção civil informação, formação, *workshops*, *botcamps* e *tech days* pelas várias entidades responsáveis. Importa aferir a sua consequência e se a estratégia adotada está a ir ao encontro da resolução das fragilidades, principalmente se já se encontra em níveis satisfatórios e que permitam o seu uso em contextos operacionais de forma clara e sustentada levando assim à melhoria operacional efetiva e pretendida.

Algumas das fragilidades anteriormente referidas têm vindo a ser gradualmente suprimidas melhorando assim o funcionamento das redes de comunicações e a sua fiabilidade, contudo não poderá haver a ideia de que existe apenas e só uma rede em operação em Portugal, o Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal (SIRESP). Fica evidente a passagem para segundo plano da Rede Operacional de Bombeiros (ROB) e quase no esquecimento a Rede Estratégica de Proteção Civil (REPC), este facto, facilmente é observado no dia a dia, havendo agentes de proteção civil e de segurança que já não estão munidos com essas redes e equipamentos, havendo uma clara e evidente adoção da rede SIRESP.

Por esse facto é dado um maior enfoque na dissertação à rede SIRESP e à sua resiliência em cenários de exceção, de modo a que seja possível manter as suas funções. Funções essas que estiveram nos critérios de adoção em Portugal, e das quais se destaca: satisfazer a intercomunicação e a interoperabilidade entre as diversas forças

e serviços e, em caso de emergência permitir a centralização do comando e da coordenação (RCM, 2003).

A abordagem académica a esta temática passou pela necessidade de dar resposta à questão norteadora desta investigação:

Será a rede SIRESP capaz de garantir os critérios definidos para a sua adoção em Portugal?

Paralelo a essa questão surge outra que também exigem respostas e definições concretas de abordagem.

As capacidades e funcionalidades das redes de emergência implementadas em Portugal estarão a ser rentabilizadas, exploradas e potenciadas?

A obtenção destas respostas será o foco do trabalho, de modo a potenciar novos conteúdos, técnicos e operacionais, mas também a elencar alguns aspetos de melhoria e potenciar o desenvolvimento de trabalhos e investigações futuras que possam apresentar-se como contributos válidos para a melhoria das condições de manuseamento e manipulação da rede SIRESP e dos seus respetivos equipamentos.

Objetivos

No desenvolvimento e organização do trabalho, pretendeu-se demonstrar a importância dos sistemas de comunicações em operações de proteção e socorro, a sua eficaz utilização, a necessidade de redundância e a sua implementação efetiva tendo por base em sede de planeamento a sua articulação e gestão. Será de extrema importância o cruzamento das dificuldades de operacionalização técnica com o risco de incidente.

No sentido de dar resposta ao tema do trabalho, a definição de objetivos demonstra-se essencial para a delimitação de toda a pesquisa, assentando o presente trabalho nos seguintes objetivos:

- Perceber os níveis de utilização e quais as redes de comunicações usadas nos teatros de operações;
- Avaliar os constrangimentos operacionais e técnicos sentidos nos teatros de operações no uso dos equipamentos rádio;
- Na rede do Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal (SIRESP), perceber o seu nível de utilização, conhecimento sobre as suas

capacidades, modos de operação e níveis de formação adquiridos após o fatídico ano de 2017;

- Avaliar através de propostas de melhoria da utilização das redes de comunicações qual a importância dada pelos vários agentes de proteção civil à sua execução em futuro;

- Propor um manual de operação para as redes de comunicações que envolva as funcionalidades operacionais, mas também as técnicas de modo a poder sustentar a sua execução;

- Aferir se a recente reorganização da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC) aos modelos de organização do território continental, nomeadamente às comunidades intermunicipais e áreas metropolitanas foi acompanhada, também, na organização das várias redes de comunicações de emergência e na documentação que lhe é afeta.

Estrutura

A presente dissertação divide-se em seis capítulos onde será utilizado um método de estruturação do estudo tendo em consideração as subseqüentes etapas:

Na introdução, faz-se o enquadramento do tema de estudo, a motivação para a execução deste trabalho, a definição do problema em estudo, são definidos os objetivos e a organização do documento.

No capítulo um, estado da arte, são identificadas os vários Sistemas de Comunicação de Emergência de Portugal, o Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal onde são elencados os propósitos e aplicações, as características técnicas, a arquitetura de rede, os modos de operação, a segurança, os padrões e especificações, a adoção global e as funcionalidades em Portugal; a Rede Operacional de Bombeiros e a Rede Estratégica de Proteção Civil, ambas, no seu propósito e aplicação.

São também identificados os sistemas de redundância existentes como as estações móveis, os modos de operação *Repeater* e *Gateway*, as malas de comunicações de emergência e a interligação com LTE/5G. É efetuada também uma abordagem à formação e documentação existente que serve como apoio à operacionalização de procedimentos podendo constituir um forte apoio à implementação de um manual de procedimentos, clarificando a sua utilidade, são também elencados os

procedimentos como boas práticas no uso das radiocomunicações. Por fim é efetuado um estudo de caso, no concelho de Mangualde de modo a aferir a cobertura da rede SIRESP em alguns pontos do concelho e a potencialização de uma ferramenta de apoio à monitorização da rede SIRESP com recurso às informações disponibilizadas pelos terminais portáteis ou móveis.

No capítulo 2, são elencadas as metodologias que foram utilizadas para a execução da dissertação assim como o questionário usado para a base de estudo, são identificados também os constrangimentos sentidos e oportunidades de melhoria.

No capítulo 3, apresentação dos resultados, são disponibilizados, tendo por base o questionário realizado aos agentes de proteção civil e entidades com especial dever de cooperação, de amplitude nacional.

No capítulo 4, discussão dos resultados e considerações finais, são elencados os resultados do questionário com a identificação objetiva dos pontos fortes para os objetivos do tema e as considerações com base nos resultados.

O capítulo 5, conclusões, são apresentadas como resultado deste trabalho e investigação dando oportunidade para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 1

Estado da Arte

Sistemas de Comunicações de Emergência em Portugal

Os sistemas de comunicações de emergência para uso de entidades governamentais, segurança pública e serviços de emergência têm alguns requisitos especiais que os diferenciam de outros sistemas de telecomunicações. As comunicações têm que ser seguras, sem possibilidade de escutas não autorizadas, ser capaz de operar em situações extremas ou cenários de crise, possibilitar a interligação entre os vários utilizadores envolvidos, capacidade de melhoria e atualização com os avanços tecnológicos rentabilizando os investimentos da infraestrutura.

Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal – TETRA

O sistema de radiocomunicações profissional *Terrestrial Trunked Radio* (TETRA), é o *standard* Europeu de rádio digital para comunicações críticas.

Desenvolvido e especificado pelo Instituto Europeu de Normalização das Telecomunicações (ETSI)², sob a égide da União Europeia, de modo a cumprir com as necessidades críticas das entidades de Emergência e Segurança, assim como, adoção por parte de outros setores, teve a sua primeira rede implementada em 1997, no aeroporto de Gardermoen, na Noruega (Resources, 2020).

A tecnologia TETRA é fornecida por vários fabricantes e foi desenvolvida para garantir a transmissão de voz e dados em *Ultra High Frequency*, UHF. Nos últimos anos, esta tecnologia tem sido líder nos sistemas rádio móvel públicos e privados, nomeadamente nas redes de segurança pública. Uma das suas principais características no seu desenvolvimento foi ser altamente estável e operacional, dispondo de serviços que são ajustáveis às necessidades dos seus utilizadores (Bakaric, Bratkovic, Bratkovic, & Grga, 2005).

Com o objetivo da promoção da norma TETRA e das várias aplicações, vários operadores de rede, organizações e fabricantes uniram-se de modo a criar um ponto comum que promovesse especificações e recomendações para permitir o máximo de

² <https://www.etsi.org>

compatibilidade entre os fabricantes. Esta associação designa-se por TETRA *Memorandum of Understanding* (MOU).

Em Portugal, o TETRA foi adotado através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 56/2003, de 08 de abril, que estabelece a criação de um sistema de comunicações móveis, designado de Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal (SIRESP).

Este sistema de comunicações, conforme referido no ponto 1 do documento (RCM, 2003) estabelece que:

- Deve ser um sistema **único**, baseado numa só infraestrutura de telecomunicações nacional;
- Que deve ser **partilhado**. Assegurar a satisfação das necessidades de comunicações das forças, serviços de emergência e de segurança;
- Que permita a **interoperabilidade** entre as diversas forças e serviços em caso de emergência;
- Que permita a **centralização** do comando e da coordenação.

A referida Resolução define ainda características obrigatórias da rede com permitir comunicações encriptadas em toda a rede, existir redundância dos elementos essenciais e cobertura radioelétrica de acordo com o respetivo ambiente de operação; Zonas Urbanas, 95% dos lugares e 95% do tempo; Zonas Rurais, 90% dos lugares e 95% do tempo; Penetração de edifícios, 80% nas zonas urbanas e 50% nas zonas rurais (RCM, 2003).

O desenvolvimento desta tecnologia teve grande consenso entre os principais fabricantes de equipamentos rádio pelo que alavancou, também, a sua implementação de forma mais rápida, permitindo uma maior competitividade, diminuição dos custos e uma maior capacidade de desenvolvimento de novas soluções e melhoria dos equipamentos.

Como principais características da tecnologia TETRA identificam-se:

- Suportar simultaneamente a transmissão de voz e dados;
- Comunicação fiável e de alta qualidade;
- Velocidade de transmissão de dados (28,8 Kbps);
- Envio de mensagens e status diretamente do equipamento rádio;
- Encriptação, autenticação e a troca de chaves via rádio frequência;

- Ativação e desativação remota de equipamentos rádio;
- Suporte de vários níveis de prioridade de acesso à rede;
- Escuta forçada através da abertura remota do microfone;
- Operação em modo direto ou truncado;
- Ligação com a rede pública de telefones e sistemas de satélite.

Propósito e Aplicações

A norma TETRA é projetada para comunicações críticas e profissionais, garantindo assim um meio seguro e eficiente para os serviços de segurança e de emergência.

É encontrada a sua utilização em serviços de segurança, serviços de transporte, serviços ferroviários, serviços de inteligência e militares por todo o mundo.

A rede apresenta como vantagem determinante a sua utilização numa única infraestrutura, possibilitando a todas as entidades utilizadoras beneficiarem de uma tecnologia avançada e testada, com elevado grau de segurança e de eficiência, evitando o inconveniente operacional da multiplicidade de sistemas e plataformas (SIRESP, SIRESP, 2023).

Atualmente a rede SIRESP presta, de forma diária, comunicações seguras a mais de 180 organismos (Figura 1). A rede suporta anualmente um número superior a 35 milhões de chamadas de mais de 40.000 utilizadores (SIRESP, SIRESP, 2023).

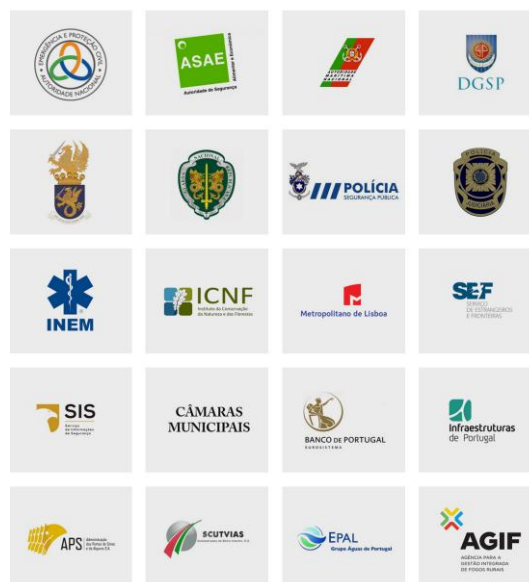


Figura 1 – Utilizadores da rede SIRESP em Portugal (SIRESP, SIRESP, 2023).

Estes organismos têm alguns requisitos especiais que os diferenciam de utilizadores comuns de equipamentos rádio, tais como:

- As comunicações têm que ser seguras, sem possibilidade de escutas não autorizadas;
- O tempo de estabelecimento de chamada reduzido, *fast-call*;
- Estabelecimento de chamada de emergência para situações que o necessitem;
- Capacidade de localização de veículos e pessoas de modo a possibilitar a gestão mais eficaz dos recursos nas suas missões;
- Capacidade de envio de dados de forma simples sobre o estado operacional dos meios;
- As comunicações para estas organizações têm uma elevada importância, devendo, em cenários extremos, ser percetíveis e completas;
- O protocolo a ser usado deve ser aberto o suficiente para incorporar nossos usos e aplicações;
- A tecnologia permite a:
 - Interoperabilidade organizacional entre entidades, utilizadores e organizações;
 - Interoperabilidade regional entre estados e além-fronteiras;
 - Interoperabilidade técnica entre equipamentos de diferentes fornecedores.
- A definição de grupos de conversação para interligação e para eventos especiais ou situações de emergência.

Com a permissão da definição de vários grupos de conversação, por entidade, esta funciona como uma rede privada, independente das restantes, havendo, em caso de necessidade de coordenação, a possibilidade de interligação, facilitando a resolução das situações de emergência, esta possibilidade está sujeita a regras pré-definidas ou a implementar em situações que não tenham sido previamente definidas.

Características Técnicas

Em Portugal a rede SIRESP é constituída por 550 estações base, 6 comutadores de tráfego, 53 salas de despacho e 9 estações móveis, garantindo a comunicação em

todo o território assim como a interoperabilidade entre os vários utilizadores quando tal se mostre necessário (SIRESP, SIRESP, 2023).

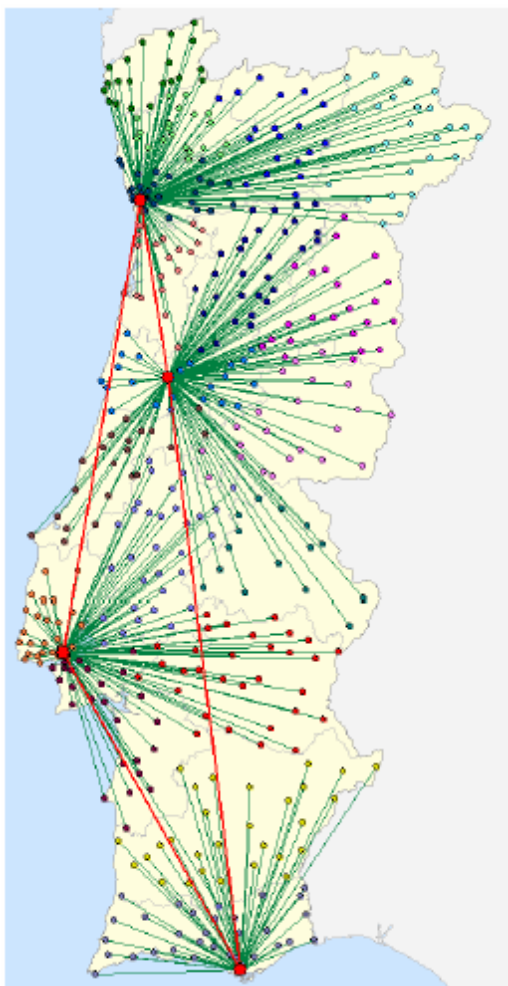


Figura 2 - Infraestruturas Rede SIRESP (SIRESP, Bombeiros.pt, 2013)

A rede utiliza um sistema digital garantindo uma alta qualidade de voz e baixas taxas de bit errado. São suportados serviços de voz, serviço de dados seja por comutação de circuito ou por comutação de pacotes.

A tecnologia em uso fornece tempos de estabelecimento de chamadas *fast-call*, característica fundamental nos serviços de emergência, na ordem dos 300 ms, valor muito baixo quando comparado com as tecnologias de telemóvel como o GSM na ordem dos 900 ms.

O SIRESP recorre às faixas de frequências 380-383 MHz / 390-393 MHz (Figura 3), bem como, em caso de necessidade, às faixas de extensão 383-385 MHz / 393-395 MHz (ANACOM, 2022), com um espaçamento de portadoras de 25 KHz sendo utilizada por um vasto leque de organismos (SIRESP, SIRESP, 2023).

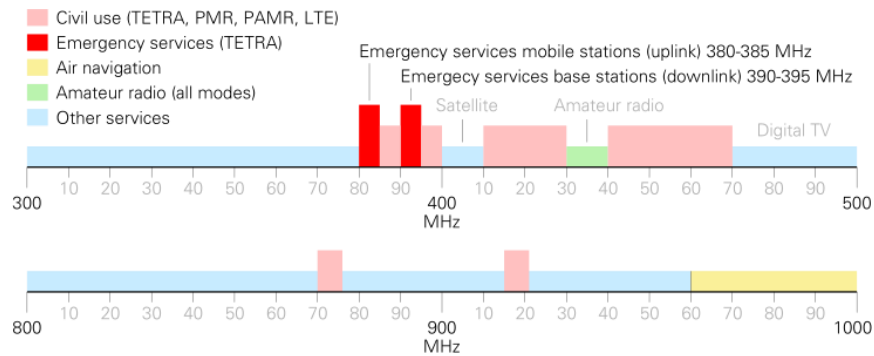


Figura 3 – Faixas de frequências TETRA (Cryptomuseum, 2023)

Em comparação com outras tecnologias existe uma maior eficiência da gestão do espectro eletromagnético usado na norma TETRA (Figura 4).

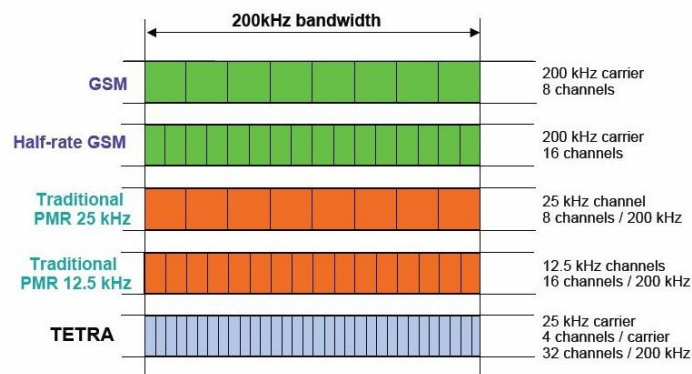


Figura 4 – Eficiência de espectro eletromagnético. (Izquierdo, 2012)

Um canal é definido como uma parte do espectro de radiofrequência. Em cada um deles, o TETRA utilizará a estrutura *Time Division Multiple Access* (TDMA) (Figura 5), que consiste na divisão da banda disponível no sistema, em sub-canais com largura espectral menor e em cada sub-canal existe um sinal digital composto por intervalos temporais, Slots, onde cada utilizador utiliza um ou mais intervalos.

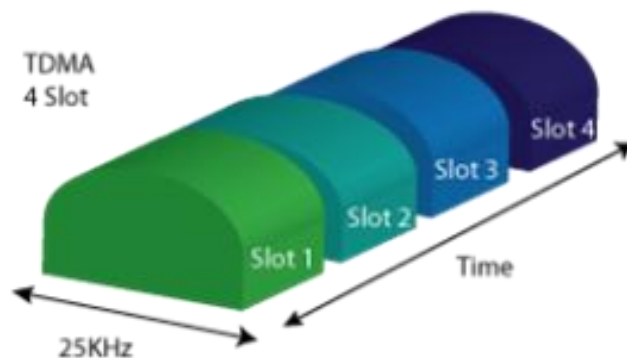


Figura 5 – TDMA - Time Division Multiple Access (Wireless Montenegro, 2023)

A versão tecnológica utilizada na rede SIRESP implementada em Portugal é constituída por zonas, clusters e estações Base Transceiver System BTS de tipologia MBTS, MTS2 e MTS4.

Estas estruturas físicas em conjunto com os restantes equipamentos como transmissores, recetores, amplificadores e componentes de rede permitem o fluxo de informação entre pontos distintos através da sua interligação (SIRESP, SIRESP, 2023).

A estação base ou BTS site, antena ao qual os terminais se vão ligar e permitir a comunicação bidirecional dentro da sua área de cobertura. Fornece a interface de rádio frequência aos terminais.

Para a gestão da rede é necessária a existência de pontos de controlo, designados de *Mobile Switching Office*, MSO, que, de forma centralizada efetuam o controlo das operações de um sistema de estações base múltiplas. Efetua também o processamento de chamadas da rede.

Cada zona (Figura 6) contém um MSO, servidores de zona e até 100 estações base (BTS), podendo estas ser de tipologias distintas, MBTS, MTS2 ou MTS4 (SIRESP, SIRESP, 2023).

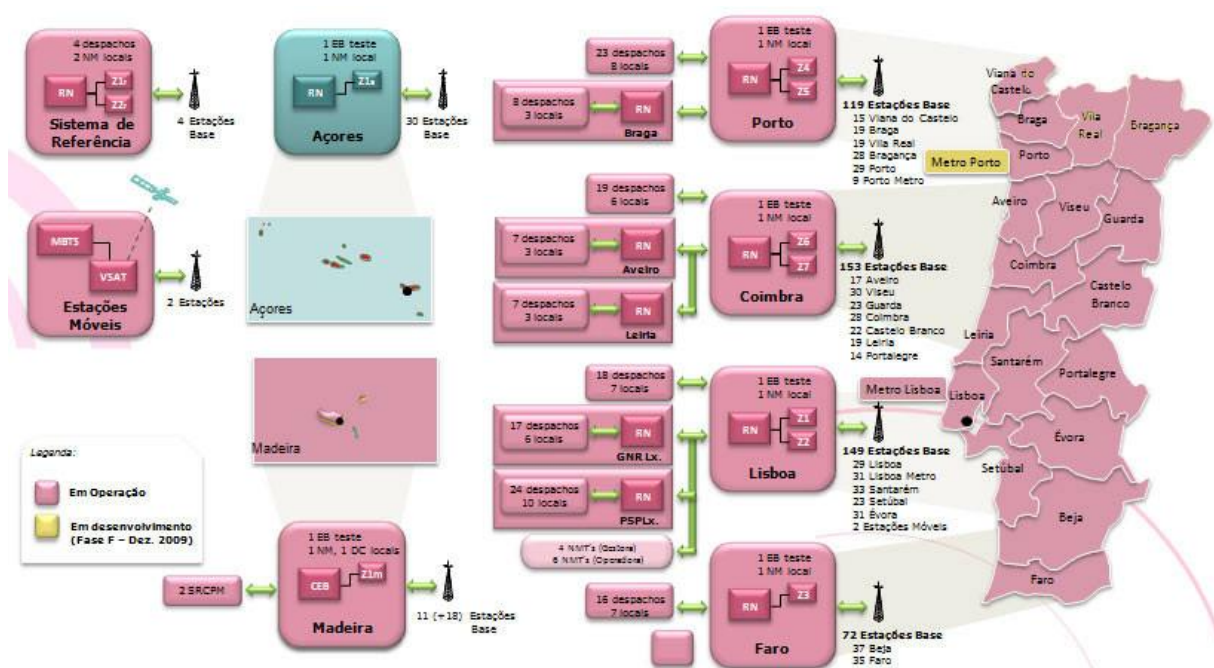


Figura 6 – Distribuição das zonas da rede SIRESP (SIRESP, SIRESP, 2023)

Para além das características técnicas, anteriormente elencadas, da implementação inicial da rede SIRESP em Portugal, fruto dos acontecimentos do ano 2017 e das várias conclusões plasmadas nos relatórios da CTI onde são apontadas

falhas ao desempenho das redes de comunicações de emergência nos incêndios de Pedrogão Grande e nos incêndios de 15 de outubro, na zona centro e litoral de Portugal, a rede foi consequentemente robustecida com melhorias significativas. Assim, em 2018, como melhoria da resiliência em situações de emergência, foi implementada a redundância de transmissão entre os comutadores e as estações base, através de ligações alternativas via satélite e o reforço de autonomia de energia elétrica nas estações base com utilização de geradores, encontrando-se, estes, geograficamente distribuídos e com a possibilidade de serem deslocados para as estações base em situações de falha de energia (SIRES, SIRES, 2023).

Arquitetura de Rede

A norma TETRA opera numa arquitetura truncada, na qual uma infraestrutura central fornece a ligação entre os vários utilizadores. Com este modo de ligação a comunicação permitida é mais eficiente entre os vários utilizadores e grupos de conversação (Izquierdo, 2012).

A arquitetura da rede TETRA define seis interfaces distintos (Figura 7) para garantir a interoperabilidade entre terminais e redes de diferentes fabricantes e entre a rede e a sua própria administração, sendo:

- Interface aérea (AI) – proporciona interoperabilidade entre terminais;
- Interface *station line* (LI) – conecta interfaces de despacho de outros fabricantes;
- Interface inter-sistema (ISI) – permite a conectividade de redes TETRA de outros fabricantes;
- Interface de equipamento (TEI) – permite o desenvolvimento independente de aplicações de dados;
- Interface aérea para modo direto (DMO) – permite a operação entre terminais em modo direto.

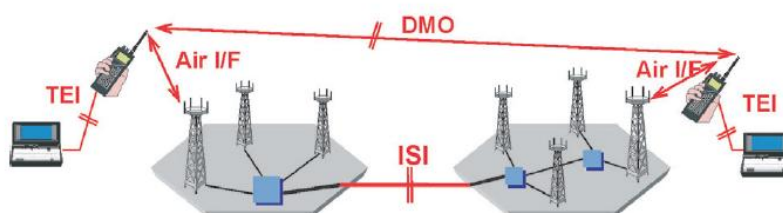


Figura 7 – Interfaces TETRA (Izquierdo, 2012)

Modos de Operação

Na rede SIRESP, são suportados os modos de operação direto e truncado. No modo direto, os equipamentos comunicação diretamente entre si, já no modo truncado as comunicações utilizam a infraestrutura de rede estrutura e implantada.

A rede foi construída para operar sobre uma infraestrutura física comum às diversas entidades, havendo grupos de conversação de interligação entre os vários utilizadores e grupos de conversação afetos a cada entidade em ambos os modos de operação.

O *Direct Mode Operation* (DMO) (Figura 8) é a terminologia usada pela norma TETRA para descrever a capacidade dos terminais para comunicarem diretamente entre si independentemente da rede das infraestruturas do modo *Trunked Mode Operation* (TMO).

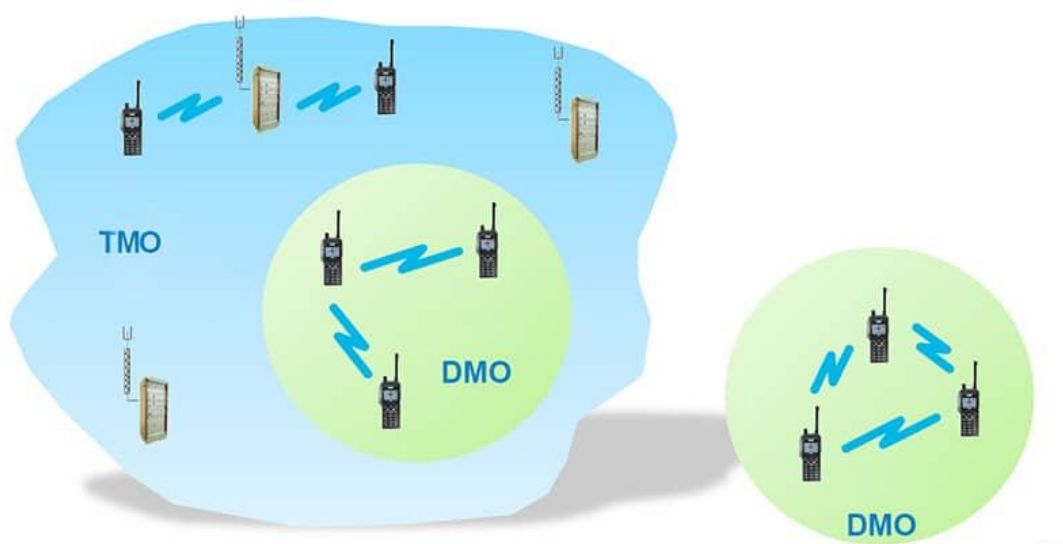


Figura 8 – DMO - Direct Mode Operation (Teltronic, 2018)

O modo DMO, modalidade em *simplex* (Figura 9), não é uma novidade e tem sido um modo de operação fundamental em operações de socorro pelos vários APC há já várias décadas.

Na tecnologia TETRA o principal requisito para a implementação do modo DMO foi a necessidade de garantir o equilíbrio da cobertura de rádio frequência e a sua operabilidade garantindo assim, uma maior fiabilidade operativa e um maior equilíbrio no custo benefício geral da rede (TCCA, 2022).

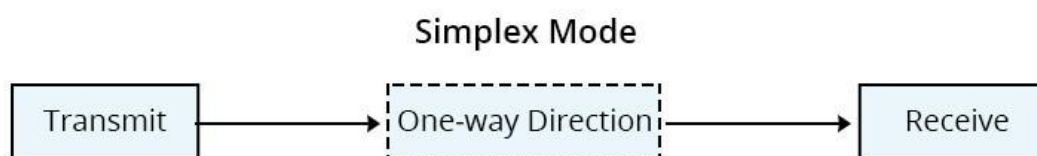


Figura 9 – Modalidade de comunicação em Simplex (Qsfptek, 2021)

Neste modo de operação as comunicações são tipicamente de âmbito local fornecendo uma capacidade adicional ao modo TMO, uma extensão de alcance em zonas sem cobertura de rede. Podendo ser usada para operações localizadas, incidentes graves ou eventos regulares, mas também em locais com fraca cobertura no modo TMO ou quando a ligação a uma estação base local seja perdida (Figura 8).

Este modo de operação está configurado em todos os terminais TETRA, móveis e portáteis.

A forma de usar o modo DMO mais comum é a comunicação em zonas sem cobertura da rede TETRA comunicando diretamente entre equipamentos, contudo, o modo DMO poderá ser usado como extensão do modo TMO, para habilitar esta possibilidade é necessário um terminal móvel com a licença de *gateway*, para ligar um terminal móvel ou portátil que esteja em DMO com o modo TMO (TCCA, 2022).

Como referido, as comunicações entre utilizadores de DMO e TMO podem ser fornecidas pelo do modo *gateway*, contudo também podem ser usados para vincular uma rede local à rede TMO (Figura 10).

Quando ao desempenho deste modo de operação apesar de na sua grande maioria de aplicabilidade ser o adequado, há casos onde a cobertura de rádio frequência necessita de ser aprimorada, como em zonas urbanas, pisos abaixo do piso de referência, túneis, locais de operação relativamente grandes causando a perda de sinal, para suprimir estas necessidades e melhoria da operação poderá ser implementado o modo *repeater* (Figura 10), podendo estar instalado num rádio móvel ou portátil através de licença para o efeito (TCCA, 2022).

A amplitude de cobertura do modo DMO é variável tendo em consideração a orografia e obstáculos existentes podendo ser garantido pelo menos 250 a 1000 metros para a maioria dos locais e operações.

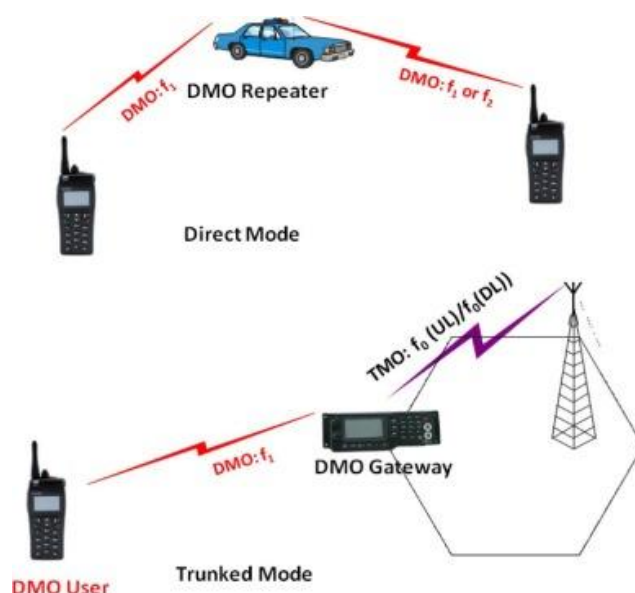


Figura 10 – DMO Gateway e DMO Repeater (Xavier Pons-Masbernat, 2015, pp. 95-125)

No modo TMO a rede está a funcionar no seu modo “normal”, onde todas as infraestruturas físicas estão operativas e ligadas entre si, estações base e comutadores de zona, permitindo o fluxo de informação entre os terminais, independentemente da sua localização geográfica em Portugal Continental (SIRESP, SIRESP, 2023).

Quando a rede apresenta limitações no seu funcionamento normal poderá operar o modo *Fallback* (Figura 11) que irá efetuar tentativas de compensação da falha de modo a minimizar as limitações do momento, neste modo o funcionamento da rede é efetuado em modo limitado (TCCA, 2022).

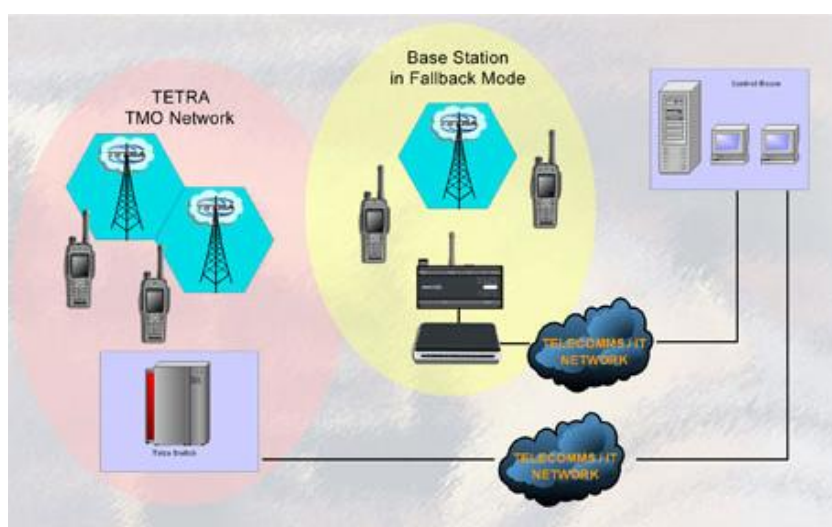


Figura 11 – Modo Fallback (Tetramodem, 2023)

Ainda no modo TMO e durante o uso das infraestruturas físicas poderão ocorrer interrupções das ligações podendo ficar uma zona isolada das restantes, esta situação ocorre quando o comutador de zona perde a ligação às restantes zonas da rede, nestas condições pelo isolamento das estações base da zona afetada, as comunicações não passam para fora da zona que está isolada mantendo-se operativa na zona isolada entre os terminais registados nessa zona.

Já se uma estação base ficar isolada ao perder a ligação ao comutador de zona, os terminais entram em modo *Local Site Trunking* (LST), nesta situação os terminais registados na estação base em LST continuam a poder comunicar entre si, as comunicações efetuadas não serão transmitidas para a rede (TCCA, 2022).

No processo de comunicação são possíveis vários tipos de chamadas, dependendo do modo de operação ou do perfil associado ao terminal.

A chamada de grupo é considerada o normal funcionamento da rede, onde, num determinado grupo de conversação é efetuada uma comunicação, os restantes utilizadores que estejam nesse mesmo grupo de conversação irão ouvir e poder responder, este processo é efetuado com recurso à tecla do terminal *push to talk* (PTT), esta chamada é efetuada em modalidade *Half-Duplex* e usa apenas um recurso da rede em cada comunicação.

A chamada privada é uma comunicação exclusiva entre dois terminais, independente do grupo de conversação em que estejam, após a marcação do *Individual Short Subscriber Identity* (ISSI) do terminal de destino. Esta tipologia de chamada implica um maior consumo de recursos de rede o que acarreta um maior rigor no seu uso e uma menor disponibilidade da função. Estas chamadas privadas poderão ser em *Half-Duplex* (Figura 12), comunicação apenas num sentido, um terminal emite e o de destino recebe, este processo de comunicação é efetuado com recurso à tecla PTT. A chamada privada em *Full-Duplex* (Figura 13) também é exclusiva entre dois terminais muito semelhante à chamada de telemóvel onde são utilizados dois recursos de rede, sendo esta modalidade de comunicação muito exclusiva devido ao seu consumo de recursos.

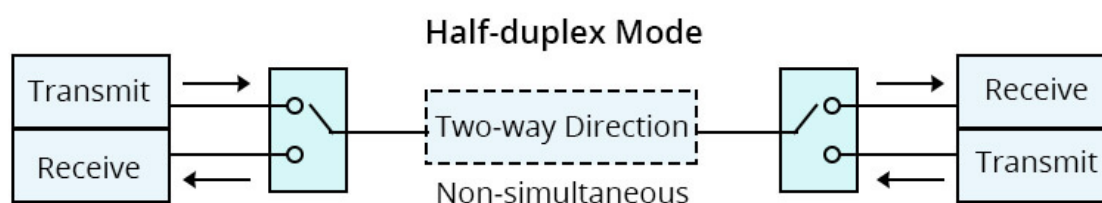


Figura 12 – Chamada Privada em Half-Duplex (Qsfptek, 2021)

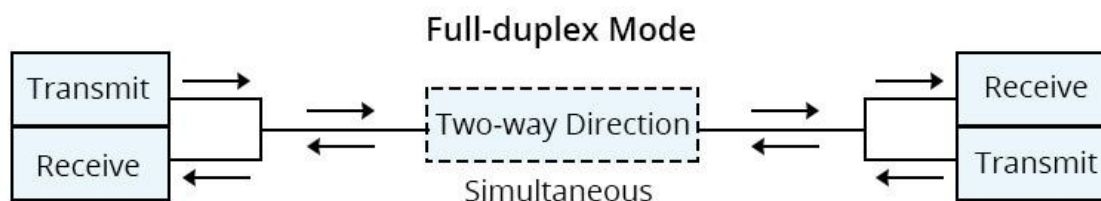


Figura 13 – Chamada Privada em Full-Duplex (Qsfptek, 2021)

Já a chamada de emergência é um importante recurso da rede que quando ativada envia um alarme para o grupo de conversação selecionado, tendo prioridade sobre os demais, abrindo o microfone do terminal que a executa e transmitindo para o grupo de conversação durante 15 segundos, após esse período o terminal irá permitir, durante 5 segundos, a possibilidade de outro terminal iniciar uma conversação em resposta à emergência. Este ciclo repete-se por três vezes, podendo a chamada ser terminada ao fim do ciclo de emergência 15 + 5 segundos ou nas consolas de despacho (SIRESP, SIRESP, 2023).

Através das consolas de despacho é possível ativar a escuta ambiente, permitindo ouvir em tempo real o som ambiente ao redor de um terminal, após ativa a mesma mantém-se a funcionar mesmo quando o terminal é desligado. Para a sua ativação é necessário saber o ISSI do terminal.

Potenciando a rede TETRA é possível a ligação entre terminais SIRESP e a rede pública telefónica com recurso a equipamento específico, PABX³ para ligação ao MTIG⁴ instalado no MSO (Motorola, 2022).

Também é possível efetuar a ligação de redes de radiocomunicações analógicas convencionais à rede TETRA através de equipamento específico para o efeito, CCGW⁵ usando uma configuração 4W⁶ de acordo com as especificações definidas pela Motorola, possibilitando a ligação diretamente a uma estação base ou rádios analógicos. Com a interligação é possível realizar a ligação entre grupos de conversação das diferentes tecnologias, analógica e digital (Motorola, 2022).

³ Private Automatic Brach Exchange

⁴ Motorola Telephone Interconnect Gateway

⁵ Conventional Channel Gateway

⁶ Four wire

Segurança

No patamar da segurança da rede são incorporados sistemas de criptografia de modo a garantir o registo dos terminais na rede e a proteção das comunicações evitando assim a sua interceção nos vários processos de registo, ligação e comunicação.

A infraestrutura da rede SIRESP é de extrema importância, mas que, de forma independente, não tem qualquer interesse para uma rede rádio (SIRESP, SIRESP, 2023). Assim, os elementos mais importantes da rede são os equipamentos operados pelos seus utilizadores, os terminais.

A afetação de um equipamento rádio à rede SIRESP implica vários procedimentos de segurança na sua inclusão, para além da obrigatoriedade de suportarem o algoritmo de encriptação exclusivo da zona Schengen, o *Tiny Encryption Algorithm* (TEA) 2, terão que incorporar as chaves criptográficas para o terminal, através da sua instalação via equipamentos físicos ou programas de chaveamento. Este conjunto alargado de chaves criptográficas, permanentes e de grande dimensão, vão permitir a autenticação do terminal na rede e encriptar as comunicações. A chave criptográfica a usar a cada instante poderá variar fornecendo assim uma maior segurança às comunicações (ETSI, TETRA Voice Plus Data; Part 1: Genral network design; EN 300 393-1 V1.4.1, 2009) (ETSI, TETRA; Voice plus Data; Part7: Security; EN 300 392-7; V3.2.0, 2010).

Após a conclusão do processo anterior o terminal desenvolve uma chave única, de identificação do terminal, chave que irá ser carregada no sistema de autenticação central da rede. Esta chave garantirá o processo de afiliação do terminal na rede, garantindo o processo de dupla autenticação, o terminal na rede e a rede no terminal (ETSI, TETRA; Voice plus Data; Part7: Security; EN 300 392-7; V3.2.0, 2010) (SIRESP, SIRESP, 2023).

Terminados estes primeiros procedimentos será necessário atribuir ao terminal um perfil de utilização garantindo a definição das suas capacidades na rede, assim como a sua identificação com a atribuição de um número único, ISSI⁷ e o nome do terminal ALIAS. Todos os dados terão que ser carregados no sistema central de gestão da rede SIRESP, contribuído para a gestão dos recursos disponíveis e da sua segurança. Estes dados são associados a características únicas de cada terminal através do seu número

⁷ Individual Short Subscriber Identity

de série e do TEI⁸ (ETSI, TETRA; Voice plus Data; Part7: Security; EN 300 392-7; V3.2.0, 2010).

Efetuados os procedimentos de segurança que levam ao reconhecimento do terminal na rede e a rede no terminal será necessário efetuar a programação do equipamento de modo a operar na sua função principal, comunicar com recurso ao uso de voz e dados, efetuando assim a programação dos grupos de conversação e características da entidade utilizadora (SIRESP, SIRESP, 2023), (ETSI, TETRA; Voice plus Data; Part7: Security; EN 300 392-7; V3.2.0, 2010).

A configuração dos terminais é altamente ajustável podendo atribuir funções distintas às teclas dos equipamentos de acordo com o modo de operação e características de cada entidade utilizadora.

O manuseamento e instalação das chaves criptográficas são da competência exclusiva do Centro de Operações e Gestão, COG SIRESP. A programação dos terminais já poderá ser efetuada pela entidade utilizadora desde que disponha dos recursos necessários.

A falha de um dos procedimentos anteriormente descritos inviabiliza o uso do equipamento na rede SIRESP.

Todos os procedimentos de segurança vão garantir a permanente segurança do uso da rede, do processo de comunicações e da gestão da rede nas várias fases como a autenticação simultânea via interface aérea entre os terminais e as estações base. No modo direto (DMO) o uso de chaves estáticas (SCK)⁹ fornece a autenticação mútua permitindo o reconhecimento para ligação (ETSI, TETRA; Voice plus Data; Part7: Security; EN 300 392-7; V3.2.0, 2010).

A encriptação da interface aérea usa uma multiplicidade de chaves de controlo e de deteção através de algoritmos pré-definidos, estando disponíveis para voz, dados e operação em modo direto.

Com recurso a mecanismos de sincronização é viabilizada a escolha de algoritmos criptográficos e efetuada a gestão de chaves com recurso à encriptação ponto-a-ponto.

⁸ *Terminal Equipment Identify*

⁹ *Static Cipher Key*

Como medida de segurança também é possível a habilitar ou desabilitar terminais na rede, de forma temporária excluindo as chaves de tráfego ou de forma permanente excluindo todas as chaves.

Mesmo com todos os sistemas de segurança da rede a mesma estará sempre sujeita a ameaças de segurança. Ameaça à confidencialidade através da intercepção, escuta, falsos utilizadores, análise de tráfego e observação do comportamento do utilizador. Ameaça à integridade através da manipulação de dados, envio de mensagens antigas e uso de recursos sem autorização. Por fim a ameaça à disponibilidade através de ataques às infraestruturas físicas de forma direta ou através do encharcamento com recurso a energia de rádio frequência para sobrecarga na estação base (Silva E. G., 2004).

Recentemente foi divulgada a abertura por parte da ETSI para libertar, de forma pública, os algoritmos TETRA, referindo “*Após a publicação dos algoritmos, estamos abertos à pesquisa académica para análises independentes*” Brian Murgatroyd. Presidente da ETSI TCCE (Comms, 2023).

Mesmo tendo em conta todos os padrões de segurança implementados com o conjunto original de algoritmos criptográficos Air Interface, TEA1, TEA2, TEA3, TEA4 e no ano de 2022 a introdução do TEA5, TEA6 e TEA7 para proteger a tecnologia contra possíveis ataques quânticos, no futuro poderão ocorrer falhas na segurança da rede.

Recentemente, início do ano 2023, foram descobertas e divulgadas pela consultora de segurança *Midnight Blue*¹⁰, cinco vulnerabilidades na norma TETRA sendo duas delas de nível crítico e envolvendo os algoritmos de encriptação. Esta descoberta foi denominada de TETRA: BURST¹¹ e foi tornada pública pela primeira vez em julho de 2023.

As vulnerabilidades identificadas independentemente do seu nível de gravidade, crítico (duas), alto (duas) e baixo (uma) têm impacto na perda de confidencialidade, perda de confidencialidade parcial, perda de autenticidade e a fraca capacidade de ocultar identidades de rádio podendo assim haver o rastreio dos utilizadores e a escuta de comunicações confidenciais (TETRA: BURST, 2023).

Após a identificação das vulnerabilidades e as mesmas serem tornadas públicas, o mesmo projeto também identifica algumas recomendações de mitigação e

¹⁰ <https://www.midnightblue.nl/>

¹¹ <https://www.tetraburst.com/>

compensação, dando assim um maior peso à necessária divulgação pública dos algoritmos permitindo uma pesquisa e melhoria constante.

Padrões e Especificações

O TETRA é um *standard* de comunicação digital *trunking* desenvolvido pelo ETSI, utilizam sistemas de Rede Móvel Digital Própria, PMR, nomeadamente a interoperabilidade entre fabricantes, disponibilidade de espectro e segurança (Crespo, 2023). A utilização do *trunking* possibilita a partilha de canais de tráfego de uma forma dinâmica, não estando assim dependentes apenas de um canal, assim e de forma consequente, consegue suportar mais utilizadores do que os sistemas convencionais PMR. Esta gestão é efetuada através de um canal de controlo que permite a atribuição de forma automática de canais de voz e de dados entre os vários utilizadores.

Adoção Global

O funcionamento da rede TETRA pode ser encontrado na maioria dos países europeus (Alemanha, Bélgica, Croácia, Finlândia, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Luxemburgo, Noruega, Portugal, Roménia, Suécia e Reino Unido, entre outros), embora tenha sido desenvolvido na Europa é utilizado em várias partes do mundo dando resposta às necessidades de comunicações críticas em diversos setores.

O seu uso é encontrado em mais de 100 países (Figura 14) por serviços de segurança (Figura 15), serviços de transporte, serviços ferroviários (Figura 17), serviços de inteligência e militares (Figura 16) (Cryptomuseum, 2023).

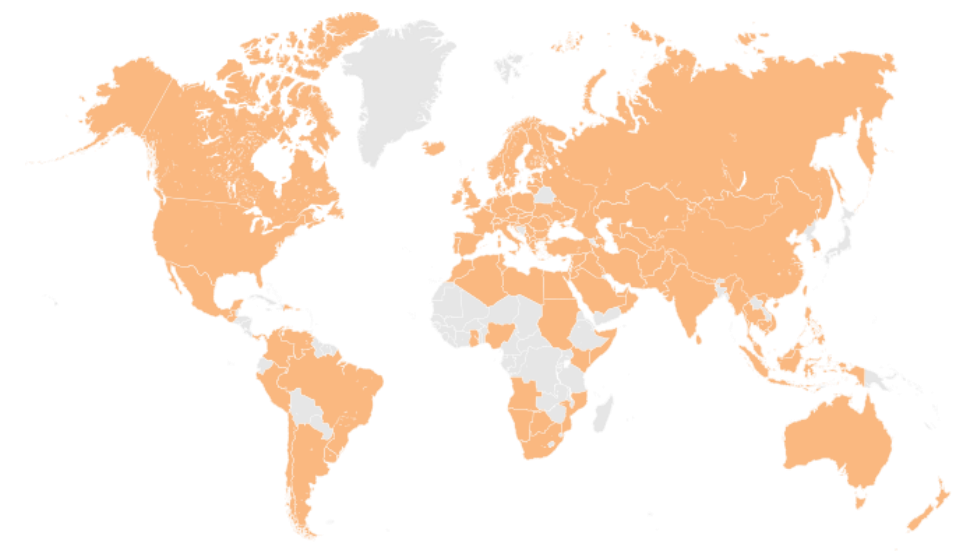
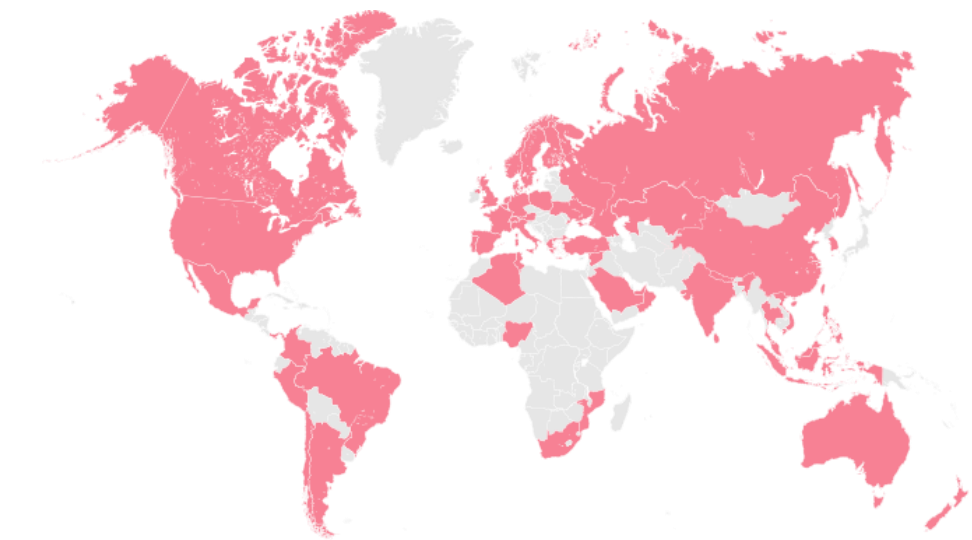
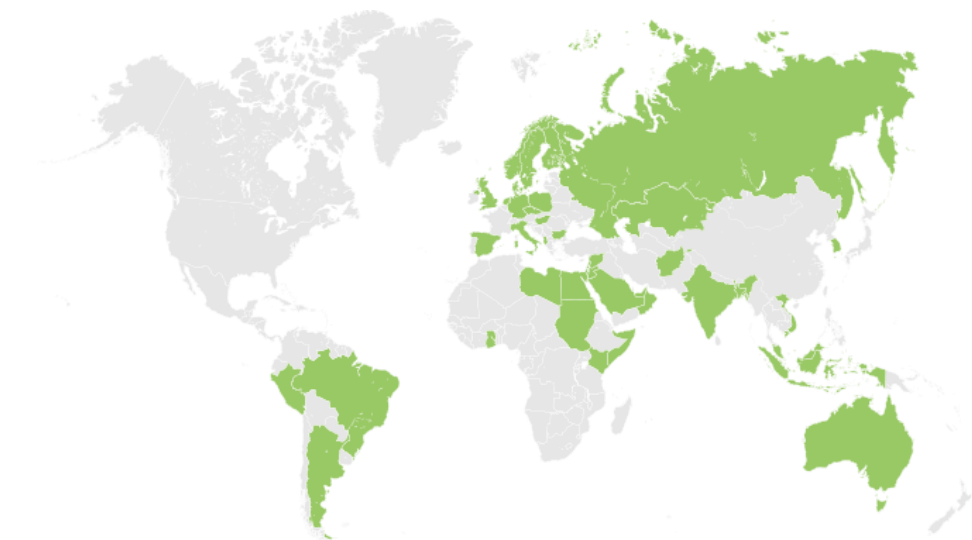
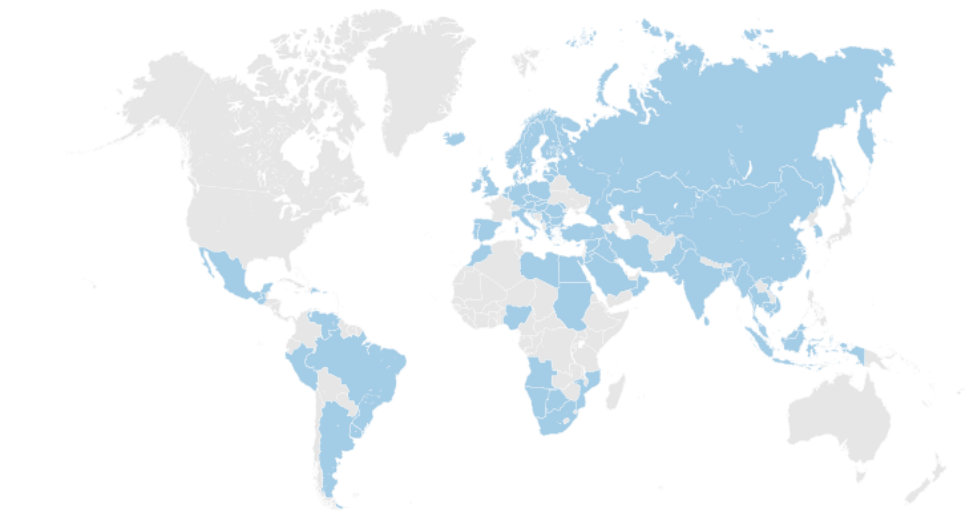


Figura 14 – Adoção global da rede TETRA (Cryptomuseum, 2023).



Portugal – Funcionalidades

Com recuso às potencialidades da rede SIRESP foram desenvolvidos e disponibilizados, pela SIRESP S.A., alguns projetos de plataformas de comunicação simplificada de alguma tipologia de dados como a localização, estado e a associação de ambos.

O SIRESP – GL, plataforma desenvolvida pela SIRESP S.A. permite introduzir a capacidade de localização de veículos e pessoas fornecendo assim às entidades utilizadoras a capacidade de gestão eficaz dos meios e recursos que são utilizados no cumprimento das suas missões. Esta ferramenta apoia claramente o comando e controlo das operações possibilitando uma maior rentabilização dos recursos afetos à mesma (SIRESP, SIRESP, 2023). Atualmente e através da plataforma de Sistema de Informações Geográficas (SIG) propriedade da ANEPC, FEB Monitorização (Carvalho & Campos, 2022), está garantida a integração da localização dos equipamentos SIRESP e as decisões operacionais facilitando a gestão operacional da ocorrência. Esta possibilidade ainda incorpora alguma margem de melhoria, visto que, a informação de posicionamento fornecida demonstra algum atraso temporal na sua captura e disponibilização e não está disponível à visualização geral, os equipamentos dos vários intervenientes na operação, pelas questões inerentes às suas funções de segurança.



Figura 18 – SIRESP GL (SIRESP, SIRESP, 2023)

Contudo e mesmo com estas limitações a ferramenta possibilita ainda a gestão da rede SIRESP pelo número de equipamentos em uso, conjugado com o plano de

comunicações definido poderá ser organizada a gestão da rede de modo a evitar congestionamentos nos processos de comunicação.

Outro projeto elaborado pela SIRESP S.A. é o SIRESP – ST, pensado para apoiar as forças de segurança na georreferenciação de acidentes rodoviários, particularmente nos acidentes em que se registam vítimas mortais e em que essa referenciação é obrigatória. O foco da equipa de desenvolvimento da SIRESP S.A, foi o desenvolvimento de um processo expedito para que os agentes possam de forma rigorosa efetuar a georreferenciação do acidente, através de um simples toque num botão do terminal de modo a efetuar o registo por esta via na base de dados da Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (SIRESP, SIRESP, 2023).

Identificada também a necessidade da verificação do estado operacional dos meios foi desenvolvido o SIRESP-Status que disponibiliza esta capacidade através do envio via terminal do respetivo estado no momento simplesmente com o pressionar de uma tecla visto que os estados já estão previamente definidos e guardados nos equipamentos. Estas informações só são possíveis de visualizar através das consolas de despacho ou através da interligação com o SIRESP-GL que de forma gráfica permite essa visualização (SIRESP, SIRESP, 2023).

Esta ferramenta foi pensada para auxiliar as forças de segurança estando a funcionar em pleno nos meios afetos ao Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM).

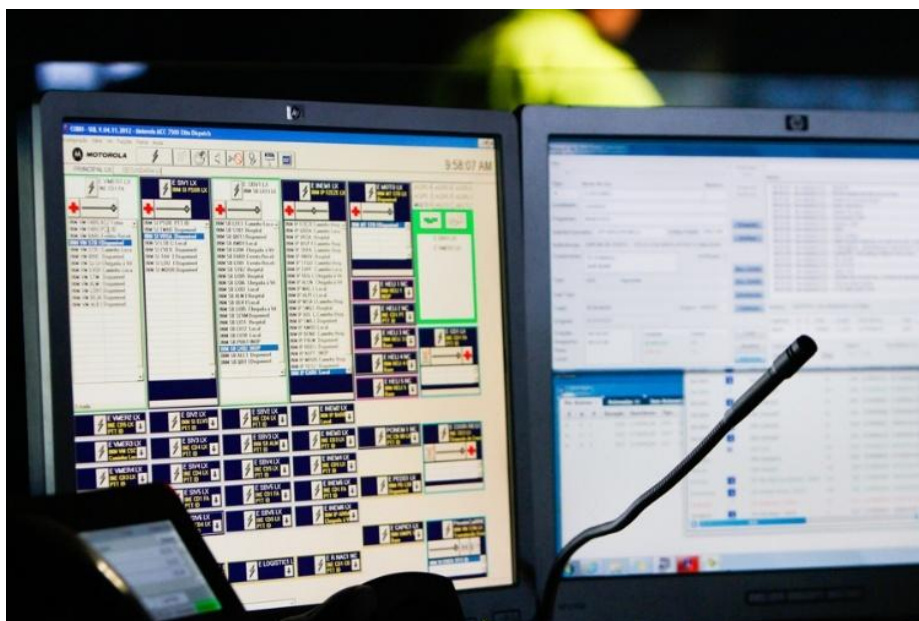


Figura 19 – SIRESP – Status (INEM, 2018)

Rede Operacional de Bombeiros – ROB

Propósito e Aplicações

A ANEPC detém, gere e administra a ROB que é uma rede, de tecnologia analógica, utiliza a banda alta de VHF, com frequências entre os 152 MHz e 173 MHz, destinada exclusivamente a ser usada pelos corpos de bombeiros no âmbito da sua atividade operacional. Composta por 49 estações repetidoras, (Figura 21) correspondentes a 49 canais em *semi-duplex*¹² que asseguram a cobertura de todo o território nacional continental (ANEPC, 2010)(Figura 20).

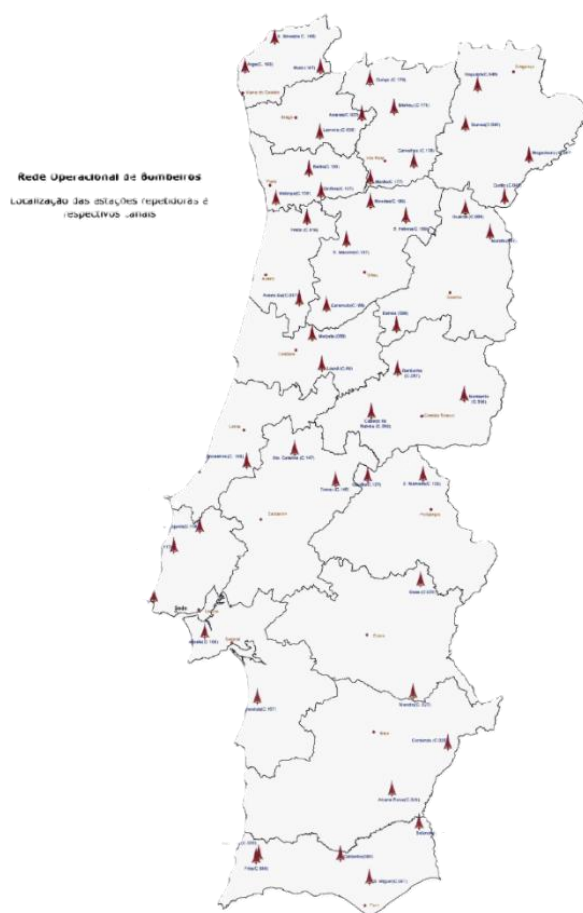


Figura 20 – Rede Operacional de Bombeiros, localização das estações repetidoras. (ANEPC, 2010)

Quanto à exploração da rede é realizada ao nível distrital e municipal sendo o número de estações repetidoras por distrito variável, dependendo dos fatores que interferem com a propagação, como a orografia implicando diretamente com a cobertura em zonas de relevo acentuado.

¹² Modo de exploração *simplex* num extremo do canal de telecomunicação e de exploração *duplex* no outro, mediante a utilização de duas frequências.

Os referidos canais, designados de canais de comando distrital têm como função assegurar a interligação das centrais de comunicações dos corpos de bombeiros aos CDOS, aos postos de comando operacionais e aos veículos operacionais (ANEPC, 2010).

Fazem ainda parte do plano de frequências da ROB, 15 canais em *simplex*¹³ que asseguram as comunicações na zona de intervenção, estando disponíveis:

- 3 canais de comando, ligação entre o posto de comando, as frentes, os setores e as zonas de apoio, para efeito de normalização todos os pontos de trânsito (PT), em todos os TO, utilizarão como alternativa ao SIRESP o canal Comando 03 (Canal 210-C03) (NOP, 2018);

- 5 canais táticos, ligação entre os setores e os grupos de combate e/ou veículos operacionais isolados;

- 7 canais de manobra, ligação entre os grupos de combate e os veículos operacionais e respetivas equipas, o canal de manobra 04 (Canal 204-M04) está prioritariamente reservado para comunicações ar-terra-ar;

Havendo a necessidade de interoperabilidade entre os vários agentes integrantes no Sistema Integrado de Operações de Proteção e Socorro¹⁴, a ANEPC autoriza o acesso aos canais táticos e de manobra (Silva C. A., 2022).

Não é permitida a utilização de canais de comando, táticos e de manobra pelas estações base, centrais, das corporações de bombeiros (ANEPC, 2010).

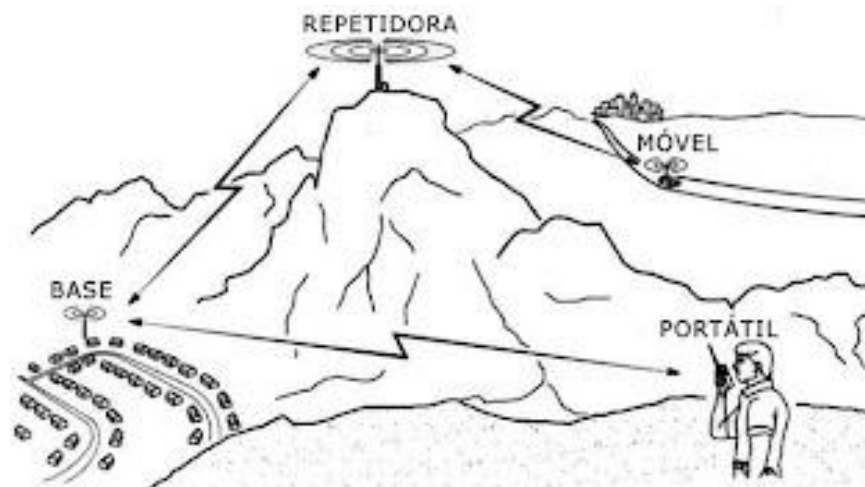


Figura 21 – Estação repetidora e modo de operação. (Propagação aberta, 2012)

¹³ Modo de exploração pelo qual a transmissão é possível alternadamente nos dois sentidos do canal de telecomunicação, mediante a utilização de uma ou duas frequências.

¹⁴ [Decreto-Lei n.º 90-A/2022, de 30 de dezembro](#)

Rede Estratégica de Proteção Civil – REPC

Propósito e Aplicações

Tal como na ROB a ANEPC detém, gere e administra a REPC, uma rede partilhada pela estrutura operacional da ANEPC e pelos agentes de proteção civil, cujo principal objetivo é “assegurar a capacidade de interligação e de interoperabilidade ao nível das estruturas superiores de comando” (ANEPC, 2010).

A rede, de tecnologia analógica, utiliza a banda alta de VHF, com frequências entre os 152 MHz e 173 MHz, composta por 42 repetidores (Figura 21).

O plano de frequências é composto por 42 canais em *semi-duplex* que asseguram a cobertura do território nacional continental, de modo a garantir as “comunicações estratégicas” entre os “centros de comando de todas as entidades envolvidas em ações de proteção civil” e 18 em *simplex*, um por cada distrito, que asseguram a disponibilidade de “frequências para a condução das operações em caso de falha da rede de repetidores” (ANEPC, 2010) (Figura 22).

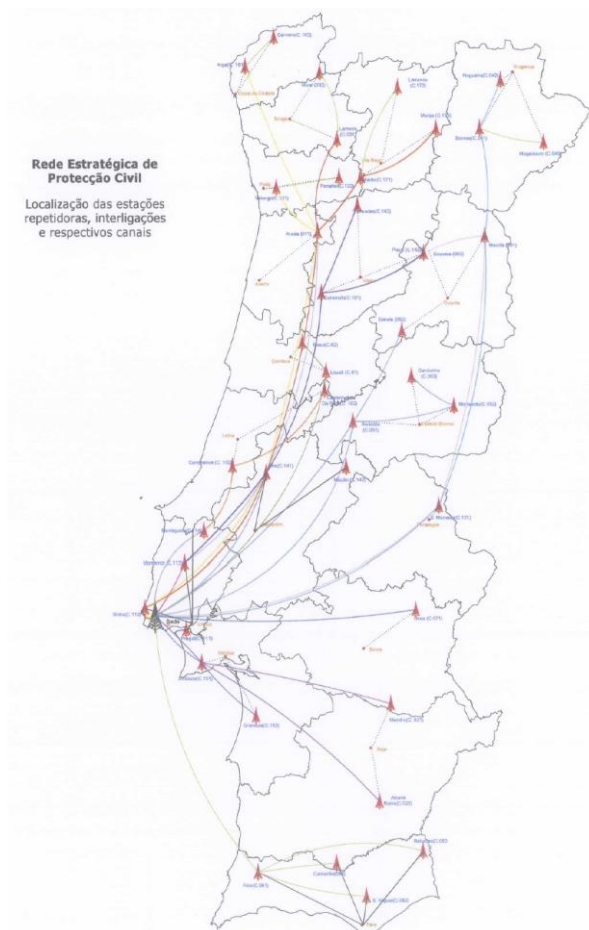


Figura 22 – REPC, Localização dos repetidores, interligações e respetivos canais. (ANEPC, 2010)

Nos canais em *semi-duplex* a exploração da rede é efetuada em três níveis, nacional, distrital e municipal. Nos canais em *simplex* a exploração da rede é efetuada no nível municipal.

Tendo em consideração a substituição, a 04 de janeiro de 2023, dos 18 Comandos Distritais de Operações de Socorro pelos 24 Comandos Sub-Regionais de Emergência e Proteção Civil (Decreto-Lei n.º 45/2019, 2019) (Despacho n.º 10970-A/2022, 2022), adaptando a organização da ANEPC aos modelos de organização do território continental, nomeadamente às comunidades intermunicipais e áreas metropolitanas (ANEPC-PROCIV, 2023) a exploração dos canais em *semi-duplex*, na sua definição base não acompanhou estas alterações como foi prática na rede SIRESP.

Nas normas e procedimentos datados de 2010¹⁵ são identificadas as entidades que exploram e utilizam a rede:

- Ao nível nacional explora a rede o CNOS, quanto à utilização o CNOS, CDOS, Bases FEB, CMA's, zonas de apoio, zonas de concentração e reserva, zona de receção de reforços, postos de comando nacionais e distritais, agentes de proteção civil, entidades públicas e privadas em cooperação.

- Ao nível distrital explora a rede o CDOS, quanto à utilização o CDOS, CMA's, zonas de apoio, zonas de concentração e reserva, zona de receção de reforços, postos de comando distritais e municipais, agentes de proteção civil, entidades públicas e privadas em cooperação.

- Ao nível municipal explora a rede o SMPC, quanto à utilização o CDOS, SMPC, bombeiros, posto de comando operacional e restantes agentes de proteção civil.

Nos canais em *simplex* explora a rede o SMPC devendo ser utilizados para comunicações de nível tático, entre o posto de comando operacional/coordenador municipal de proteção civil e os escalões de nível inferior.

Os corpos de bombeiros poderão utilizar a rede para ligação das suas centrais ao CDOS e posto de comando operacional em alternativa à ROB e para interligação com as estações base dos restantes agentes de proteção civil. Nos equipamentos móveis e portáteis é de uso exclusivo nos terminais de comando para operação conjunta com outros agentes de proteção civil.

¹⁵ NEP/08/NT/2010 de 10 de dezembro de 2010

Olhando para a década de concepção da rede, apresenta uma inovação técnica relativamente à ROB, permitindo uma cobertura muito abrangente do território nacional, com recurso a links de RF na banda de UHF que interliga os repetidores (Silva C. A., 2022). Dentro de cada distrito os repetidores estão ligados uns aos outros por meio de feixe hertziano e cada distrito está ligado ao CNOS. (Figura 22) Com esta ligação é possível ao CNOS explorar toda a rede nacional e permite que uma comunicação seja emitida em simultâneo em vários canais.

Sistemas de Redundância

Estações Móveis

Atualmente Portugal dispõe de 9 estações móveis (EM) SIRESP (SIRESP, 2023), estes equipamentos disponíveis para intervenção em duas situações a necessidade de garantir a cobertura de rede em zonas onde não exista e como reforço da rede SIRESP em cenários operacionais reais ou eventos de elevada magnitude, onde seja expectável o aumento do tráfego de comunicações.

As estações móveis fazem parte das estratégias atuais como uma das linhas orientadoras, Grau de Serviço e Cobertura – Probabilidade dos serviços móveis da rede SIRESP estarem disponíveis para um utilizador em qualquer lugar, hora e situação. Capacidade de resposta da rede SIRESP a situações de variação da carga resultante de cenários operacionais. (SGMAI, 2018). Estes equipamentos têm vindo a demonstrar-se fundamentais nas várias solicitações que têm ocorrido seja nos cenários de intervenção operacional, seja em situações de grandes eventos onde existe a necessidade aumentar a segurança da rede e a resiliência devido ao aumento do fluxo de utilização e a antecipação de possíveis constrangimentos.

As EM disponíveis atualmente resultam de um reforço efetuado após as grandes ocorrências de incêndio rural do ano de 2017, tendo sido efetuado um investimento, quer na quantidade, quer nas capacidades operativas das unidades.

Como anteriormente referido as EM da rede SIRESP são elementos considerados importantes na resiliência da rede, visto que, garantem a supressão de falhas pontuais ou a consolidação da rede.

Duas das EM existentes desde a fase inicial da rede SIRESP em Portugal são de tipologia pesada (Figura 23), ao cuidado das forças de segurança, Guarda Nacional

Republicana (GNR) e Polícia de Segurança Publica (PSP), as restantes são de tipologia ligeira e capacidade todo terreno (Figura 24).



Figura 23 – Estação Móvel SIRESP, pesado (SIRESP, SIRESP, 2023)

Fazem parte do equipamento de cada uma das EM um link satélite para interligação com o MSO Lisboa, uma estação rádio MTS2 com duas portadoras, um grupo gerador de 10 KVAs, uma UPS de 5000 Vas com autonomia de 110 minutos, um mastro de antena RF (Figura 26) e as EM ligeiras e mais recentes incorporam também uma bobine de cabo radiante de 100 metros permitindo a extensão da rede para o interior de tuneis ou edifícios (SIRESP, SIRESP, 2023).



Figura 24 – Estação Móvel SIRESP, ligeira (Fonte: @Márcio Teles)

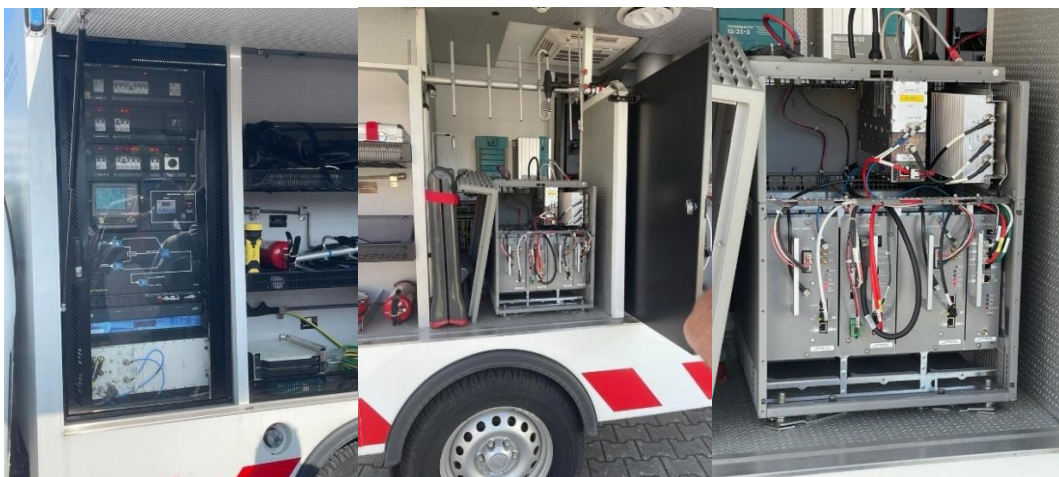


Figura 25 – Estação Móvel Ligeira, unidades de alimentação e comunicação (Fonte: @Márcio Teles)

A gestão das EM é efetuada pelo Centro de Operações e Gestão (COG), após comunicação das Entidades Utilizadoras de falha na rede ou pela deteção pela supervisão da rede, validado e efetivado o incidente, uma das EM disponíveis é ativada para o local definido. O local de posicionamento é de enorme importância de modo a que possa suprimir o incidente de rede de forma mais eficiente. O incidente de rede reportado poderá implicar, o desligar de uma estação base para que a EM possa afiliar os terminais evitando a mutação entre estações base e móvel, levando à instabilidade funcional.

Para além das situações de falha de rede ou de uma estação base as EM poderão ser usadas em situações de reforço da cobertura, podendo esta ser identificada por qualquer utilizador levando aos procedimentos subsequentes, idênticos aos usados nas situações de falha de rede. Nas situações de reforço de cobertura, as EM, ao estarem empenhadas em missão de suporte ou de adensamento de rede a sua utilização poderá ser interrompida sempre que se verifique a sua necessidade em missões de proteção e socorro.

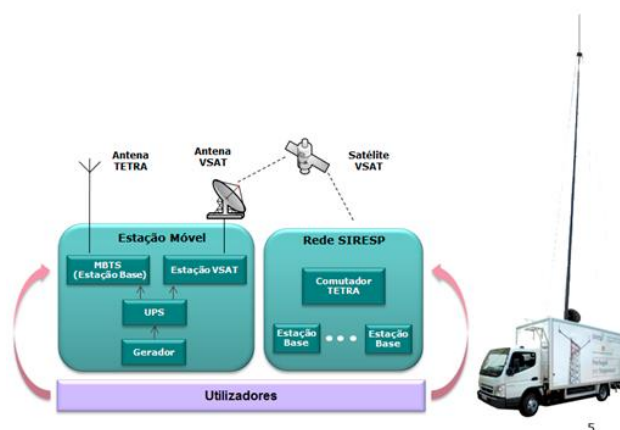


Figura 26 – Funcionamento e Ligações – Estação Móvel (SGMAI, 2018)

DMO Repeater

A própria rede SIRESP dispõe de funções capazes de serem usadas e exploradas como recursos de redundância, tais como as licenças de Gateway e Repeater (Figura 10).

A função repeater tem o seu funcionamento no modo de operação direto (DMO), este modo de operação, usado em situações onde não há cobertura de rede pretende dar continuidade e manutenção ao processo de comunicação. Este processo é efetuado em *simplex* tendo uma área de cobertura limitada perdendo assim a ligação entre terminais. Para evitar estas situações e continuar a garantir a ligação, a solução passa pela utilização da função DMO Repeater que passará a receber as comunicações e a repetir o sinal recebido, ampliando a distância em que é possível comunicar (ETSI, TETRA - Technical requirements for DMO; Part 4; Type 1 repeater air interface; EN 300 396-4 V 1.3.1, 2006-05), (ETSI, TETRA - Technical requirements for DMO; Part 7; Type 2 repeater air interface; EN 300 396-7 V 1.2.1, 2000-12).

Esta solução tem uma grande margem de evolução e de operacionalização nos vários cenários sejam eles em ambiente urbano, como no interior de edifícios, subsolo ou em espaços rurais de elevada declividade como escarpas.

O uso desta função implica o conhecimento das suas capacidades e potencialidades, mas também do seu modo de operacionalização conhecendo os terminais que suportam a função para que possam ser utilizados em caso de necessidade efetiva.

Atualmente existem equipamentos para reforçar a sua implementação com maior efetividade como suportes (Figura 27, Figura 28) para colocação e elevação do terminal com a função de *repeater* (Emmerl, n.a.).



Figura 27 – Uso de acessório para ampliação da função Repeater (Emmerl, n.a.)

Nas situações de operação em ambiente urbano esta função deveria ser identificada no início da operação de modo a suprimir possíveis falhas de rede nos locais

de maior probabilidade de falha de rede, o interior de edifícios, garantindo assim a redundância no plano de comunicações.

Os terminais com a função de DMO-repeater ativa poderão participar nas conversações, bastando para isso premir o botão PTT.



Figura 28 – Suporte para terminal com a função Repeater (feuerwehr-parkstetten, 2016)

Gateway-Repeater

Como referido no ponto anterior existe a possibilidade de aumentar a área de cobertura de comunicações além da capacidade nativa dos terminais.

Existem, todavia, operações em que é pretendido ter comunicações em zonas sem cobertura de rede, mas que seja possível a ligação ao modo truncado (TMO).

Com a ativação da função Gateway (Figura 10) este cenário é possível sendo também esta função disponibilizada em terminais móveis através da ativação da licença de Gateway-Repeater (ETSI, TETRA; Technical requirements for DMO; Part 5: Gateway air interface; EN 300 396-5 V 1.2.1, 2006-05).

A ativação da licença de uso é efetuada nos terminais móveis devido à sua maior potência de emissão em comparação com os terminais portáteis.

Com a função ativa passa a ser possível a comunicação entre os modos de operação DMO e TMO permitindo que as comunicações em DMO sejam transmitidas para a rede, dentro do grupo de conversação selecionado, e vice-versa (SIRESP, SIRESP, 2023).

O terminal com a função de Gateway ativo fica dedicado em exclusivo à função, não sendo possível através do equipamento a comunicação.

Malas de comunicações de emergência

Conciliando os dois pontos anteriores, mas com a vantagem de funcionar de forma autónoma e sendo transportável surgem as malas de comunicações de emergência.

Já existem vários exemplos desta tipologia de equipamentos pelo país, sendo um equipamento para uso nas situações que claramente o justifiquem nomeadamente em cenários de exceção ou locais onde não exista cobertura de rede e que o seu empenho operacional possa potenciar de evidente as radiocomunicações.

Efetuada alguma pesquisa sobre estes equipamentos verifica-se maioritariamente o uso de terminais móveis SIRESP com as licenças de *Repeater-Gateway* e repetidor na banda alta de VHF, contudo seria importante a capacitação deste equipamento com mais um móvel SIRESP para que seja possível dar continuidade ao processo de comunicações visto que o terminal com a licença de Gateway, após estar efetivada, não é possível comunicar através dele. Com este aumento de capacidade amplia-se o uso da mala de emergência em outra tipologia de cenários como o seu uso em contexto urbano podendo ser a base de trabalho para a capacidade de comunicações no comando e controlo da operação (Figura 29).

O expoente máximo deste equipamento será a interoperabilidade entre os terminais instalados garantindo a ligação entre a rede SIRESP e a banda alta de VHF



Figura 29 – Equipamento portátil de Comunicações, SIRESP e banda alta VHF (Fonte: @Márcio Teles)

Interligação com outras redes

A ligação a outras redes de diferentes tipologias tem sido amplamente referido pela SIRESP S.A., seja com as redes militares (APDC, 2022), as redes da ANEPC, a ROB e REPC e a Rede Alternativa do Serviço de Amador (RASA) ou mesmo com outras, ao ser efetuado está garantida a interoperabilidade e assim aumentada a resiliência e redundância da rede SIRESP. Estes processos de interoperabilidade entre as várias redes ampliam também as zonas de cobertura diminuindo drasticamente a zonas sombra.

Em cenários de “missão-crítica” a maior eficiência depende diretamente da quantidade de recursos e equipamentos disponíveis, por esse facto, a interligação com as restantes infraestruturas de comunicações ganha um maior peso, não apenas no âmbito teórico, mas também na sua efetividade no terreno de forma infraestrutura. Recentemente o Presidente da SIRESP S.A., Brigadeiro General Paulo Viegas Nunes, refere que foi criado “...um *integrador, uma espécie de “cubo mágico”, construído com base em diferentes interfaces*” (APDC, 2022). Também é assumido que o futuro da rede SIRESP passará pela interligação de todas as redes via IP com recurso ao *Radio over IP* (RoIP).

Estes procedimentos têm vindo a ser testados e melhorados com a ligação entre a indústria, o meio académico e os atores locais em vários eventos promovidos pela SIRESP S.A. como os *bootcamp* realizados em 2022 nos Açores, em março de 2023 na Madeira e o último ocorrido de 20 a 24 de novembro de 2023 no Algarve (SIRESP, SIRESP, 2023).

Transformação, interoperabilidade, resiliência, capacitação e modernização têm sido os eixos definidos como prioridades na capacitação da rede SIRESP com recurso às interligações de outras redes e outras tecnologias (SIRESP S.A., 2023).

Interligação com Long-Term Evolution (LTE) / 5G

A evolução dos sistemas de utilização comercial que garantem velocidades mais rápidas de transmissão de dados e com maior capacidade, levam a que exista uma grande dependência operacional desta tipologia de infraestruturas.

A sua utilização é cada vez mais necessária nas operações de proteção e socorro para a partilha de imagem, vídeo, *Streaming* e informações relevantes de apoio à tomada de decisão e de sustentação das próprias operações de proteção e socorro.

Assim, a transição da rede SIRESP para a rede LTE/5G vem trazer novas potencialidades à rede e novas funcionalidades, contudo, terá que haver, de forma efetiva, uma capacitação da rede SIRESP, assim como, aferir a efetiva necessidade para que a mesma seja potenciada e operacionalizada.

Esta ligação precisa de ganhar maturidade operacional através de testes que já se encontram em curso no âmbito das comunicações em missões críticas, adotando o uso em paralelo com a rede TETRA, encontrando-se em testes de forma paralela às redes existentes no Reino Unido e Coreia do Sul (Critcomms, 2019).

Em Portugal não está excluída a possibilidade de evolução para a ligação em banda larga LTE/5G, já referida em várias citações por parte dos responsáveis da SIRESP S.A., existindo várias discussões sobre a necessidade de precipitar um salto tecnológico para o LTE/5G no nosso país.

Refere o Presidente da SIRESP S.A., “Apesar de algumas pessoas defenderem a antecipação desta transição, o caminho para o 5G ainda se está a construir (consultámos as melhores práticas e os estudos de referência e tudo que encontrámos para a transição da rede TETRA para o LTE/5G corresponde a uma década de transformação)” (APDC, 2022).

Portugal está alinhado e em sintonia com os restantes países na adoção da banda larga LTE/5G para a comunicações “missão-crítica”, através da adoção do que forem os normativos orientadores para a sua adoção de forma criteriosa e potenciadora das novas capacidades que se pretendam introduzir na rede a operar no nosso país. A premissa para a efetividade desta tecnologia terá que continuar a ser a construção de acordo com os padrões de missão-crítica – com os níveis necessários de resiliência, confiabilidade e segurança (Critcomms, 2019).

Como exemplo foram os eventos proporcionados pela SIRESP S.A. os SIRESP *Tech Days* onde foram a floradas e abordadas as principais tendências nesta área, como as tecnologias LTE ou o 5G (TechDays, 2023).

Manual de Procedimentos e Formação

Os processos formativos existentes vinculam o conhecimento principalmente à forma e não tanto ao conteúdo técnico que poderá sustentar os procedimentos eficazes na utilização das redes comunicações de emergência em Portugal.

No ano de 2017 foram identificadas, nos relatórios produzidos após os grandes incêndios, algumas falhas nos processos de utilização e exploração das redes de comunicações, ao longo dos últimos anos foram sendo melhorados com o incremento de novas funcionalidades na exploração como a ligação via satélite das estações base e a redundância de energia com recurso a geradores. Nos processos de utilização também têm sido exploradas várias valências com os *bootcamp* e *tech days* facultados pela SIRESP S.A., a Escola Nacional de Bombeiros (ENB) continua o seu processo formativo com as formações de comunicações disponibilizando uma Unidade de Formação de Curta Duração (UFCD), 9901 com o objetivo de dotar os formandos com competências técnico-operacionais no âmbito das telecomunicações de emergência (ENB, ND). No ano de 2022 foi desenvolvido pela ENB em articulação com a ANEPC a formação M1170- Telecomunicações TETRA (SIRESP) de contexto On-line e disponibilizada aos vários APC através da página *e-learnig* da ENB.

Houve uma evolução no processo formativo para com os vários utilizadores das redes de emergência, contudo, a existência de um manual de procedimentos que conjugue a formação com a informação de âmbito mais técnico seria de relevante importância, evitando assim a consulta de vários documentos técnicos e operacionais alguns dos quais de uso exclusivo de entidades específicas e sem o conhecimento das restantes entidades. A partilha desta informação seria uma mais-valia para o conhecimento e melhoria geral de todos os APC que operam com os equipamentos.

São exemplo de alguma específica a Norma de Execução Permanente (NEP) 8/NT/2010 que define a normas e procedimentos de exploração das redes de radiocomunicações de emergência da ANPC, atualmente ANEPC, relativamente à rede ROB e REPC, a NEP/1/DIC/2016 que define os procedimentos para a rede rádio – SIRESP e a Norma Operacional Permanente n.º 1701 da ANEPC que define a organização das comunicações em operações de proteção e socorro, todos os referidos documentos são de carácter reservado mas que certamente poderiam contribuir para informação a incorporar no manual de procedimentos.

O manual de procedimentos poderá incorporar os objetivos funcionais de cada uma das redes, o seu modo de funcionamento, com a vertente mais técnica, procedimentos de exploração, falhas registadas na rede e como as transpor, sistemas de redundância e procedimentos de atuação, utilização de equipamentos rádio, exploração de plataformas de apoio como SIRESP GL e FEB Monitorização, boas práticas nas operações de radiocomunicações e estudos de caso com tenham ou possam contribuir

para a melhoria geral da utilização e exploração dos sistemas de comunicações existentes em Portugal para as missões-críticas de emergência, proteção e socorro.

A partilha, de forma centralizada e atualizada, da informação levará ao aumento da resiliência em situações de operacionalização críticas, colocando em prática os procedimentos instituídos visto que a informação estará partilhada e disseminada por toda a comunidade utilizadora.

Boas Práticas – Procedimentos Rádio

Os equipamentos constituintes de uma rede rádio de nada servem se não forem explorados e utilizados de forma criteriosa. Por esse facto os utilizadores deverão estar dotados de conhecimentos sobre comunicações, treino, formação, funcionamento das várias redes, modos de operação, tecnologia rádio, potencialidades e fragilidades das redes que utiliza e dos procedimentos de comunicações, de forma a maximizar a informação disponibilizada no menor espaço temporal possível.

Independentemente da rede em uso, os recursos estão bem definidos e limitados pelo que é de vital importância o cumprimento de boas práticas e das recomendações definidas para a sua correta utilização e exploração.

A disciplina é um critério fundamental devendo ser dado o devido cumprimento das normas e procedimentos estabelecidos, não utilizar a rede para comunicação de informação não relevante, dar cumprimento ao plano de canais e grupos de conversação definidos para a operação, responder prontamente a qualquer comunicação que exija resposta e não estabelecer qualquer comunicação sem a anterior ter terminado, não utilizar canais ou grupos de conversação não atribuídos mesmo que seja escuta (Castro, 2006).

A ocupação de forma permanente de um canal de comunicações ou de um grupo e conversação limita o processo de fluidez das comunicações, assim a brevidade é um critério a ser tido em conta, por forma a transmitir a mensagem de forma rápida e eficaz devendo ser clara e precisa. O canal ou grupo de conversação em uso deve estar permanentemente disponível para o processo de comunicação.

A clareza na comunicação certamente facilitará todo o processo, tom de voz normal, sem elevar a voz, articulando bem as palavras. Muitas vezes e em certas condições operacionais devem ser tidas em conta as condições atmosféricas existentes que poderão influenciar a transmissão, como a existência de vento.

Priorizar as comunicações é um fator relevante garantindo que o uso das redes de comunicação garantem o seu objetivo principal a transmissão de informação emergente e urgente, assim o escalonamento da priorização das mensagens implica: primeiro aspetos que envolvem vidas em perigo; segundo o primeiro ponto de situação do incidente; terceiro envio de meios; quarto restantes comunicações de emergência, partes do reconhecimento, definição da tática e estratégia e pedido de reforço de meios; por fim restantes comunicações de rotina (Castro, 2006).

Por fim a estrutura da mensagem na construção da mesma de modo a que a comunicação seja fluida, perceptível e sem margem de confusão entre o emissor e recetor seja pela não perceção do indicativo ou pela indefinição de conclusão da comunicação.

Estudo de Caso

Foi desenvolvido um estudo de caso, na área geográfica do concelho de Mangualde, de modo a poder sustentar o que são as capacidades da rede SIRESP, extraindo o máximo de informação possível dos terminais usados nos processos de comunicação em Portugal.

Maioritariamente os terminais moveis e portáteis em uso no país são fornecidos pela Motorola e Sepura, sendo estes os equipamentos que serão utilizados no processo de recolha de dados em vários pontos do concelho, tais como a data e hora de recolha, indicadores de intensidade do sinal recebido – *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), identificação da estação base de emissão e estações base de cobertura no ponto analisado.

Esta informação recolhida poderá ser usada em Sistemas de Informações Geográfica para produção de cartografia de zonas com as intensidades de sinal recebido e a visualização através de *heatmap*, mapa de calor, representando graficamente os locais de maior ou menor cobertura de sinal e de forma quantitativa o número de terminais ligados (Figura 30) (ANEPC-PROCIV, 2023).

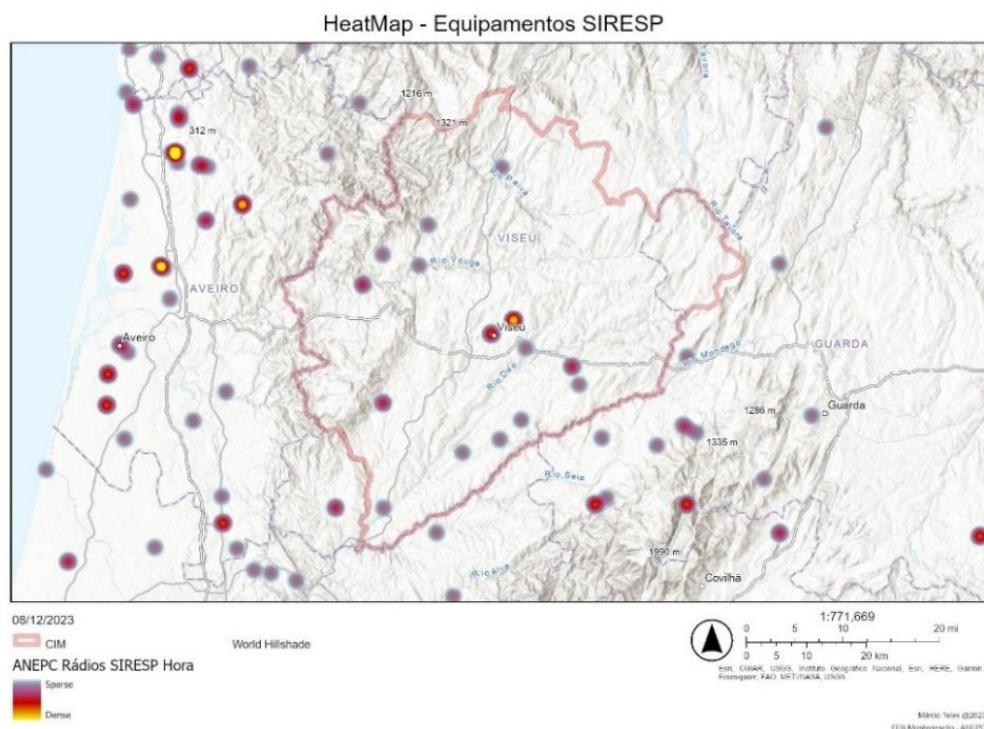


Figura 30 – Heatmap, número de terminais SIRESP (ANEPC-PROCIV, 2023)

Após a fase de planeamento e dos procedimentos de recolha de dados foi efetuada pesquisa sobre ferramentas existentes com o mesmo princípio de uso e funcionalidade. A ferramenta *Piciorgros Covermap*¹⁶ da empresa *Piciorgros GmbH*¹⁷ que tem como objetivo a visualização desta tipologia de dados após recolha com a ferramenta de monitorização e levantamento TTS-2000 (Figura 31) (GmbH, 2023).



Figura 31 – Analisador de cobertura TETRA compacto (GmbH, 2023)

¹⁶ <https://www.tetramodem.com/fileadmin/download/Setup-Covermap.exe>

¹⁷ <https://www.piciorgros.com/>

O software Covermap funciona de forma independente do hardware TTS-2000, com recurso aos seus ficheiros base de exemplo (Figura 32), poderão ser introduzidos os dados obtidos através dos terminais SIRESP e dos levantamentos efetuados, obtendo assim dados relevantes sobre as intensidades de sinal e a sua visualização através de escala de cores, frequência em uso, altitude, se for em circulação a velocidade de deslocação no momento, estações base às quais o terminal consegue efetuar receção de sinal, identificação da estação base de serviço, a identificação da melhor estação base de captação de sinal e as três melhores estações base com as suas intensidades de transmissão ao ponto de recolha (Figura 33).

Sabendo a localização física das estações base e a sua identificação também é fornecida a distância em linha reta à estação base associando, também, o respetivo mapa de cores de intensidade de sinal. O carregamento dos dados referentes às estações bases também poderá ser efetuado no ficheiro base de tipologia TXT¹⁸ com a introdução das coordenadas, descrição da estação, identificação e frequência se disponível

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Nr	Date	Time	N/S	NSDeg	NSMin	NSSec	E/W	EWDeg	EWMin	EWSec	Height	Speed	Satellites	RSSI 1	Frequency 1	LAC 1	RSSI 2	Frequency 2	LA
1	1	14.12.2010	16:14:20	N	50	54	20.11	E	7	1	22.72	52	0	9	73	427.5375	12	83	426.5375	
2	2	14.12.2010	16:15:09	N	50	54	17.48	E	7	1	24.86	53	28	9	74	427.5375	12	73	427.1625	
3	3	14.12.2010	16:15:20	N	50	54	14.54	E	7	1	27.09	57	22	9	78	427.5375	12	80	426.6375	
4	4	14.12.2010	16:15:43	N	50	54	12.77	E	7	1	24.05	55	5	9	78	427.5375	12	81	426.6375	
5	5	14.12.2010	16:16:54	N	50	54	11.97	E	7	1	20.74	49	30	9	67	427.5375	12	69	427.0625	
6	6	14.12.2010	16:17:02	N	50	54	13.65	E	7	1	17.38	49	44	9	70	427.5375	12	67	427.1625	
7	7	14.12.2010	16:17:10	N	50	54	15.84	E	7	1	13.10	49	47	9	71	427.5375	12	64	427.0625	
8	8	14.12.2010	16:17:18	N	50	54	17.45	E	7	1	9.94	51	28	9	71	427.5375	12	64	427.0625	
9	9	14.12.2010	16:17:47	N	50	54	19.04	E	7	1	6.83	55	30	9	69	427.1625	1	69	427.0625	
10	10	14.12.2010	16:17:55	N	50	54	20.88	E	7	1	3.37	53	42	9	69	427.1625	1	66	427.5375	
11	11	14.12.2010	16:18:03	N	50	54	22.63	E	7	0	59.41	54	42	9	70	427.1625	1	66	427.5375	
12	12	14.12.2010	16:18:10	N	50	54	23.72	E	7	0	55.02	54	45	9	70	427.1625	1	64	427.5375	
13	13	14.12.2010	16:18:18	N	50	54	24.27	E	7	0	50.04	54	47	9	75	427.1625	1	69	427.5375	
14	14	14.12.2010	16:18:23	N	50	54	24.63	E	7	0	46.53	52	50	9	75	427.1625	1	69	427.5375	
15	15	14.12.2010	16:18:27	N	50	54	25.24	E	7	0	43.36	50	51	9	76	427.1625	1	73	427.5375	
16	16	14.12.2010	16:18:35	N	50	54	26.60	E	7	0	38.50	47	51	9	72	427.1625	1	73	426.6375	
17	17	14.12.2010	16:18:40	N	50	54	27.63	E	7	0	34.70	45	54	9	71	427.1625	1	70	426.6375	
18	18	14.12.2010	16:18:46	N	50	54	28.84	E	7	0	30.32	46	56	9	67	427.1625	1	68	426.6375	
19	19	14.12.2010	16:18:51	N	50	54	29.79	E	7	0	27.03	46	53	9	67	427.1625	1	68	426.6375	
20	20	14.12.2010	16:18:58	N	50	54	31.06	E	7	0	22.70	46	35	9	65	427.1625	1	70	426.6375	
21	21	14.12.2010	16:19:08	N	50	54	32.34	E	7	0	19.03	46	30	9	65	427.1625	1	68	426.6375	
22	22	14.12.2010	16:19:19	N	50	54	34.03	E	7	0	15.59	47	21	9	63	427.1625	1	63	426.6375	
23	23	14.12.2010	16:20:06	N	50	54	35.82	E	7	0	12.33	48	22	9	66	427.1625	1	65	426.6375	
24	24	14.12.2010	16:21:20	N	50	54	37.56	E	7	0	9.41	47	15	9	64	427.1625	1	68	427.0625	
25	25	14.12.2010	16:21:34	N	50	54	38.49	E	7	0	6.03	47	27	9	68	427.1625	1	68	427.0625	
26	26	14.12.2010	16:21:45	N	50	54	35.45	E	7	0	2.70	48	42	9	71	427.1625	1	67	426.6375	
27	27	14.12.2010	16:21:53	N	50	54	33.11	E	6	59	59.84	49	43	9	68	427.1625	1	70	427.0625	
28	28	14.12.2010	16:22:01	N	50	54	30.37	E	6	59	57.54	51	40	9	71	427.1625	1	71	427.0625	
29	29	14.12.2010	16:22:12	N	50	54	26.50	E	6	59	57.48	53	35	9	74	427.1625	1	71	427.0625	
30	30	14.12.2010	16:22:23	N	50	54	23.63	E	6	59	54.60	54	33	9	66	427.1625	1	68	427.0625	
31	31	14.12.2010	16:22:37	N	50	54	21.25	E	6	59	52.03	55	24	9	63	427.1625	1	63	427.0625	

Figura 32 – Ficheiro CSV exemplo, de dados de cobertura da rede TETRA (GmbH, 2023)

¹⁸ Arquivo de texto simples

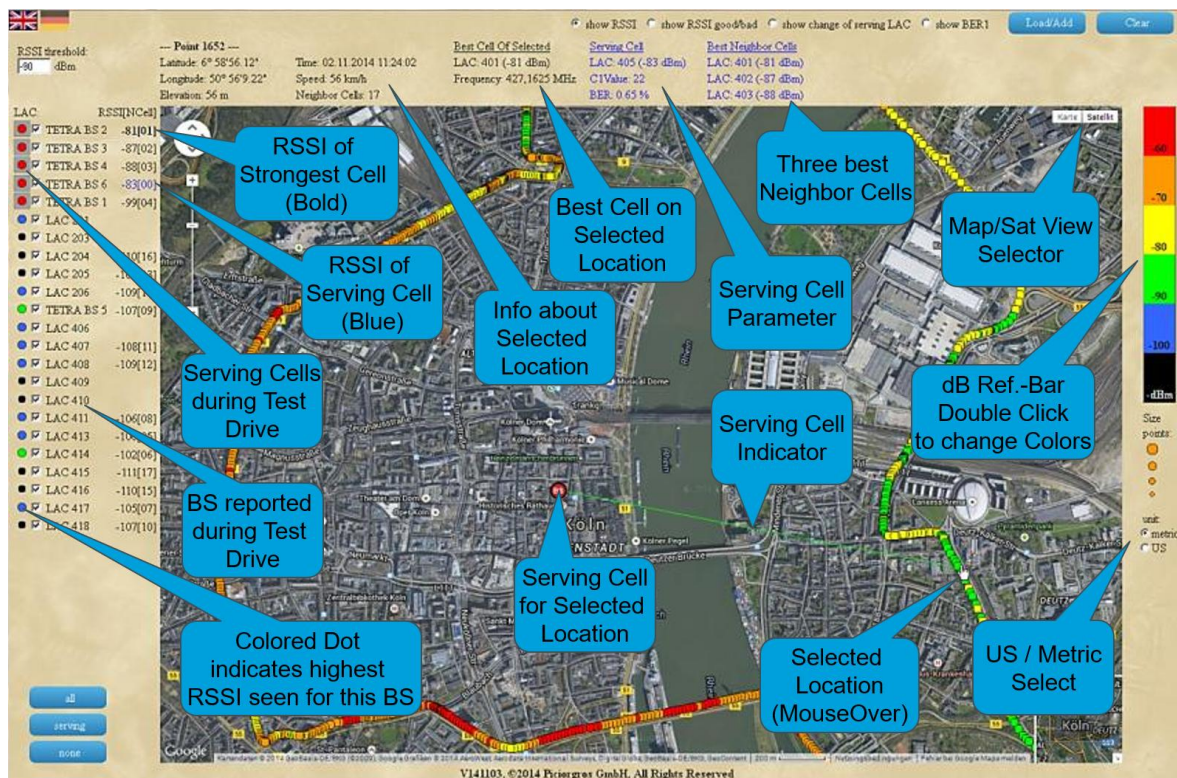


Figura 33 – Interface do programa Covermap e informação disponibilizada, exemplo (GmbH, 2023)

```

Sample_BaseStations_Colgne.txt
Ficheiro  Editor  Ver

Sysinfo;Description;LAC;Frequency;N/S;NSDeg;NSMin;NSSec;E/W;EWDeg;EWMin;EWSec
0_01;TETRA BS XXX; 101;425,56 ;N;50;56;19.57;0;6;57;31.71;
0_01;TETRA BS XX1; 102;425,56 ;N;50;55;33.42;0;6;56;12.30;
0_01;TETRA BS XX3; 103;425,56 ;N;50;55;33.42;0;6;56;12.30;
0_01;TETRA BS XX4; 104;425,56 ;N;50;55;33.42;0;6;56;12.30;
0_01;TETRA BS XX5; 105;425,56 ;N;50;55;29.72;0;6;58;48.95;
0_01;TETRA BS XX6; 106;427,56 ;N;50;53;4.457;0;7;2;47.80;
  
```

Figura 34 – Arquivo de texto, TXT, com a identificação das estações Base (Exemplo) (GmbH, 2023)

Tabela 1 – Intensidade de RSSI (GmbH, 2023)

RSSI	Intensidade
>- 60 dBm	<i>Excelente</i>
- 60 a – 70 dBm	<i>Bom</i>
- 70 a – 80 dBm	<i>Suficiente</i>
- 80 a – 90 dBm	<i>Fraco</i>
- 90 a – 100 dBm	<i>Muito fraco</i>
< - 100 dBm	<i>Sem sinal</i>

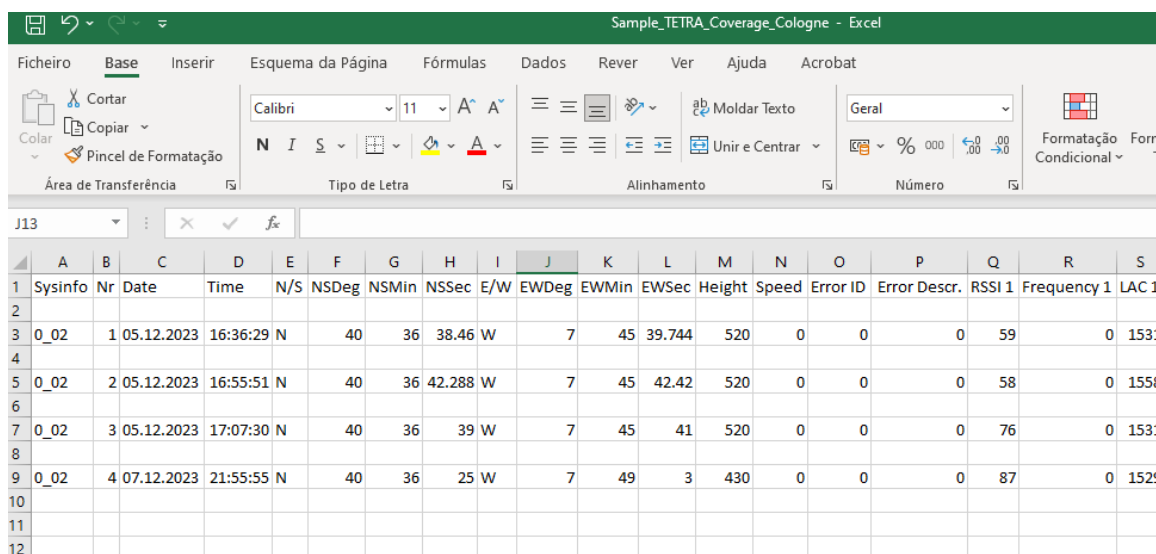
Para a recolha foram utilizados os terminais anteriormente referidos através dos respetivos menus de teste e informações extra.

Para a demonstração da efetividade do processo foram efetuadas quatro recolhas de pontos com terminal Motorola MTP850 S e introduzidos no ficheiro CSV. Ponto 1 em zona interior de edifício (Figura 36), ponto 2 em zona exterior e zona ampla sem obstáculos na envoltória (Figura 37), ponto 3 zona interior com obstáculos em todo o perímetro (Figura 38) e o ponto 4 em zona rural e no interior de edifício (Figura 35). Para a análise foi necessário a recolha da coordenada do local, altitude, valor de RSSI e a identificação numérica de cada estação base, com registos entre 18 a 25 valores de RSSI captados pelo equipamento utilizado (Figura 1Figura 40).

Após as recolhas e introdução dos dados foram adicionados ao programa *Piciorgros GmbH*, assim como as marcações de duas estações base para efeito de exemplificação do processo.

Como resultado são fornecidos em ambiente gráfico e georreferenciados os dados da estação base ao qual o equipamento está afiliado e a intensidade de sinal, a melhor estação base para afiliação e as três estações base com melhor sinal de todas as que foram registadas no ponto via terminal.

Já as estações base ao serem selecionadas disponibilizam a quantidade de pontos que lhe estão afiliados e a distância a que os mesmo se encontram.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Sysinfo	Nr	Date	Time	N/S	NSDeg	NSMin	NSSec	E/W	EWDeg	EWMin	EWSec	Height	Speed	Error ID	Error Descr.	RSSI 1	Frequency 1	LAC 1
2																			
3	0_02	1	05.12.2023	16:36:29	N	40	36	38.46	W	7	45	39.744	520	0	0	0	59	0	1531
4																			
5	0_02	2	05.12.2023	16:55:51	N	40	36	42.288	W	7	45	42.42	520	0	0	0	58	0	1558
6																			
7	0_02	3	05.12.2023	17:07:30	N	40	36	39	W	7	45	41	520	0	0	0	76	0	1531
8																			
9	0_02	4	07.12.2023	21:55:55	N	40	36	25	W	7	49	3	430	0	0	0	87	0	1529
10																			
11																			
12																			

Figura 35 - Recolha RSSI de quatro pontos via rádio Motorola MTP850 S.

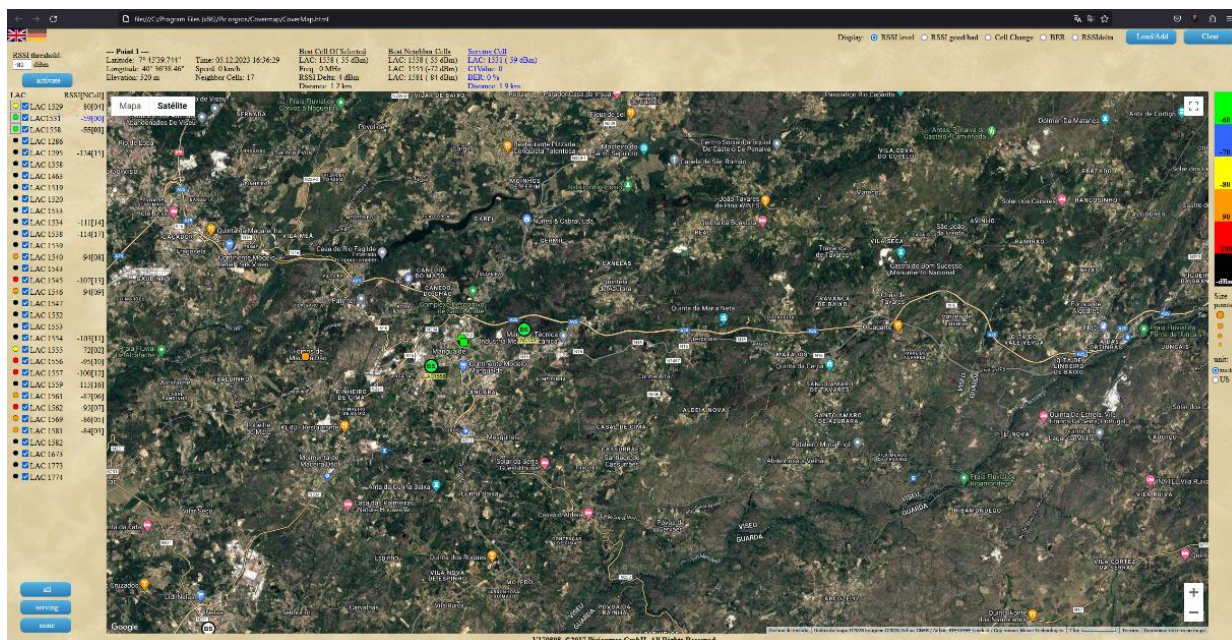


Figura 36 - Ponto 1 de recolha RSSI (GmbH, 2023)

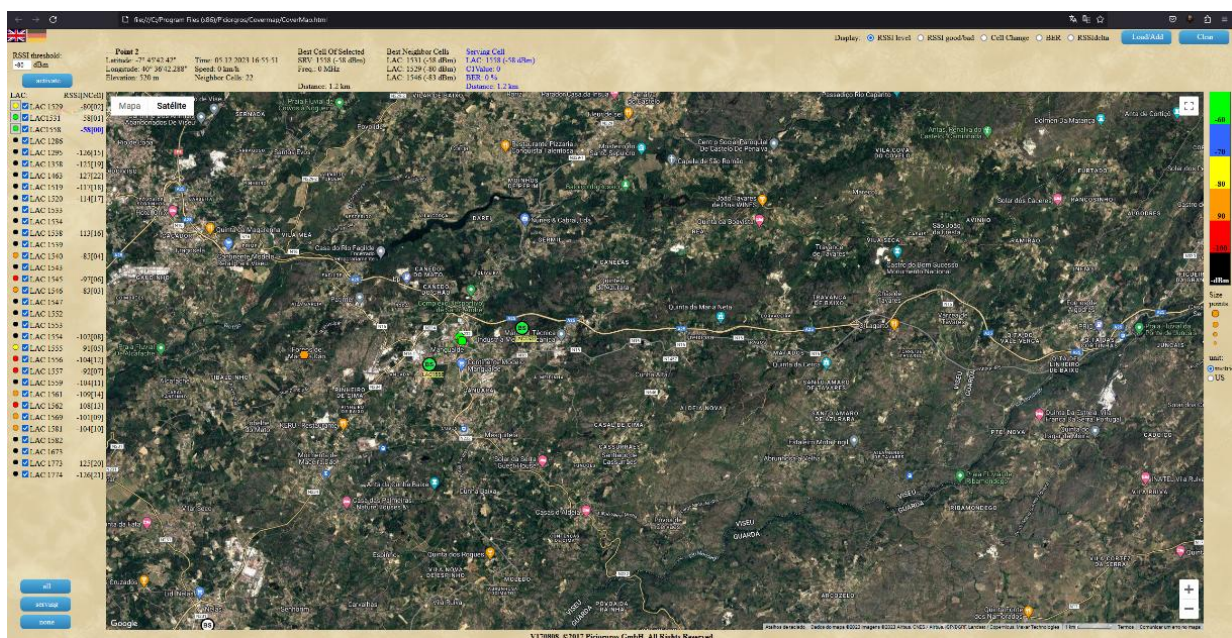


Figura 37 - Ponto 2 de recolha RSSI (GmbH, 2023)

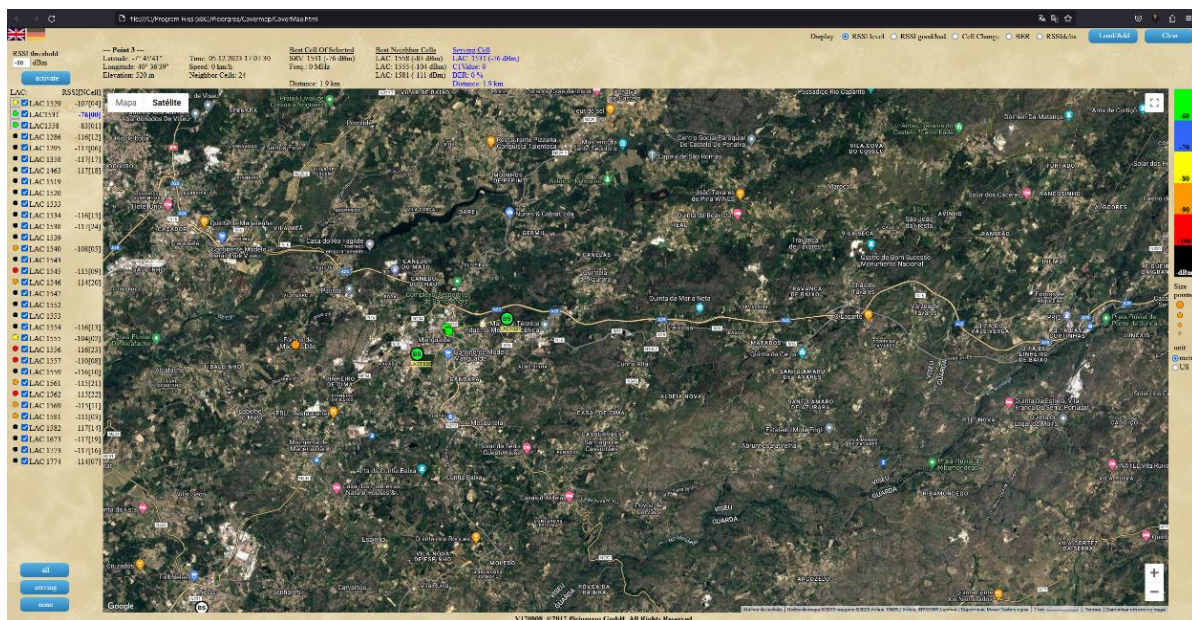


Figura 38 - Ponto 3 de recolha RSSI (GmbH, 2023)

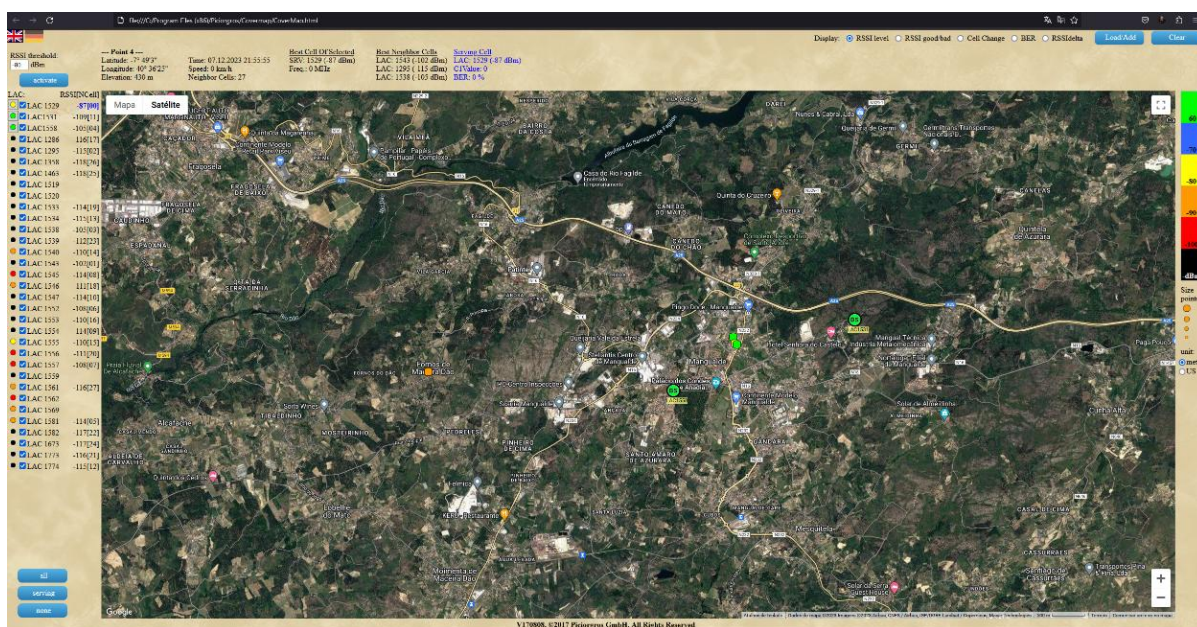


Figura 39 - Ponto 4 de recolha RSSI (GmbH, 2023)

Com recurso a esta ferramenta, como anteriormente referido, poderá ser efetuado um mapa de cobertura pontual de uma determinada área geográfica, de modo a garantir que em situações de necessidade operacional possa, se assim se justificar, identificar os locais para colocação de uma unidade móvel SIRESP ou o posicionamento de um equipamento rádio em modo de operação *DMO - Repeater* ou *Gateway* de suporte e melhor aplicabilidade de cobertura em zonas com limitações ou mesmo ausência de rede.

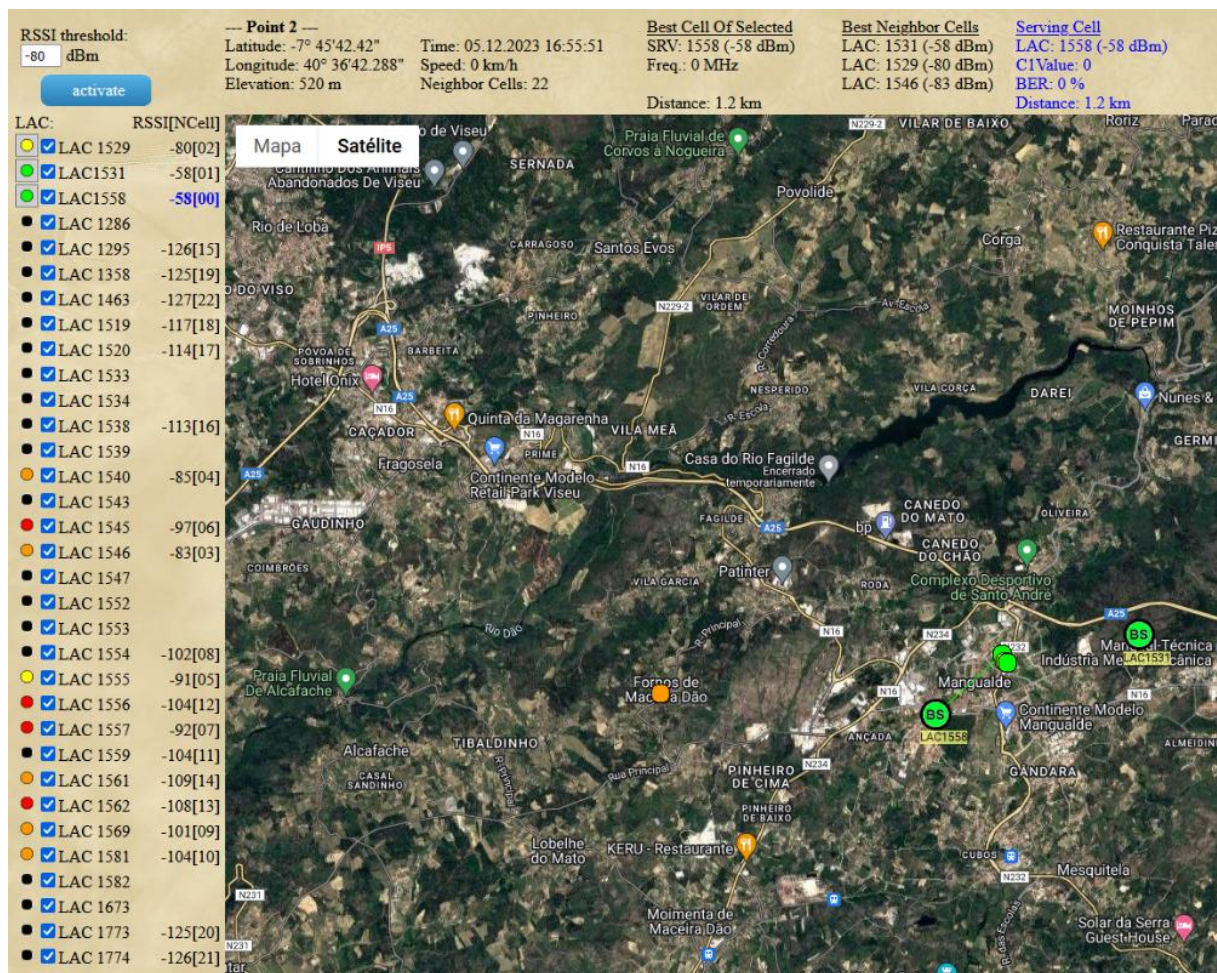


Figura 40 - Identificação gráfica das captações de RSSI e a distância à Estação Base (GmbH, 2023)

CAPÍTULO 2

Metodologias

A opção metodológica escolhida para esta investigação é uma metodologia mista com dados qualitativos e quantitativos. Esta metodologia é baseada na revisão da literatura através da leitura e análise de livros e artigos científicos já publicados sobre estas áreas temáticas. Em complemento foram analisados relatórios técnicos sobre grandes incêndios rurais, principalmente os elaborados referentes ao ano 2017, onde através dos mesmos é possível verificar o trabalho já realizado e as propostas para futuro. Os dados quantitativos advêm da aplicação de um inquérito por questionários aos utilizadores dos sistemas de comunicações de emergência implementados em Portugal.

O investigador ao desenvolver a sua atividade profissional como APC desde o ano de 1999, para o âmbito da investigação da dissertação, fez uso dos procedimentos adquiridos para o desenvolvimento do estudo aprofundando os conhecimentos na área das comunicações de forma estrutura e consolidada.

Foi dada um maior relevo no questionário à rede SIRESP de modo a aferir o conhecimento dos vários agentes sobre este sistema e os níveis de formação adquiridos, tendo no ano 2017, sido esta uma das lacunas atribuídas ao uso do sistema de comunicações¹⁹, volvidos seis anos seria importante esta análise.

População e Amostra

O público-alvo escolhido para esta investigação é um público muito específico – foram definidos os vários APC que fazem uso dos sistemas de comunicações de emergência de forma integrada nas operações de proteção e socorro, mas também nas suas organizações de forma independente.

A definição do público-alvo é de extrema importância para a obtenção dos objetivos da presente dissertação de modo a aferir o estado atual dos sistemas de comunicações de emergência, o seu uso e a potencialização de novas estratégias de operacionalização, como critério de escolha da população, o uso de sistemas de comunicação de emergência na qualidade de APC.

¹⁹ “Desenvolver um intensivo programa de formação orientado para os utilizadores dos terminais SIRESP, para que todos esses agentes possam explorar o potencial dos sistemas de comunicações.” (pag.171) Relatório CTI, outubro 2017

Não sendo possível utilizar toda a população em causa no estudo, houve a necessidade de se constituir uma amostra. A amostra irá ter impacto na qualidade dos resultados devendo ter o máximo de representatividade possível em relação à população.

Pretende-se com a amostra alcançar o máximo de APC possível garantindo assim, a possibilidade de amostragem pelos vários utilizadores dos sistemas de comunicações dos vários APC.

Instrumentos de Recolha de Dados

Foi realizado um questionário, tendo como público-alvo os vários APC e entidades com especial dever de cooperação de amplitude nacional, para a obtenção de informação sobre os níveis de atuação, de utilização, de conhecimento funcional das várias redes de comunicações, constrangimentos funcionais sentidos na sua operação e por fim sobre algumas propostas de melhoria. Em suma o questionário assentou na obtenção de informação sobre a utilização e a perceção dos vários agentes de proteção civil sobre as potencialidades e fragilidades dos sistemas de comunicações em utilização, no âmbito qualitativo e quantitativo.

Como meio de divulgação do link para a obtenção de respostas ao questionário foi utilizado na fase inicial o email, sendo à posteriori utilizada a plataforma de WhatsApp, visto que era de extrema importância o envio controlado, de modo que não houvesse desvios na receção e resposta relativamente à população alvo. Foi ainda solicitada a colaboração de alguns corpos de bombeiros na divulgação do questionário pelos seus operacionais.

O questionário foi elaborado e disponibilizado através da plataforma *Google Forms* durante o período compreendido entre o dia 21 de novembro e o dia 30 de novembro de 2023, contendo 43 questões referentes ao estudo sendo estas de âmbito qualitativo e quantitativo.

Deve referir-se que, o número de respostas obtido ficou aquém das expectativas, contudo, sabendo que o pedido de resposta e divulgação foi efetuado num espaço temporal relativamente reduzido, entende-se este número diminuto e assume-se como uma limitação no âmbito do estudo.

O questionário disponibilizado através do link do *Google Forms*²⁰ coloca-se na presente dissertação como anexo (Anexo 1).

²⁰ Link google forms: <https://forms.gle/757MfWjwzecSDyQ88>

Análise dos Dados

Para a análise dos dados recolhidos através do questionário, é necessário recorrer à estatística fornecendo um conjunto de técnicas e métodos para os dados serem trabalhados de forma racional. A estatística é considerada um conjunto de métodos e técnicas de pesquisa que envolve a planificação de experiências, a recolha, a organização de dados, a inferência, o processamento, a análise e a divulgação de informação (D'Hainaut, 1990).

Assim, a análise de dados foi realizada em ambiente de Microsoft Excel 2021, versão 2311 com recurso à funcionalidade de tabelas dinâmicas (Microsoft, 2021). Para as estatísticas descritivas foram calculadas frequências absolutas (n) e relativas (%).

Constrangimentos

Após uma análise dos principais resultados obtidos, é possível destacar alguns constrangimentos mais genéricos nos sistemas de comunicações de emergência, alguns deles inerentes da segurança que lhe está afeta como é o caso da rede SIRESP.

Assim, poderemos identificar estes constrangimentos em cinco categorias:

- 1) **Utilizador e falta de rotinas:** com os avanços tecnológicos a necessidade de rotinas de operacionalização dos equipamentos são cada vez maiores, levando por vezes a não ser interiorizados os procedimentos pela não prática do seu uso e o por vezes o receio de utilizar pela quebra de confiança nos processos adquiridos em âmbito de instrução e ou formação.
- 2) **Interligação:** A utilização da mesma infraestrutura de comunicações de forma partilhada deveria ter como objetivo a partilha de canais de comunicação em operações conjuntas e complexas, existe o grupo de interligação entre entidades utilizadoras da rede, contudo, raramente são utilizados, ou devido a ocupação de canais para missão específica ou pela dificuldade de operacionalização da atribuição pelas várias entidades no teatro de operações.
- 3) **Redundância:** Os sistemas de redundância identificados para operacionalização consubstanciam os mesmos constrangimentos da falta

de interligação. A não utilização por parte de alguns APC ou mesmo o abandono da ROB e REPC, a não utilização ou mesmo desconhecimento do modo de operação DMO, *repeater* e *gateway*

- 4) **Documentação de suporte:** A documentação de suporte à utilização e operacionalização das redes de comunicações de emergência não é de conhecimento geral, sendo classificada como reservada não chegando aos utilizadores dos terminais rádio, levando a que haja constrangimentos nos procedimentos. Alguma da documentação existente como normas de execução permanente e normas operacionais permanentes necessitariam de atualização e adaptação às alterações estruturais que foram ocorrendo, estes documentos são datados de 2010, ROB e REPC e 2016 da rede SIRESP.
- 5) **Formação técnica:** A formação existente está focada mais na componente do fazer e do saber estando a faltar o porquê, componente mais técnica, e assim consolidar a execução dos processos de utilização e exploração das redes de comunicações de emergência de forma mais eficaz tendo por base a sustentação do conhecimento mais técnico, nos novos processos de exploração e de utilização da rede SIRESP não basta explicar como se faz visto que se não for praticado de forma regular o utilizador poderá ficar sem esse conhecimento.

Reitera-se que alguns dos constrangimentos são devidos a questões de segurança pela utilização específica das forças de segurança, contudo, a responsabilidade assumida num teatro de operações pelo COS não poderá ser colocada em causa pela dificuldade de comunicação e de coordenação institucional para levar a cabo a sua missão.

CAPÍTULO 3

Apresentação dos resultados

Da disponibilização do questionário resultou um total de 506 respostas validadas. Todos os respondentes eram utilizadores das redes de telecomunicações nos vários agentes de proteção civil distribuídos pelo território nacional. Não houve necessidade de excluir nenhum dos questionários respondidos.

Para a análise e apresentação dos resultados obtidos começa-se por uma caracterização sociodemográfica da amostra e em seguida os dados são analisados tendo em conta as categorias do questionário, recorde-se: níveis de utilização das várias redes de comunicações em teatros de operações, constrangimentos operacionais e técnicos na operação com equipamentos rádio, sistema integrado das redes de emergência e segurança de Portugal (SIRESP) e aspetos de melhoria na utilização das redes de comunicações.

Caracterização Sociodemográfica

Foram respondidos 506 (Tabela 2) inquéritos por utilizadores das redes de emergência sendo 86 (17%) do sexo feminino e 420 (83%) do sexo masculino (Gráfico 1).

Tabela 2 – Caracterização da amostra ao nível do género

Género	(n)	(%)
Feminino	86	17%
Masculino	420	83%
Total	506	100%

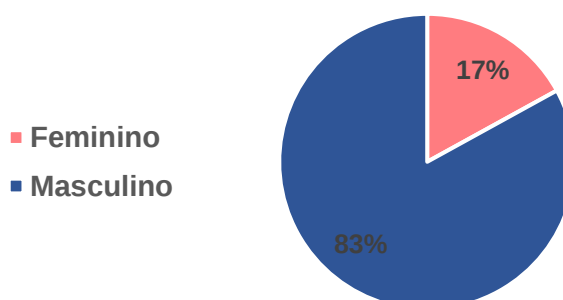


Gráfico 1 – Representação gráfica da caracterização da amostra ao nível do género

Ao nível das Habilitações Académicas (Tabela 3) a mais frequente foi o ensino secundário (n=293, 57,91%), seguido pelo ensino superior (n=178, 35,18%) e por fim o ensino básico (n=35, 6,92%) (Gráfico 2).

Tabela 3 – Caracterização da amostra ao nível das Habilitações Académicas

Habilitações Académicas	(n)	(%)
Ensino Básico	35	6.92%
Ensino Secundário	293	57.91%
Ensino Superior	178	35.18%
Total	506	100.00%

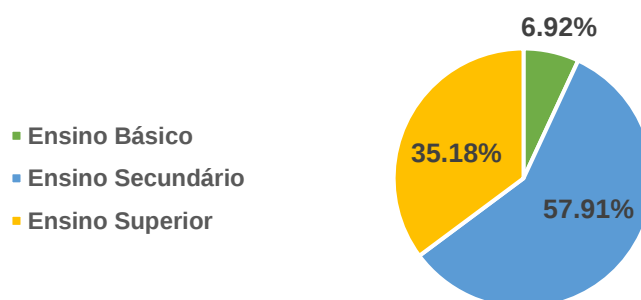


Gráfico 2 – Representação gráfica da caracterização da amostra ao nível das Habilitações Académicas

Pelo nível de idade a faixa mais frequente foi dos 36 a 50 anos (n=287, 56,72%), seguido da faixa dos 26 aos 35 anos (n=124, 24,51%), a seguir a partir dos 51 anos (n=62, 12,25%) por fim a faixa dos 18 aos 25 anos (n=33, 6,52%).

Tabela 4 – Caracterização da amostra ao nível da idade

Idade	(n)	(%)
De 18 a 25 Anos	33	6.52%
De 26 a 35 Anos	124	24.51%
De 36 a 50 Anos	287	56.72%
A partir de 51 Anos	62	12.25%
Total	506	100.00%

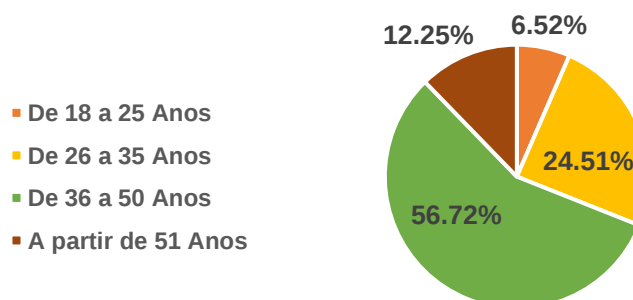


Gráfico 3 – Representação gráfica da caracterização da amostra ao nível da idade

Ao nível da representatividade das várias Entidades (Tabela 5) a mais frequente foi os Corpos de Bombeiros (n=355, 70,16%), seguido pela Unidade de Emergência de Proteção e Socorro (UEPS-GNR) (n=44, 8,70%), seguido da GNR (n=34, 6,72%), da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC) (n=10, 3,95%), seguido dos Serviços Municipais de Proteção Civil (n=13, 2,57%), Sapadores Florestais (n=11, 2,17%) em igual número com outras entidades não descritas (n=11, 2,17%), Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM) (n=8, 1,58%), Polícia de Segurança Pública (n=5, 0,99%) e por fim outros serviços afetos aos Municípios (n=3, 0,59%) e Instituto da Conservação da Natureza e Florestas (n=2, 0,40%) (Gráfico 4).

Tabela 5 – Caracterização da amostra ao nível da Entidade a que pertence

Entidades a que pertence	(n)	(%)
Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC)	20	3.95%
Corpo de Bombeiros	355	70.16%
Guarda Nacional Republicana	34	6.72%
Instituto da Conservação da Natureza e Florestas	2	0.40%
Instituto Nacional de Emergência Médica - INEM	8	1.58%
Outra entidade	11	2.17%
Outros Serviços afetos ao Município	3	0.59%
Polícia de Segurança Pública	5	0.99%
Sapadores Florestais	11	2.17%
Serviços Municipais de Proteção Civil	13	2.57%
Unidade de Emergência de Proteção e Socorro - GNR	44	8.70%
Total	506	100%



Gráfico 4 – Representação gráfica da caracterização da amostra ao nível da Entidade a que pertence

Ao nível do local onde é exercida a atividade todas as sub-regiões estão representadas (Tabela 6) sendo as de maior frequência (Gráfico 5) a sub-região Viseu Dão Lafões (n=197, 38,93%), seguida da sub-região de Terras de Trás-os-Montes (n=52, 10,28%), sub-região do Douro (n=45, 8,89%), sub-região das Beiras e Serra da Estrela (n=32, 6,32%), Área Metropolitana do Porto (n=29, 5,73%), Região de Coimbra (n=28, 5,53%), sub-região do Tâmega e Sousa (n=21, 4,15%), Região de Aveiro (n=19, 3,75%), Área Metropolitana de Lisboa (n=18, 3,56%) e a sub-região do Alentejo Central (n=14, 2,77%), as restantes sub-regiões têm frequências inferiores a 10 respostas assim como a Madeira (n=1, 0,20%).

Tabela 6 – Caracterização da amostra pela sub-região em que exerce a atividade

Sub-Região	(n)	(%)
Alentejo Central	14	2.77%
Alentejo Litoral	1	0.20%
Algarve	6	1.19%
Alto Alentejo	3	0.59%
Alto Minho	8	1.58%
Alto Tâmega	4	0.79%
Área Metropolitana de Lisboa	18	3.56%
Área Metropolitana do Porto	29	5.73%
Ave	5	0.99%
Baixo Alentejo	2	0.40%
Beira Baixa	3	0.59%
Beiras e Serra da Estrela	32	6.32%
Cávado	2	0.40%
Douro	45	8.89%
Lezíria do Tejo	5	0.99%
Madeira	1	0.20%
Médio Tejo	4	0.79%
Oeste	3	0.59%
Região de Aveiro	19	3.75%
Região de Coimbra	28	5.53%
Região de Leiria	4	0.79%
Tâmega e Sousa	21	4.15%
Terras de Trás-os-Montes	52	10.28%
Viseu Dão-Lafões	197	38.93%
Total	506	100.00%

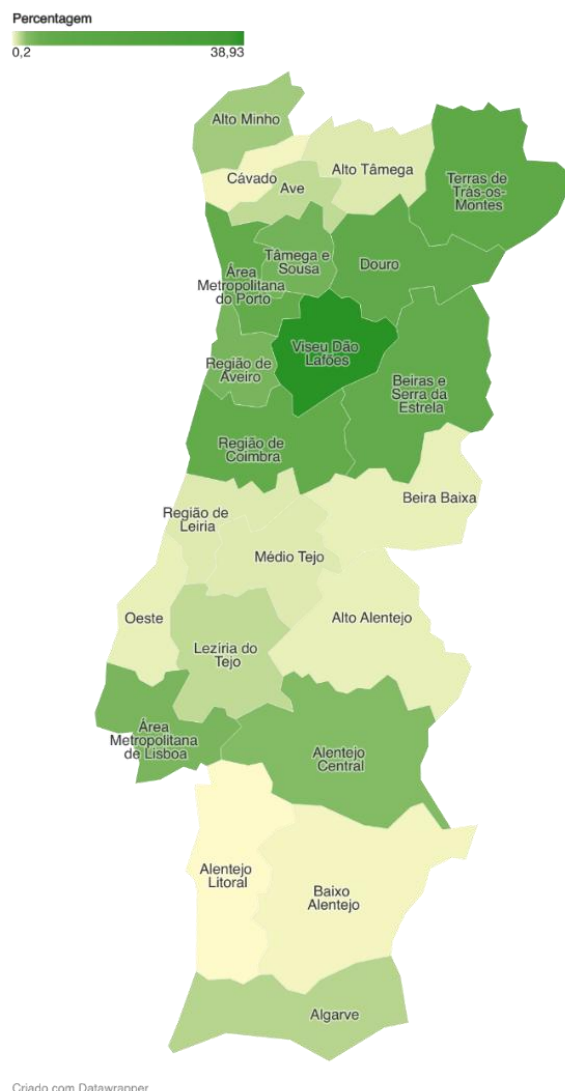


Gráfico 5 – Representação gráfica da caracterização da amostra pela sub-região em que exerce a atividade, [online](#)

Nível de utilização das várias redes de comunicações em teatros de operações

No que diz respeito à utilização das várias redes de comunicações de emergência em teatros de operações e na dificuldade de estabelecer comunicações tendo por base o Plano de Comunicações definido, 67,19% das respostas situam-se em dois níveis de frequência reduzida e sem aparente dificuldade, 33% dos APC referiram ser pouco frequente e 34,19% nem muito, nem pouco frequente, maior volume de respostas no nível intermédio da escala. Por outro lado, 18,97% referiram ser frequente e 3,95% muito frequente (Gráfico 6).

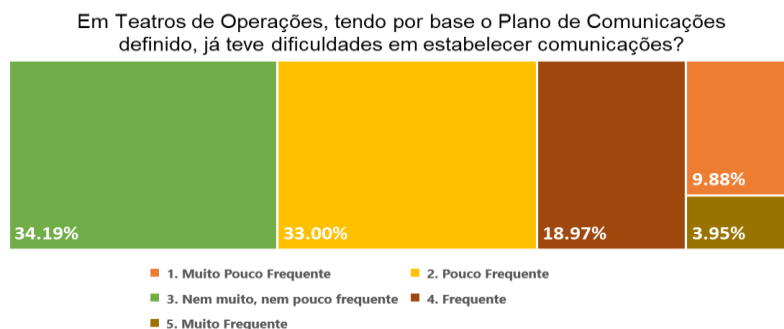


Gráfico 6 – Comunicações em cumprimento do Plano de Comunicações

Relativamente à comunicação entre APC, 40,12% das respostas situaram-se nos dois níveis mais elevados, 23,91% das respostas indicaram ser frequente e 16,21% muito frequente. Por outro lado, 22,53% indicaram ser pouco frequente e 9,09% muito pouco frequente. O nível intermédio obteve 28,26% das respostas não definindo nenhum grau de dificuldade (Gráfico 7).

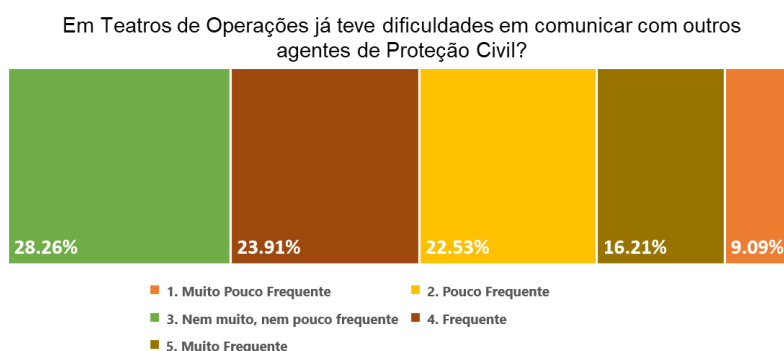


Gráfico 7 – Comunicações com outros APC

Quanto à frequência de utilização das várias redes de emergência em teatros de operações 75,61% referem ser muito frequente e frequente a utilização de rede ROB, estando as restantes respostas distribuídas pelos níveis mais baixos, 6,17% referem, muito pouco frequente, 7,19% pouco frequente e no nível intermédio 10,43% (Gráfico 8). A utilização da rede REPC destacou-se pelas maiores frequências de respostas nos níveis inferiores, 45,06% referiram ser muito pouco frequente o seu uso e 22,92% ser pouco frequente. Os níveis mais altos de frequência obtiveram uma expressão reduzida (Gráfico 9).

A utilização da rede SIRESP destacou-se pela frequência de respostas nos níveis mais elevados sendo a resposta de maior frequência, 71,74% das respostas, na utilização de forma muito frequente, o nível de resposta a seguir foi o uso de forma

frequente com 18,77% das respostas. Os níveis mais baixos obtiveram uma expressão mais reduzida (Gráfico 10).

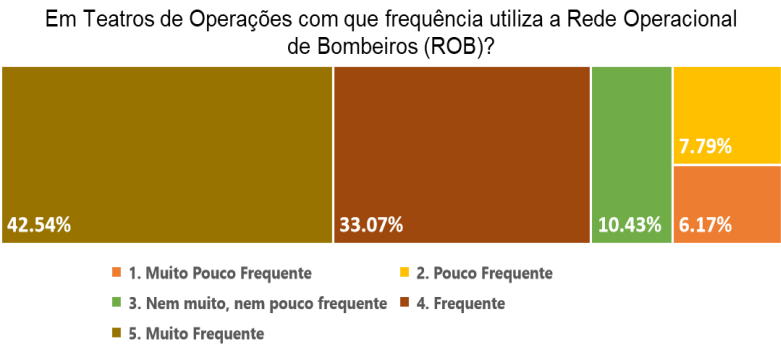


Gráfico 8 – Utilização da Rede Operacional de Bombeiros

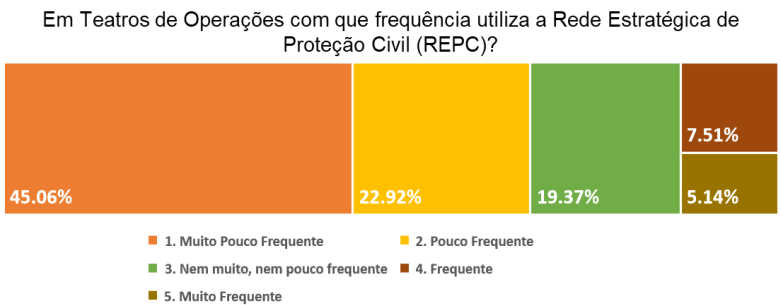


Gráfico 9 – Utilização da Rede Estratégica de Proteção Civil

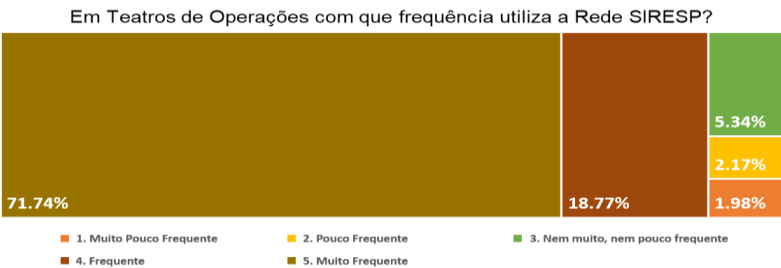


Gráfico 10 – Utilização da Rede SIRESP

Quanto à frequência de resposta relativamente à comunicação da implementação de sistemas de redundância em teatros de operações a frequência de respostas recaiu nos níveis mais baixos, onde 30,43% e 21,34% das respostas recaíram nos níveis muito pouco frequente e pouco frequente respetivamente. As frequências de comunicação de sistemas de redundância nos níveis superiores obtiveram 5,14% e 14,62% das respostas na comunicação muito frequente e frequente respetivamente. No nível intermédio recaíram a segunda maior frequência de respostas com 28,46% (Gráfico 11).

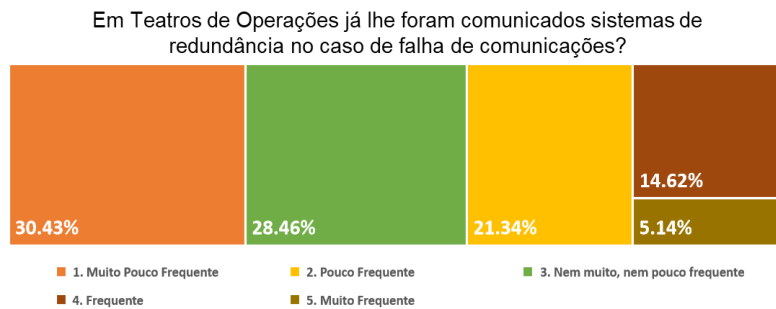


Gráfico 11 – Comunicação de Sistemas de redundância

Constrangimentos operacionais e técnicos na operação com equipamentos rádio

Em relação a constrangimentos operacionais e técnicos na operação com equipamentos rádio 57,91% dos APC referiram já ter tido dificuldades operacionais pela falta de equipamento (n=293) (Gráfico 12). Já em relação ao uso do equipamento rádio de forma correta mantendo a sua integridade, 98,42% referiram a utilização íntegra de modo a manter as melhores condições de funcionamento (n=498) (Gráfico 13).

No que concerne às dificuldades em comunicar, 66,80% referiram já ter tido dificuldade devido a falha do equipamento (n=338) (Gráfico 14), 85,57% devido a zonas sombra (n=433) (Gráfico 15), 57,51% devido à não operacionalização do Plano de Comunicações estabelecido (n=291) (Gráfico 16) e 69,96% devido ao elevado uso do/dos canais atribuídos para o teatro de operações (n=354) (Gráfico 17).

Já no que se refere à melhoria no processo de comunicação rádio desde o primeiro contacto, 82,02% referiu ter havido uma melhoria significativa no seu processo (n=415) (Gráfico 18).

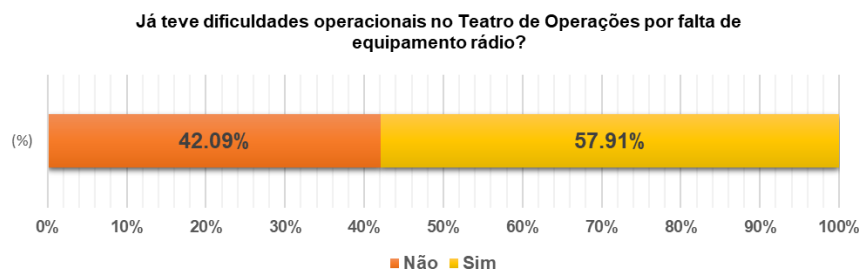


Gráfico 12 – Falta de Equipamento rádio

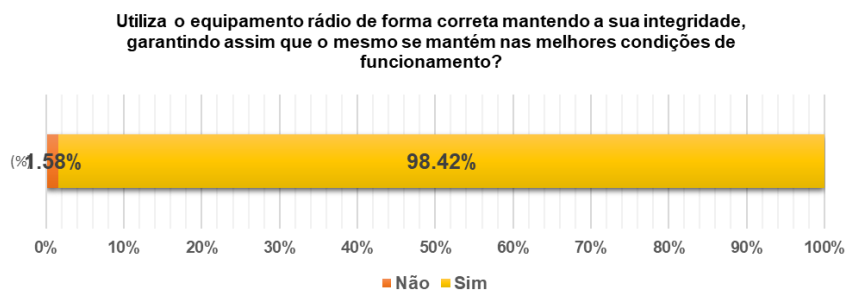


Gráfico 13 – Utilização correta do equipamento

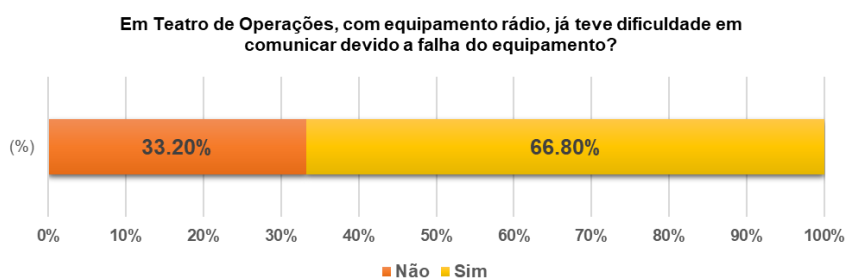


Gráfico 14 – Dificuldade de comunicação por falha de equipamento

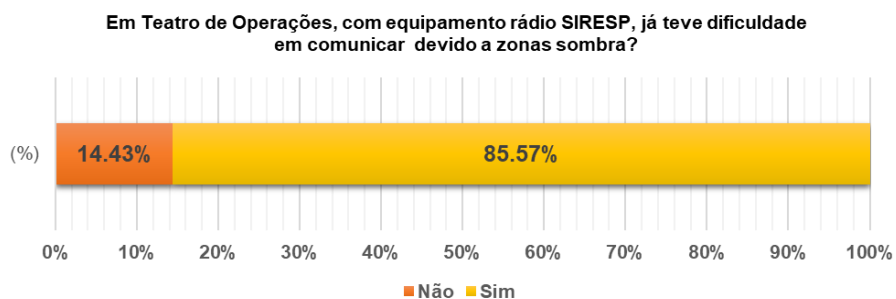


Gráfico 15 – Dificuldades devido a zonas sombra

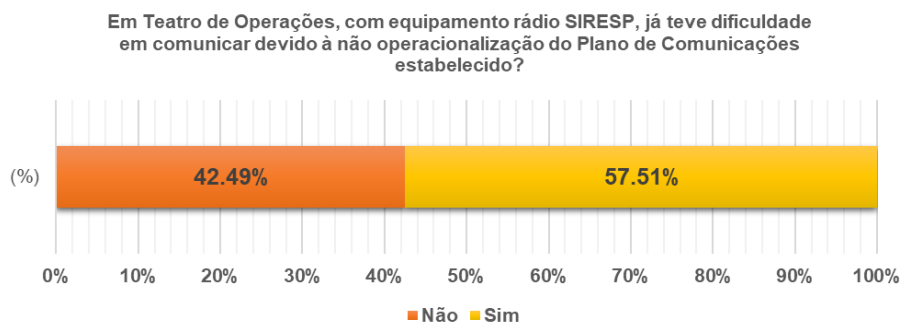


Gráfico 16 – Cumprimento do Plano de Comunicações estabelecido

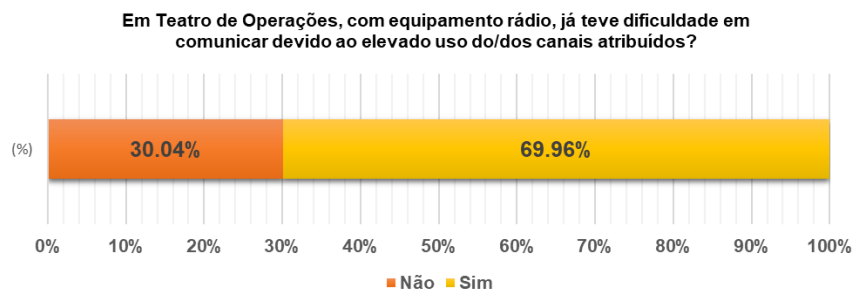


Gráfico 17 – Ocupação elevado dos canais atribuídos



Gráfico 18 – Melhoria no processo de comunicação rádio

Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal (SIRESP)

Em relação ao Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal e à sua programação base, os APC indicaram em 92,09% das respostas que os terminais utilizados estavam programados com os grupos de conversação de operações (n=466) (Gráfico 19), 84,98% referiram ter os grupos de conversação de coordenação programados (n=430) (Gráfico 20) e 73,12% referiram ter programados os grupos de conversação de interligação entre entidades (n=370) (Gráfico 21).

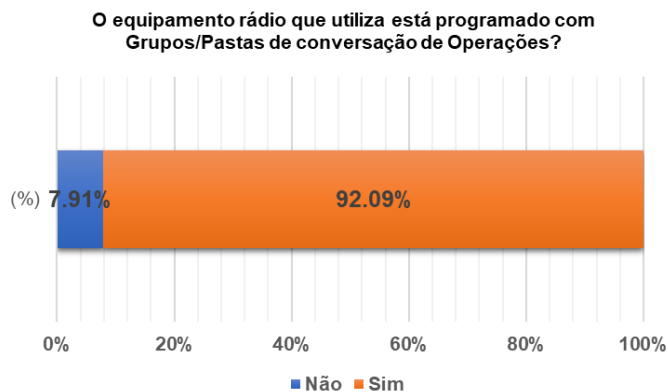


Gráfico 19 – Programação Grupos de conversação de Operações

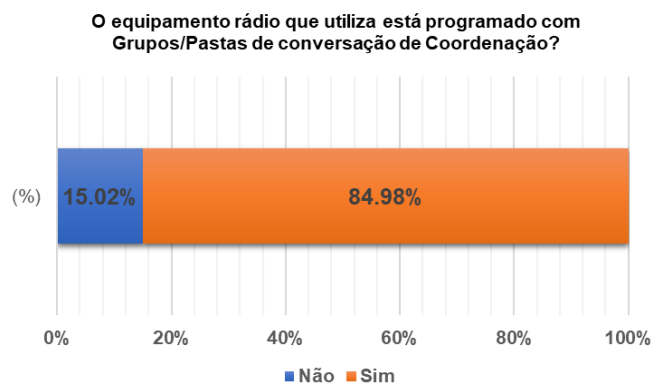


Gráfico 20 – Programação Grupos de conversação de Coordenação

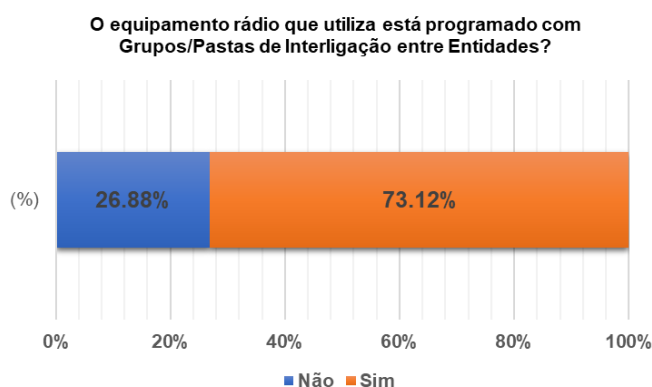


Gráfico 21 – Programação Grupos de conversação de Interligação entre Entidades

Ao nível dos modos de operação 95,06% referiram que os terminais (móveis e portáteis) que utilizam têm os vários modos de operação (n=481) (Gráfico 22), 81,23% referiram saber o que é o *Trunked Mode Operation* (TMO) (n=411) (Gráfico 23), 89,13% referiram saber o que é o *Direct Mode Operation* (DMO) (n=451) (Gráfico 24), 73,12% identificaram e referiram conhecer o modo Repeater (n=370) (Gráfico 25) e 65,81% identificaram e referiram conhecer o modo Gateway (n=333) (Gráfico 26).

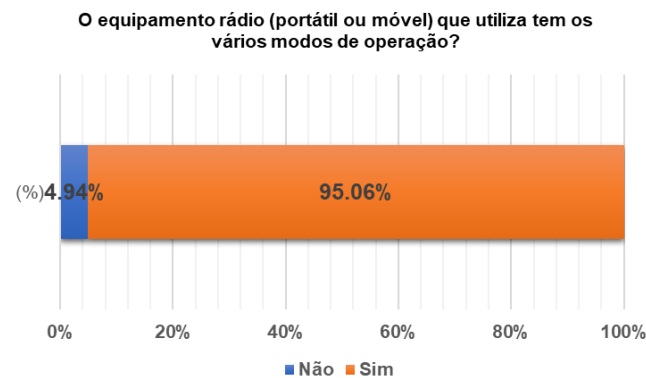


Gráfico 22 – Conhecimento sobre os modos de Operação

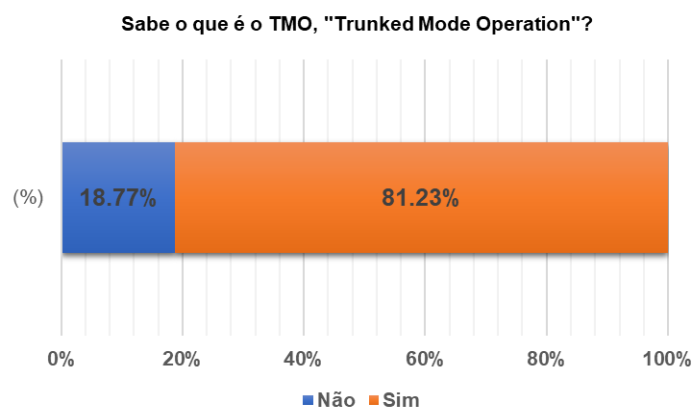


Gráfico 23 – Conhecimento sobre o modo TMO

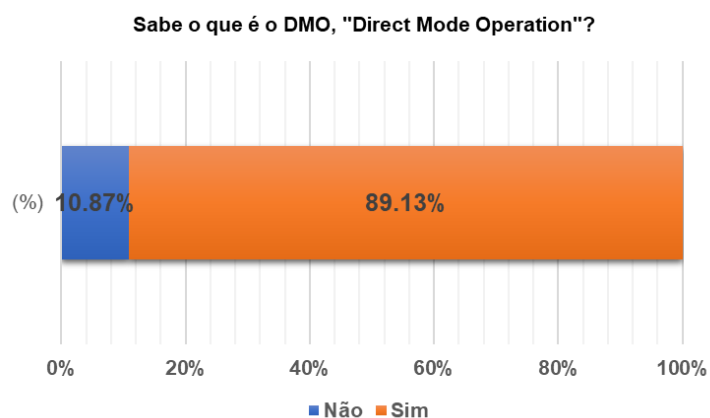


Gráfico 24 – Conhecimento sobre o modo DMO

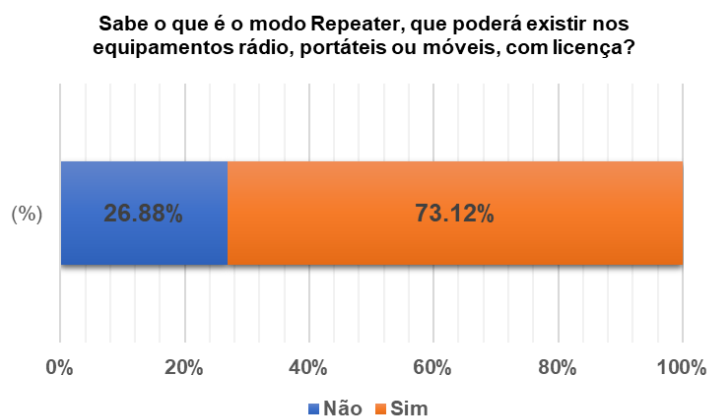


Gráfico 25 – Conhecimento sobre o modo Repeater

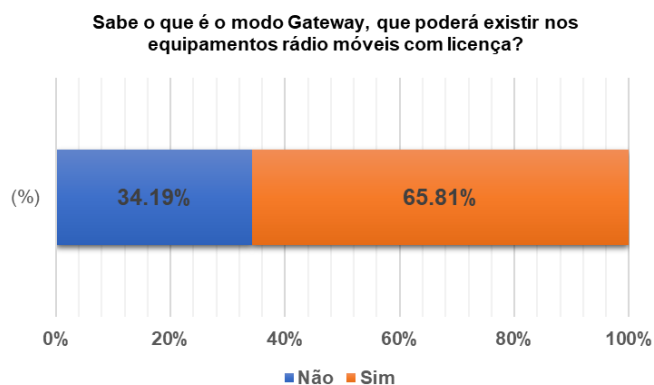


Gráfico 26 – Conhecimento sobre o modo Gateway

Em relação ao conhecimento da plataforma SIRESP GL e sobre a informação que a mesma disponibiliza, 50,99% dos APC referiram conhecer (n=258) por outro lado 49,01% referiram desconhecer a plataforma (n=248) (Gráfico 27).

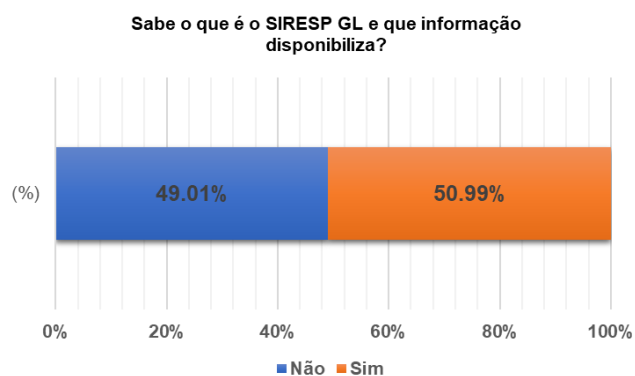


Gráfico 27 – Conhecimento sobre plataforma SIRESP GL

No que se refere às unidades móveis SIRESP e às suas capacidades e utilização, 72,73% referiram ter conhecimento das mesmas (n=368) (Gráfico 28).

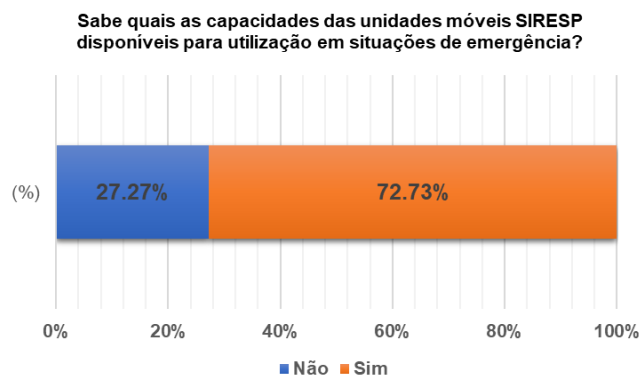


Gráfico 28 – Conhecimento sobre as Unidades Móveis

No que se refere à formação (como utilizador), 77,47% dos APC referiram já ter tido formação no âmbito das redes de comunicações (n=392) (Gráfico 29), tendo 18,58% frequentado três ou mais formações, 7,31% duas formações, 17,39% uma formação, 8,89% frequentaram workshops técnicos, 42,69% apenas instrução interna e 5,14% referiram nunca ter frequentado qualquer ação (Gráfico 30).

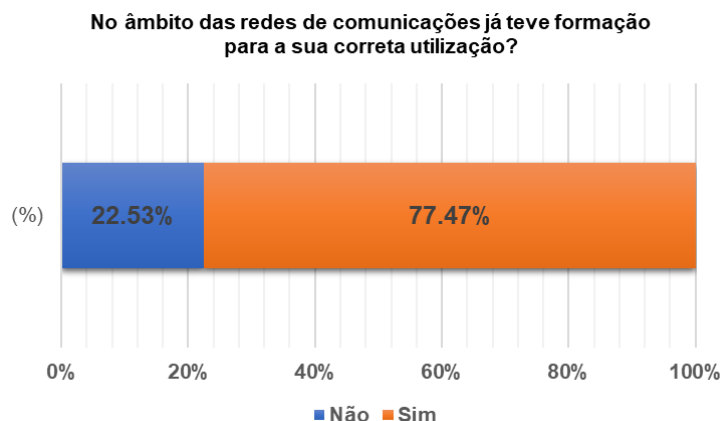


Gráfico 29 – Formação sobre redes de comunicações

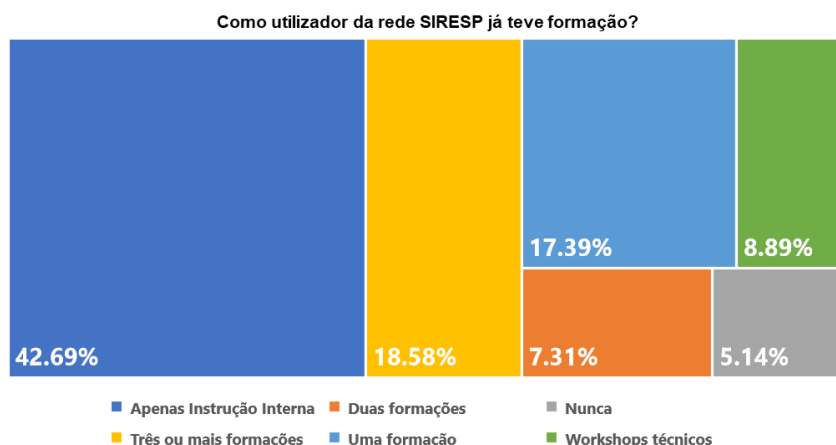


Gráfico 30 – Quantitativos de formação (como utilizador)

Aspetos de melhoria na utilização das redes de Comunicações

No questionário disponibilizado aos APC foram disponibilizadas algumas sugestões de melhoria na utilização das redes de comunicações em vários âmbitos.

No aspecto da “formação específica ao nível do uso dos vários modos de operação” (Gráfico 31), 59,29% dos APC referiram ser importantíssimo (n=300) e 25,69% muito importante (n=130). Em sentido contrário, sem opinião (n=46, 9,09%), pouco importante (n=22, 4,35%) e muito pouco importante (n=8, 1,58%).

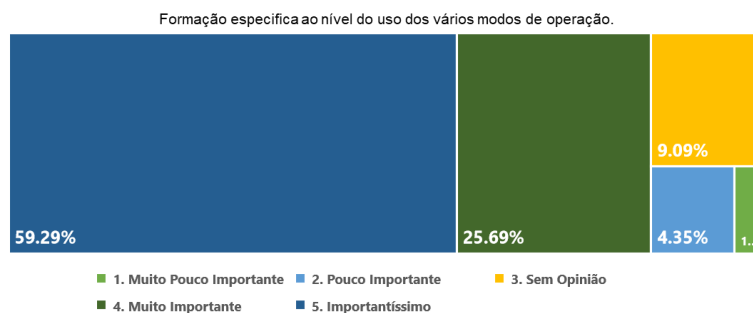


Gráfico 31 – Sugestão, formação no uso dos modos de operação

Na “Identificação inequívoca dos terminais portáteis com licença de REPEATER para uso em situações de necessidade, por falta de cobertura de rede” (Gráfico 32), 45,85% dos APC referiram ser importantíssimo (n=232) e 32,61% muito importante (n=165). Em sentido contrário, sem opinião (n=69, 13,64%), pouco importante (n=25, 4,94%) e muito pouco importante (n=15, 2,96%).

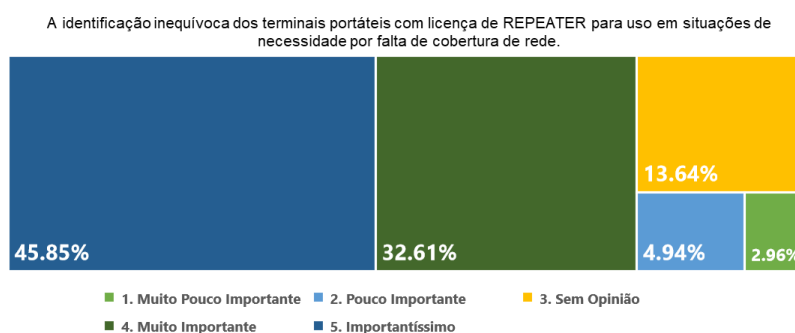


Gráfico 32 – Identificação terminais com licença Repeater

Na “Utilização dos portáteis com licença REPEATER em estruturas, exemplo um tripé, para que seja possível aumentar a sua cobertura em DMO” (Gráfico 33), 42,89% dos APC referiram ser importantíssimo (n=217) e 31,23% muito importante (n=158). Em sentido contrário, sem opinião (n=84, 16,60%), pouco importante (n=25, 4,94%) e muito pouco importante (n=22, 4,35%)

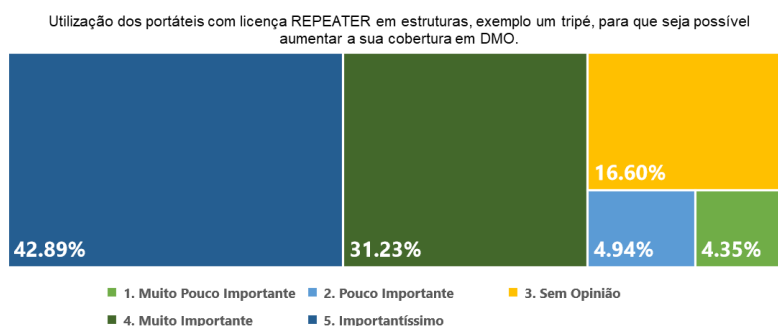


Gráfico 33 – Utilização de terminais Repeater em estruturas

Na “Implementação de malas de comunicações de emergência portáteis, com funcionamento autónomo, capacidade de REPEATER, GATEWAY e interligação com a rede ROB/REPC como redundância” (Gráfico 34), 48,42% dos APC referiram ser importantíssimo (n=245) e 27,67% muito importante (n=140). Em sentido contrário, sem opinião (n=74, 14,62%), pouco importante (n=25, 4,94%) e muito pouco importante (n=22, 4,35%).

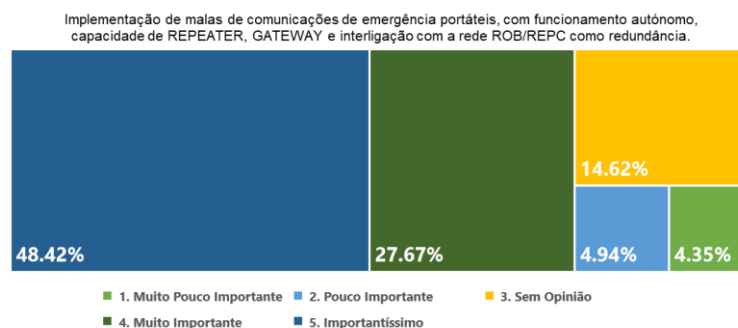


Gráfico 34 – Equipamentos portáteis e autónomos com licença Repeater e Gateway

Na “Recurso aos Sistemas de Informação Geográfica para interligar os posicionamentos dos equipamentos, Sites/antenas, altimetria e mapas de cobertura” (Gráfico 35), 50,40% dos APC referiram ser importantíssimo (n=255) e 30,63% muito importante (n=155). Em sentido contrário, sem opinião (n=55, 10,87%), pouco importante (n=23, 4,55%) e muito pouco importante (n=18, 3,56%).

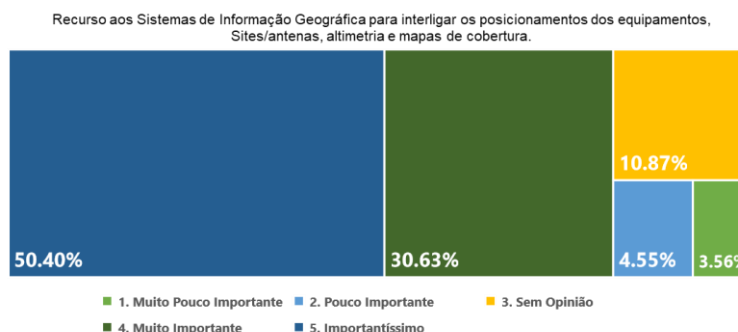


Gráfico 35 – Interligação SIG, com georreferenciação, estações base, altimetria e mapas de cobertura de rede

Na “Implementação nos planos de nível Local, Municipal, Supramunicipal, Sub-regional, Regional e Nacional das bacias de cobertura de comunicações da rede TETRA como instrumento de planeamento” (Gráfico 36), 48,02% dos APC referiram ser importantíssimo (n=243) e 33,20% muito importante (n=168). Em sentido contrário, sem opinião (n=58, 11,46%), pouco importante (n=21, 4,15%) e muito pouco importante (n=16, 3,16%).

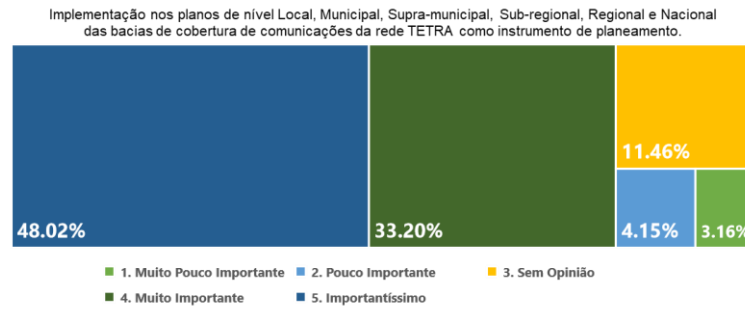


Gráfico 36 – Bacias de cobertura TETRA como instrumento de planeamento

Na “Elaboração de cartografia com os pontos ideais e estratégicos para o posicionamento de unidades móveis ou equipamentos portáteis cruzando a cobertura nacional, com a altimetria e a recorrência de ocorrências ou zonas de elevado risco” (Gráfico 37), 50,00% dos APC referiram ser importantíssimo (n=253) e 32,02% muito importante (n=162). Em sentido contrário, sem opinião (n=52, 10,28%), pouco importante (n=21, 4,15%) e muito pouco importante (n=18, 3,56%).

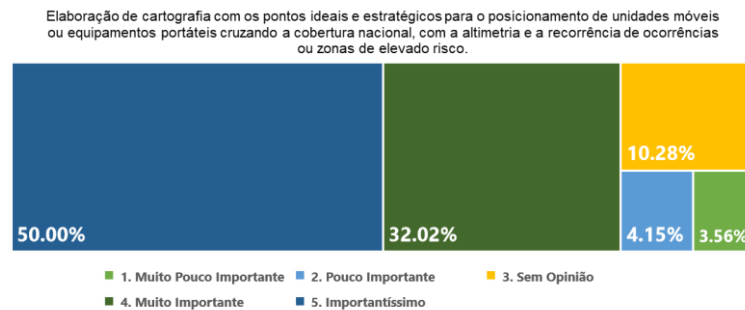


Gráfico 37 – Cartografia de apoio ao posicionamento de Estações Móveis e Portáteis

Na “Planos de comunicações com redundância e identificação do modo DMO para ser usado em caso de falha de rede” (Gráfico 38), 56,72% dos APC referiram ser importantíssimo (n=287) e 26,48% muito importante (n=134). Em sentido contrário, sem opinião (n=56, 11,07%), pouco importante (n=16, 3,16%) e muito pouco importante (n=13, 2,57%).

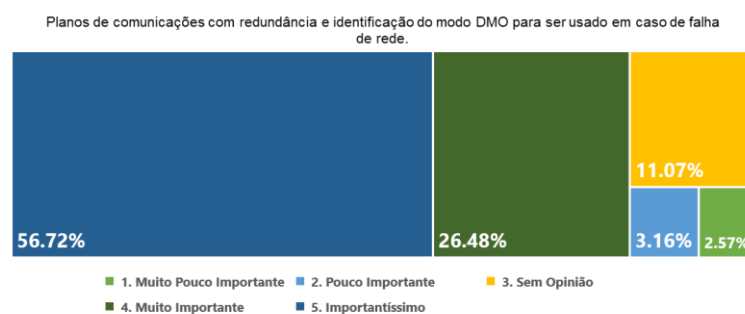


Gráfico 38 – Redundância nos planos de comunicações

Na “Implementação do modo de operação DMO em contexto de manobra e em situações complexas de proteção e socorro como zonas interiores de edifícios fazendo a interligação para o exterior com recurso a repetidores e/ou interligação à rede via Gateway” (Gráfico 39), 50,79% dos APC referiram ser importantíssimo (n=257) e 29,45% muito importante (n=149). Em sentido contrário, sem opinião (n=63, 12,45%), pouco importante (n=23, 4,55%) e muito pouco importante (n=14, 2,77%).

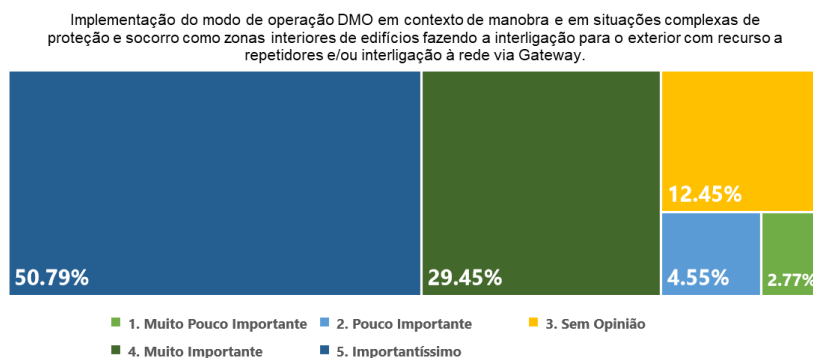


Gráfico 39 – Rentabilização do modo de operação DMO

Na “Existências de equipas multidisciplinares para acompanhamento e monitorização de grandes ocorrências para monitorizar e acompanhar as comunicações localmente apoiando a tomada de decisão” (Gráfico 40), 47,43% dos APC referiram ser importantíssimo (n=240) e 31,82% muito importante (n=161). Em sentido contrário, sem opinião (n=69, 13,64%), pouco importante (n=20, 3,95%) e muito pouco importante (n=16, 3,16%).

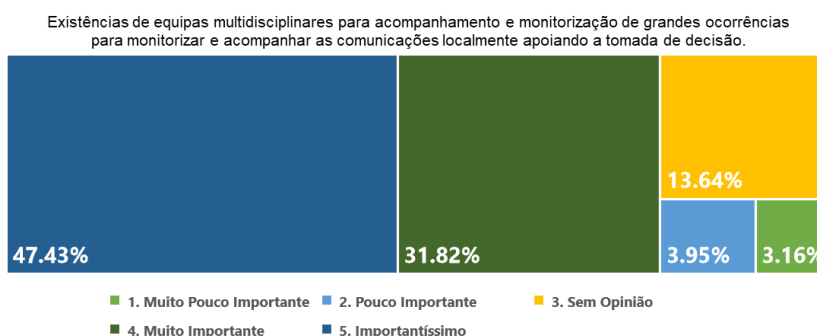


Gráfico 40 – Equipas Multidisciplinares de acompanhamento e monitorização

Na “Existência de um manual de procedimentos de operação para a rede SIRESP de âmbito Nacional e transversal a todos os utilizadores” (Gráfico 41), 56,32% dos APC referiram ser importantíssimo (n=285) e 28,06% muito importante (n=142). Em sentido contrário, sem opinião (n=48, 9,49%), pouco importante (n=19, 3,75%) e muito pouco importante (n=12, 2,37%).

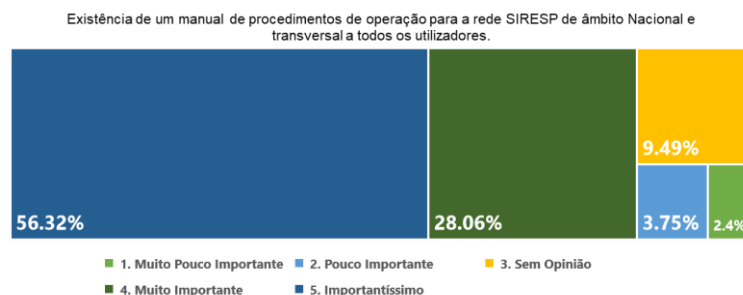


Gráfico 41 – Manual de procedimentos de operação

Na “Para grandes ocorrências haver disponíveis pastas de canais temporárias, de amplitude variável, para centralização de toda a ocorrência envolvendo todos os intervenientes no Teatro de Operações” (Gráfico 42), 49,41% dos APC referiram ser importantíssimo (n=250) e 32,21% muito importante (n=163). Em sentido contrário, sem opinião (n=61, 12,06%), pouco importante (n=18, 3,56%) e muito pouco importante (n=14, 2,77%).

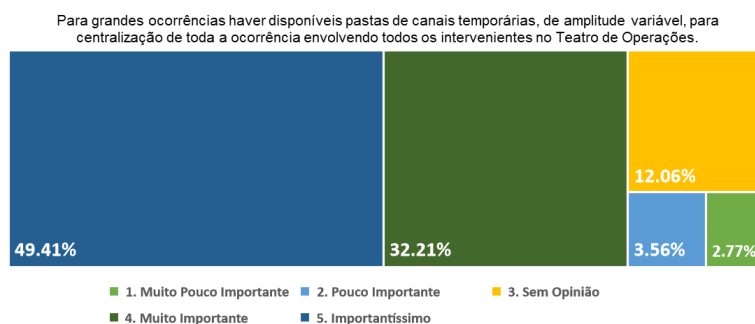


Gráfico 42 – Disponibilidade de grupos de conversação temporários

Na “Interligação da rede SIRESP em cenários de exceção à rede LTE/5G desde que a mesma garanta o que foi a finalidade da adoção do sistema TETRA” (Gráfico 43), 43,68% dos APC referiram ser importantíssimo (n=221) e 35,57% muito importante (n=180). Em sentido contrário, sem opinião (n=72, 14,23%), pouco importante (n=21, 4,15%) e muito pouco importante (n=12, 2,37%).

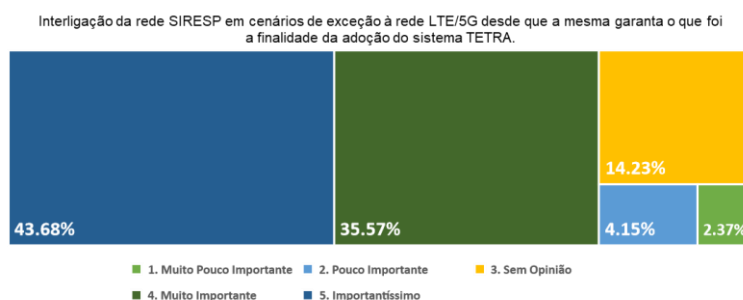


Gráfico 43 – Interligação da rede SIRESP à rede LTE/5G

CAPÍTULO 4

Discussão dos Resultados

Esta investigação tinha como objetivo aferir se as capacidades e funcionalidades das redes de emergência implementadas estão a ser rentabilizadas, exploradas e potenciadas e se a rede SIRESP será capaz de garantir os critérios definidos para a sua adoção em Portugal.

No sentido da obtenção das respostas foi elaborado um questionário, por forma a ser perceptível os níveis de utilização e quais as redes de comunicações de emergência usadas. Pretendeu-se também avaliar os constrangimentos operacionais e técnicos sentidos na utilização dos equipamentos rádio por parte dos operacionais dos mais diversos APC. Na rede SIRESP procurou-se perceber qual o nível de utilização, conhecimento das capacidades, modos de operação e níveis de formação adquiridos nos vários APC, após as falhas apontadas à sua utilização e operacionalização no ano de 2017.

No mesmo questionário foram elencadas algumas propostas de melhoria da utilização das redes de comunicações de emergência, tais como, ferramentas de apoio nos teatros de operações, de planeamento e antecipação, de monitorização e de redundância de modo a aferir a receptividade e o grau de importância e pertinência atribuído pelos vários APC.

Aferida também a necessidade de um manual de operação e procedimentos para o uso das redes de comunicações de emergência pelos vários APC, que incluía a componente teórica mais alargada assim como a componente técnica. Foi pretendido com a realização do presente trabalho de investigação dar um contributo para a sua execução como trabalho futuro.

Assim, procurou-se analisar e discutir as abordagens metodológicas que se consideraram mais adequadas, relativamente aos objetivos propostos e o seu campo de aplicabilidade.

Em termos de representatividade da amostra, a mesma alcançou a totalidade das sub-regiões de Portugal Continental, havendo ainda uma resposta do arquipélago da Madeira. o que para os resultados da investigação foi um ponto forte. Em relação às Entidades às quais pertencem os inquiridos, com a exceção da Cruz Vermelha

Portuguesa, todas tiveram representatividade no inquérito sendo os mais representativos os Corpos de Bombeiros e a Guarda Nacional Republicana.

Na utilização das várias redes de comunicações de emergência, em contexto operacional, ficou claro o uso de forma geral, por todos os APC da rede SIRESP (Tabela 7), de forma frequente e muito frequente. Na tabela seguinte é evidenciado a adoção da rede SIRESP (Gráfico 10) por todas as entidades. O somatório dos níveis mais elevados, utilização frequente e muito frequente comparando com a totalidade de respostas obtidas por cada uma das entidades ao questionário, relevou a elevada utilização da rede SIRESP.

Tabela 7 - Utilização da rede SIRESP

Entidade	Frequente	Muito frequente	Total parcial	Total por Entidade
Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC)	1	17	18	20
Corpo de Bombeiros	76	247	323	355
Guarda Nacional Republicana	1	31	32	34
Instituto da Conservação da Natureza e Florestas	1		1	2
Instituto Nacional de Emergência Médica - INEM	1	7	8	8
Outra entidade	2	8	10	11
Outros Serviços afetos ao Município	2		2	3
Polícia de Segurança Pública	3	1	4	5
Sapadores Florestais	2	7	9	11
Serviços Municipais de Proteção Civil	4	6	10	13
Unidade de Emergência de Proteção e Socorro - GNR	2	39	41	44
Total	95	363	458	506

Na rede REPC a frequência de utilização é muito baixa (Gráfico 9) com maior incidência de respostas, em muito pouco frequente e pouco frequente.

A rede ROB também é utilizada de forma muito frequente e frequente (Tabela 8) em contexto operacional o que demonstra a manutenção do uso da rede em vários APC com maior incidência nos Corpos de Bombeiros.

Tabela 8 - Utilização da rede ROB

Entidade	Frequente	Muito frequente	Total Geral	Total Por Entidade
Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC)	4	6	10	20
Corpo de Bombeiros	117	121	238	355
Guarda Nacional Republicana	1		1	34
Instituto Nacional de Emergência Médica - INEM		1	1	8.
Outra entidade	4	3	7	11
Outros Serviços afetos ao Município		1	1	3
Sapadores Florestais	4	4	8	11
Serviços Municipais de Proteção Civil	5	1	6	13
Unidade de Emergência de Proteção e Socorro - GNR	3	5	8	44
Total Geral	138	142	280	506

Na utilização das várias redes de emergência a rede SIRESP é a que tem maior frequência de utilização vindo demonstrar a sua adoção como sendo a rede preferencial para o cumprimento das suas missões.

Ao nível de sistemas de redundância (Gráfico 11) em teatros de operações como alternativa à rede SIRESP a maioria das respostas incidem nos níveis mais baixos, pouco frequente e muito pouco frequente havendo um número elevado de respostas em que não é comunicada a existência de redundância.

Analisando os dados pelos níveis de utilização das redes de emergência com as questões referentes aos problemas de comunicação com outros agentes de proteção civil verifica-se a existência de alguma dificuldade de comunicações entre os utilizadores. Tendo por base o plano de comunicações, maioritariamente os utilizadores responderam não ter dificuldade ou ser pouco frequente a existência de dificuldades.

Assim, podemos referir que a rede SIRESP foi adotada como a principal rede de comunicações de emergência, havendo uma baixa implementação de sistemas de redundância, logo não sendo possível suprimir os constrangimentos operacionais em caso de necessidade, de forma célere e eficiente.

Reconhecendo o grau de utilização das redes de comunicações de emergência, importa aferir a existência de constrangimentos operacionais e técnicos na operação com os terminais rádio. A maioria dos utilizadores referiu utilizar os equipamentos de forma correta mantendo a sua integridade, contudo são identificadas dificuldades por falha do equipamento, por falta de equipamento, um valor elevado por existência de zonas sombra, pelo incumprimento e operacionalização do plano de comunicações e pela elevada ocupação do canal ou o grupo de conversação estabelecido. Em sentido contrário os utilizadores na sua maioria entendem que houve uma melhoria e evolução significativa no processo de comunicações rádio tendo por base a sua própria utilização.

Ao nível do conhecimento sobre a rede SIRESP as respostas demonstram um elevado conhecimento em relação aos modos de operação, em relação à programação, grupos de conversação, a existência dos modos *repeater* e *gateway* e das unidades móveis, conhecimento muito importante na dinâmica de materialização e operação na rede.

Inferindo a frequência de presenças em formação para a correta utilização das redes de comunicações a maioria referiu já ter frequentado ações de formação e instrução, sendo a instrução interna a de maior frequência, em sentido oposto

aproximadamente 5% refere nunca ter tido qualquer formação. Apesar de ser um número muito baixo, o facto de haver utilizadores das redes de telecomunicações que nunca tiveram formação, leva a afirmar a necessidade de investimento por parte das diversas entidades para suprimir esta falha.

Mais de 75% dos utilizadores refere ser pelo menos muito importante a implementação de melhorias na utilização das redes de comunicações de emergência tais como: a formação específica ao nível do uso dos vários modos de operação; a identificação inequívoca dos terminais portáteis com licença *repeater* para o seu uso em situações de necessidade, assim como, a implementação de acessórios para a ampliação de cobertura; o uso de malas de comunicações de emergência autónomas com licença de *gateway* e *repeater* e interligação com a rede ROB e REPC; a produção de cartografia de apoio operacional e de planeamento com a localização das infraestruturas de rede, estações base; a produção de cartografia com as bacias de cobertura de rede como instrumento de planeamento de modo a que seja possível definir os locais de posicionamento, em caso de necessidade operacional, conjugados com o risco de ocorrência e a recorrência de ocorrência; reestruturação dos planos de comunicações com a inclusão do modo DMO e outros sistemas de redundância; a implementação do modo de operação DMO em cenários complexos no nível de manobra, incluído o uso de *repeater* e se necessário interligar com a rede o uso conjugado do *gateway*; a existência de equipas multidisciplinares de acompanhamento e monitorização das redes de comunicações em grandes ocorrências para apoio à gestão da ocorrência e apoio à tomada de decisão; a possibilidade de haver a programação de pastas temporárias de grupos de canais de amplitude variável para centralização de toda a ocorrência e que envolva todas as Entidades; a existência de um manual de procedimentos de operação para a rede SIRESP de âmbito Nacional e transversal a todos os utilizadores; e interligação com a rede LTE/5G desde que a mesma garanta os princípios de operação e funcionamento estabelecidos para o funcionamento da rede SIRESP.

Todos os aspetos de melhoria indicados no questionário foram maioritariamente identificados como muito importantes e importantíssimos, denotando uma necessidade efetiva de algumas alterações que possam ser encaradas como facilitadoras na utilização da rede SIRESP, principalmente nos cenários de exceção onde o conhecimento adquirido terá um peso enorme.

Apesar de haver um nível de formação / instrução razoável na amostra, também se identificam algumas necessidades em algumas áreas como os modos de operação e as potencialidades do seu uso efetivo principalmente o *gateway* e *repeater*.

A conjugação do conhecimento académico com o conhecimento técnico poderá dar um grande contributo ao que será o futuro das redes de emergência em Portugal, tal como, a interligação segura com outras redes e o desenvolvimento de novas plataformas de apoio às entidades utilizadoras.

O uso ou simplesmente o conhecimento do SIRESP GL também terá que ser melhorado, tendo havido perto de 50% dos inquiridos que referiram desconhecer a plataforma e a informação que a mesma pode disponibilizar.

Só com o uso de forma equilibrada das redes de comunicações de emergência poderá haver a capacidade de intervenção de forma segura, sustentada e eficiente, permitindo assim que todos os utilizadores operem sobre as mesmas diretrizes. Desta forma, todo o sistema de comunicações irá manter-se operacional e com capacidade plena para as funções que lhe estão afetas e para as quais foi implementado no território.

Importa referir que a rede SIRESP, a mais utilizada, está suportada numa infraestrutura única e comum a todos os seus utilizadores pelo que o seu uso de forma criteriosa, responsável e eficiente irá permitir que todos possam coabitar na mesma infraestrutura e dar cumprimento às suas missões.

Algumas das dificuldades identificadas na comunicação entre os agentes de proteção civil poderão ser suprimidas com a melhoria da interoperabilidade da rede SIRESP, a disponibilização de grupos de conversação temporários para uma ocorrência que o justificasse, vinculada ao plano de comunicações e sobre gestão operacional do Posto de Comando Operacional, seria uma forma de retirar grupos de conversação da ocorrência afiliados às estações base próximas, evitando assim a ocupação das *Time Slots*, deixando-as disponíveis para os grupos de conversação da ocorrência.

Estando a maioria das estações base da rede SIRESP equipadas com equipamento MTS2 com duas *Time Slot*, estarão disponíveis oito canais, sendo um canal afeto ao controlo e gestão das *Time Slot* ficarão disponíveis sete canais para conversação. Assim, se estiverem afiliados na mesma estação base oito agentes de proteção civil cada um com o seu grupo de conversação e se todos decidirem comunicar em simultâneo através do seu equipamento haverá um ao qual a rede irá dar a indicação de rede ocupada, ficando a aguardar disponibilidade de rede para efetuar a comunicação.

A utilização da rede implica o seu uso de forma cuidada e precisa, de modo que seja possível ir minimizando estes constrangimentos até haver a possibilidade de existir um aumento da capacidade de comunicação e um maior rigor nos níveis de operação e gestão dos planos de comunicações.

Considerações Finais

Será de elevada importância a utilização, por parte de todos os agentes de proteção civil, de uma rede dedicada às comunicações de emergência no âmbito das missões de Proteção Civil, permitindo um contacto próximo de todos os intervenientes, garantindo assim a interligação e a interoperabilidade, por consequência do sucesso nas operações.

É evidente a separação que deve haver na utilização de uma infraestrutura única de comunicações. A natureza das missões dos vários utilizadores assim o obriga, contudo, e para que a rede seja eficiente há momentos em que terá de haver a interligação entre os vários agentes de proteção civil. Essa situação nem sempre é possível em tempo oportuno e de forma breve a coordenação institucional, levando a que haja um processo mais lento e menos eficaz. Basta fazer uma pequena reflexão e perceber os critérios da adoção da rede TETRA em Portugal, estabelecimento rápido de chamadas, menor que 300 ms, comunicações fiáveis e de alta qualidade, alta velocidade de transmissão de dados, definição de níveis de prioridade de acesso à rede, basta estes para se reconhecer que a norma TETRA é vencedora para comunicações missão-crítica.

Os recursos são partilhados pelo que terá que haver um maior rigor e cuidado na sua utilização, assim e dando cumprimento às terminologias utilizadas na Resolução de Conselho de Ministros n.º 56/2023, de 08 de abril, que estabelece e designa a Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal, no seu ponto 1 estabelece que, a rede, “permita a interoperabilidade entre as diversas forças e serviços em caso de emergência” e “que permita a centralização do comando e da coordenação” (RCM, 2003).

Face ao exposto, podemos dizer que a base da sua criação e definição de operabilidade estava correta, contudo na materialização efetiva nem sempre foi possível implementar estes procedimentos.

Foram identificadas várias falhas nos últimos anos em relação à rede SIRESP, já elencadas anteriormente, contudo, importa em algumas delas pensar o que poderia ser diferente, por exemplo, se a partilha de grupos de conversação entre entidades de forma temporária em contexto efetivo de uma ocorrência de grande envergadura seria diferente.

Por outro lado, reiterado pelo questionário que foi realizado para consubstanciar a dissertação verifica-se o uso em primeira prioridade e em alguns casos como único meio de comunicação a rede SIRESP, pelo que é de elevada importância o uso de alguns

princípios na sua utilização como a organização, método, disciplina, critério, brevidade, rigor, conhecimento e treino. As recomendações de pouco valerão se o capital humano e o seu desenvolvimento não acompanharem a evolução tecnológica.

Cada vez mais, as entidades utilizadoras das redes de comunicações de emergência começam a ter operacionais com conhecimentos técnicos mais aprofundados nesta área devendo, estes, serem potenciados e instruídos para apoiar a operacionalização das células de comunicações e em situações de crise estarem na “linha da frente” no apoio à tomada de decisão e monitorização das redes de comunicações de emergência.

CAPÍTULO 5

Conclusões

Após a análise dos dados recolhidos nesta investigação, o cruzamento com a revisão da literatura que suporta este trabalho e a utilização diária das redes de telecomunicações de emergência, é possível afirmar que o trabalho desenvolvido nas diversas entidades está bem feito, mas carece sempre de investimento, técnico, tecnológico e conhecimento por parte dos seus operacionais. A realização deste trabalho apresenta sugestões de melhoria e pretende deixar a devida margem para um futuro trabalho académico na continuidade do tema e assim ser um contributo para o aperfeiçoamento das redes de comunicações de emergência em Portugal.

Os eventos de extrema gravidade e magnitude são cada vez mais frequentes colocando à prova todos os envolvidos assim como, os recursos que são utilizados, havendo assim a necessidade de aumentar a sua capacidade, resiliência e redundância. As redes de comunicações de emergência de Portugal terão que fazer esse acompanhamento e acompanhar toda a evolução que foi acontecendo, com prejuízo de não tirarem o maior e mais correto aproveitamento das redes e das suas potencialidades. Não podemos nunca esquecer que é uma infraestrutura essencial, única e partilhada por muitos agentes de proteção civil e agentes de segurança logo é imperativo que o conhecimento e manipulação sejam similares a todos.

Assim, as comunicações nas operações de proteção e socorro são, sem dúvida, um dos pilares de sucesso nas operações, envolvendo todos os agentes de proteção civil e as entidades com especial dever de cooperação.

O bom funcionamento, o bom conhecimento e o manuseamento com o mínimo de falhas possível, assim como a sua eficácia e eficiência, poderão atenuar os efeitos dos acidentes graves ou catástrofes minimizando os danos para a vida humana, para os bens patrimoniais e para o meio ambiente.

Com a realização do presente trabalho identificam-se as redes de maior utilização pelos agentes de proteção civil, tendo sido verificada a utilização da rede SIRESP como a principal rede de resposta às situações operacionais. Foram identificados alguns constrangimentos no seu uso nomeadamente no que se refere à partilha e interligação entre entidades, havendo ainda dificuldades de operacionalização desta partilha. Em teatros de operações de maior complexidade torna-se constrangedor assistir-se a

entidades que não estabelecem comunicação via rádio entre si perdendo tempo nas deslocações aos postos de comando ou na transmissão de informações das chefias para quem está a trabalho no terreno. Este constrangimento ao não ser limitado irá continuar a sobrecarregar as estações móveis que estiverem a suportar as comunicações de uma grande ocorrência devido ao elevado número de grupos de conversação em uso.

Também se identificam alguns constrangimentos nos processos de comunicação devido a falha do equipamento, devido a zonas sombra, devido ao não cumprimento do plano de comunicações e ao elevado uso/ocupação dos canais atribuídos, como foi constatado no questionário.

Ao nível do conhecimento, como foi constatado no questionário os níveis de formação adquirida são quase em metade das respostas apenas instrução interna, por outro lado um número muito pequeno referiu nunca ter feito qualquer formação ou instrução.

Assim, de modo a minimizar algumas das questões acima referidas e materializadas com o estudo efetuado no presente documento sobre as redes de comunicações de emergência, são apresentadas como propostas de melhoria e rentabilização das redes, as seguintes medidas:

- A formação em telecomunicações deverá incluir mais informação técnica de suporte à sustentação da componente mais teórica da formação;
- Continuar o desenvolvimento de formações online do tipo MOOC, seguindo o exemplo da que foi disponibilizada pela Escola Nacional de Bombeiros sobre o SIRESP, M1170-Telecomunicações TETRA, com componentes mais técnicas que reforcem as capacidades dos vários utilizadores das redes de comunicações, (ROB, REPC, TETRA, RASA);
- Atualização da documentação de suporte às redes de comunicações de emergência com a adequação das novas terminologias institucionais, entidades utilizadoras, organização geográfica e procedimentos de atuação em cada uma das redes;
- Identificação e implementação de procedimentos de atuação em situações de operações de proteção civil no nível de manobra, com os modos de operação DMO, DMO-Repeater e Repeater-Gateway, principalmente em âmbito urbano;

- Desenvolvimento e implementação de manual de procedimentos de operação para as redes de comunicações de emergência de âmbito Nacional e transversal a todos os utilizadores;
- Alteração da documentação de apoio às operações, nomeadamente o PLACOM com o incremento dos sistemas de redundância a atribuir;
- Disponibilização dos mapas de cobertura de rede para que sejam cruzados com as zonas de maior recorrência de ocorrência e de risco mais elevado;
- Utilização das bacias de cobertura de comunicações como instrumento de planeamento documental, mas também de apoio à identificação dos locais estratégicos de posicionamento de uma unidade móvel em caso de necessidade;
- Disponibilidade de acesso à plataforma SIRESP GL pela entidade utilizadora e ser possível agregar informação operacional ou mesmo técnica em relação aos terminais SIRESP, pedidos de desativação temporários ou permanentes de terminais, acesso ao mapa de rede SIRESP da entidade e identificação de zonas com falhas de cobertura, ampliar o processo formativo da plataforma SIRESP GL, tendo no desenvolvimento da investigação sido demonstrado um elevado grau de desconhecimento da plataforma pelos vários APC;
- Disponibilização de grupos de conversação temporários para ocorrências de elevada magnitude e complexidade;
- Existência de equipas multidisciplinares para acompanhamento e monitorização, por proximidade, das redes de comunicações de emergência em teatros de operações de elevada magnitude e complexidade;
- Implementação de aplicação SIG com a possibilidade de carregamento do nível de RSSI georreferenciado de modo a constituir um mapa de calor dos níveis de cobertura de rede, a ligação a estação base e a identificação da disponibilidade das três estações base de melhor cobertura.

Concluimos, portanto, que a rede SIRESP, sendo o sistema de telecomunicações de emergência por excelência, deverá continuar o seu desenvolvimento e crescimento tecnológico com a interligação com outras redes existentes de modo que possa ser possível a complementaridade e a resposta aos novos desafios no âmbito da segurança, da proteção e do socorro. Assume-se também a premente necessidade de formação e

instrução por parte dos diversos operacionais das diversas entidades utilizadoras destas redes como forma de suprimir lacunas e falhas na operacionalização em emergência.

Com a elaboração deste trabalho de investigação pode afirmar-se que a academia pode ter um contributo importante na melhoria das condições de utilização das redes, bem como na formação dos operacionais e no conhecimento técnico do funcionamento de um sistema de comunicações que, não sendo complexo, tem a sua necessidade de estudo e investimento por parte de todos.

Na execução da investigação surgiram algumas limitações do estudo nomeadamente a dificuldade de identificação das estações pela informação disponibilizada pelos terminais rádio levando a que o estudo de caso tenha sido mais limitado geograficamente. Com a ampliação da captura de pontos de recolha não iria ser possível relacionar as estações base em que não são conhecidas as suas localizações e a sua identificação, são entendidas estas limitações pelas questões de segurança associadas à rede SIRESP, limitativas também em outras áreas também identificadas no documento.

Uma outra limitação ao estudo foi o tempo de execução do questionário que levou a que a obtenção de dados ficasse reduzida a 506 respostas válidas, contudo e como ponto forte, geograficamente foi possível alcançar todas as vinte e três Sub-regiões de Portugal Continental, como consequência foi elaborado um mapa com os dados recolhidos por Sub-região.

Recorrendo aos dados obtidos pelos questionários relativamente aos níveis de utilização das redes de comunicações de emergência, que refletem a utilização de forma recorrente da rede SIRESP entende-se que o estudo de caso efetuado, com recurso aos valores de RSSI, poderá evoluir para uma área geográfica mais alargada, um Município ou uma Sub-região como exemplo, de modo a que possa consubstanciar os dados reais das estações base, esta metodologia poderá ainda, incorporar os dados da recorrência de ocorrências ou de probabilidade das mesmas poderem ocorrer e assim poder ser usada como ferramenta de planeamento. Esta possibilidade poderá ser explorada em investigações futuras de modo a que seja possível dar continuidade ao trabalho de investigação já realizado. Podendo ainda esta metodologia ser incorporada num manual de procedimentos de operação para as redes de comunicações de emergência.

Referências Bibliográficas

Agroportal. (28 de abril de 2021). *Agroportal*. (Agroportal) Obtido em 26 de novembro de 2023, de Agroportal: <https://www.agroportal.pt/siresp-a-rede-de-comunicacoes-de-emergencia-marcada-por-varias-polemicas-desde-o-inicio/>

Ana Aguiar, A. N. (Julho de 2017). *Estudo do funcionamento do SIRESP – Parte I*. SGMAI.

ANACOM. (2022). *Plano Estratégico do Espectro*. ANACOM.

ANEPC. (2010). *Norma de Execução Permanente - NEP/8/NT/2010*. Carnaxide: ANPC.

ANEPC-PROCIV. (04 de janeiro de 2023). *ANEPC - Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil*. Obtido em 15 de setembro de 2023, de <https://prociv.gov.pt/pt/noticias/04012023-comandos-sub-regionais>

APDC, D. B. (dezembro de 2022). *Comunicações N.º 244*. Obtido de Yumpu: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/67461139/comunicacoes-244-missao-refundar-a-rede-siresp>

Bakaric, S., Bratkovic, M., Bratkovic, D., & Grga, V. (2005). *TETRA (terrestrial trunked radio) - technical features and application of professional communication technologies in mobile digital radio networks for special purpose services*. p. 307-310.

Carvalho, C. L., & Campos, S. (2022). O que é a FEB Monitorização e como tem ajudado no combate aos incêndios? *SIC Notícias*, <https://sicnoticias.pt/especiais/incendios-em-portugal/2022-07-16-O-que-e-a-FEB-Monitorizacao-e-como-tem-ajudado-no-combate-aos-incendios--3cf232ea>.

Castro, C. F. (2006). *Comunicações Vol. VI - 3,ª Edição*. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros.

Comms, C. (17 de novembro de 2023). *Critical Comms*. (Critical Comms) Obtido em 22 de novembro de 2023, de Critical Comms: https://www.criticalcomms.com.au/content/industry/news/etsi-agrees-to-release-tetra-algorithms-to-the-public-domain-652092167?utm_campaign=24%2F11%2F2023%20Critical%20Comms&utm_cont

ent=ETSI%20agrees%20to%20release%20TETRA%20algorithms%20to%20the%20public%

Coutinho, C. (2011). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: teoria e Prática*. Almedina.

Crespo, T. C. (2023). *Análise e Proposta de Revisão da Manutenção da Tecnologia SDH na Automação e Telecontrolo da Rede Elétrica*. Coimbra: ISEC.

Critcomms, T. (2019). *PPDR Roadmap dor evolutioni from LMR/PMR to 4G/5G*. Newcastle: TCCA.

Cryptomuseum. (30 de julho de 2023). *cryptomuseum*. Obtido em 25 de setembro de 2023, de Cryptomuseum: <https://www.cryptomuseum.com/radio/tetra/>

Decreto-Lei n.º 45/2019, d. 0. (2019). *Aprova a orgânica da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil*. Diário da República.

Despacho n.º 10970-A/2022, d. 0. (2022). *Determina a entrada em funcionamento das estruturas sub-regionais da ANEPC e prevê a entrada em funcionamento de cinco comandos sub-regionais, em regime piloto*. Diário da República.

D'Hainaut, L. (1990). *Conceitos e Métodos da Estatística*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Emmerl. (n.a.). *Emmerl*. (Emmerl) Obtido em 15 de novembro de 2023, de Emmerl: <https://www.emmerl.de/bos/eigenentwicklungen/repeaterstativ>

ENB. (ND). *Elearnig ENB*. (Escola Nacional de Bombeiros) Obtido em 25 de novembro de 2023, de Escola Nacional de Bombeiros: <https://elearnig.enb.pt>

ETSI. (2000-12). *TETRA - Technical requirements for DMO; Part 7; Type 2 repeater air interface; EN 300 396-7 V 1.2.1*. ETSI.

ETSI. (2006-05). *TETRA - Technical requirements for DMO; Part 4; Type 1 repeater air interface; EN 300 396-4 V 1.3.1*. ETSI.

ETSI. (2006-05). *TETRA; Technical requirements for DMO; Part 5: Gateway air interface; EN 300 396-5 V 1.2.1*. ETSI.

ETSI. (2009). *TETRA Voice Plus Data; Part 1: Genral network design; EN 300 393-1 V1.4.1*. ETSI.

ETSI. (2010). *TETRA; Voice plus Data; Part7: Security; EN 300 392-7; V3.2.0*. ETSI.

feuerwehr-parkstetten. (11 de abril de 2016). *feuerwehr-parkstetten*. (feuerwehr-parkstetten) Obtido em 20 de novembro de 2023, de feuerwehr-parkstetten: <https://www.feuerwehr-parkstetten.de>

Flick, U. (2009). *Desenho da pesquisa qualitativa*. Artmed.

Geraldes, C. J. (março 2018). *Redes de Comunicações de Emergência e Segurança*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA.

GmbH, P. (2023). *Piciorgros GmbH*. (Piciorgros GmbH) Obtido em 20 de novembro de 2023, de Piciorgros GmbH: https://www.tetramodem.com/fileadmin/documents/Dokumentations/TTS-2000_E.pdf

Independente, C. T. (2017). *Análise e apuramento dos factos relativos aos incêndios que ocorreram entre 17 e 24 de junho 2017*. Assembleia da Republica.

Independente, C. T. (2018). *Avaliação dos Incêndios ocorridos entre 14 e 16 de outubro de 2017 em Portugal Continental*. Assembleia da República.

INEM. (19 de julho de 2018). *INEM*. (INEM) Obtido em 28 de setembro de 2023, de INEM: <https://www.inem.pt/2018/07/19/inem-melhora-sistema-informatico-dos-codu-visando-reforcar-assistencia-aos-cidadaos/>

Izquierdo, D. T. (2012). *PLANIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE RED TETRA PARA LA PROVINCIA DE ZARAGOZA - Solución de interoperabilidad con otras redes celulares*. Zaragoza : Universidad de Zaragoza .

Microsoft. (2021). *Criar uma Tabela Dinâmica para analisar dados de uma folha de cálculo*. (Microsof) Obtido em 5 de dezembro de 2023, de Criar uma Tabela Dinâmica para analisar dados de uma folha de cálculo: <https://support.microsoft.com/pt-pt/office/criar-uma-tabela-din%C3%A2mica-para-analisar-dados-de-uma-folha-de-c%C3%A1lculo-a9a84538-bfe9-40a9-a8e9-f99134456576>

Motorola. (2022). *Dimetra TETRA infrastructure Software Features*. Motorola Solutions.

NOP, 1. (2018). *Organização das comunicações em operações de proteção e socorro*. Carnaxide: ANEPC.

Propagação aberta. (06 de janeiro de 2012). Obtido em 15 de setembro de 2023, de O que é um repetidor?: <http://propagacaoaberta.com.br/o-que-e-uma-repetidora-para-que-serve-e-como-funciona/>

Qsfptek. (12 de dezembro de 2021). *Qsfptek*. (qsfptek) Obtido em 05 de outubro de 2023, de qsfptek: <https://www.qsfptek.com/qt-news/half-duplex-vs-full-duplex-vs-simplex-transmission-mode.html>

RCM, n. (2003). *Resolução do Conselho de Ministros n.º 56*. Diário da República.

Rebelo, D. R. (novembro 2019). *Projecto de uma Rede TETRA de Emergência e Segurança para a Ilha de São Miguel*. IST.

Resources, A. (2020). *Sistemas e Rádios TETRA Motorola Solutions*. (Advanced Resources) Obtido em 22 de setembro de 2023, de Advanced Resources: <https://aresources.pt/radios-tetra/>

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. Person Education.

SGMAI. (14 de fevereiro de 2018). *SGMAI*. (SGMAI) Obtido em 25 de novembro de 2023, de SGMAI: <https://www.sg.mai.gov.pt/Tecnologias/SIRESP/Paginas/default.aspx>

Silva, C. A. (2022). *Análise à exploração das redes de comunicações utilizadas nas operações de socorro*. Porto: Universiade Lusófona do Porto.

Silva, E. G. (2004). *Padrões de redes truncadas Wireless; TETRA & APCO-25*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

SIRESP. (07 de 2013). *Bombeiros.pt*. Obtido de Bombeiros.pt: <https://www.bombeiros.pt/wp-content/uploads/2013/07/SIRESP.pdf>

SIRESP. (2023). *Sistema Integrado das Redes de Emergência e Segurança de Portugal*. (SIRESP) Obtido em 25 de setembro de 2023, de SIRESP.

SIRESP S.A. (24 de novembro de 2023). *Algarve recebe comunidade SIRESP para cinco dias de capacitação*. Obtido em 24 de novembro de 2023, de SIRESP: https://www.siresp.pt/media/filer_public/91/aa/91aa448e-8270-48e6-83d9-fc09503f5574/dia_1_iii_siresp_bootcamp.pdf

Sousa, L. (29 de abril de 2015). *Safemed*. Obtido de Security e Safety – Diferenças e Pontos comuns:

[https://blog.safemed.pt/download/\[Luis%20Sousa\]%20Security%20e%20Safety%20%E2%80%93%20Diferen%C3%A7as%20e%20Pontos%20em%20comum.pdf](https://blog.safemed.pt/download/[Luis%20Sousa]%20Security%20e%20Safety%20%E2%80%93%20Diferen%C3%A7as%20e%20Pontos%20em%20comum.pdf)

TCCA. (2022). *TCCA.INFO*. (TCCA) Obtido em 04 de outubro de 2023, de TCCA.INFO: <https://tcca.info>

TechDays, S. (2023). *SIRESP Tech Days: O futuro subiu ao palco no 1.º SIRESP*.

Teltronic. (16 de julho de 2018). *Teltronic*. (Teltronic) Obtido em 04 de outubro de 2023, de Teltronic: <https://www.teltronic.es/en/what-is-dmo/>

TETRA: BURST. (agosto de 2023). *TETRA: BURST*. (TETRA: BURST) Obtido em 20 de novembro de 2023, de TETRA: BURST: <https://www.tetraburst.com/>

Tetramodem. (2023). *Tetramodem*. (tetramodem) Obtido em 05 de outubro de 2023, de tetramodem: <https://www.tetramodem.com/221.html>

Wireless Montenegro. (2023). (Wireless Montenegro) Obtido em 25 de Setembro de 2023, de Wireless Montenegro: <https://www.wirelessmontenegro.com/>

Xavier Pons-Masbernat, E. G.-C. (2015). 4 - From DMO to D2D,. Em N. N. Daniel Câmara, *4 - From DMO to D2D*,. ISBN 9781785480225,. Obtido em 06 de outubro de 2023, de Sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9781785480225500042>

Anexos

Anexo 1

Questionário Modelo

Planeamento de comunicações de emergência em operações de proteção e socorro, redundância e antecipação

No âmbito da minha frequência do Mestrado em Gestão de Emergência e Socorro, do Instituto Superior de Ciências da Informação e da Administração (ISCIA) de Aveiro, encontro-me a realizar um estudo sobre o **Planeamento de comunicações de emergência em operações de proteção e socorro, redundância e antecipação**.

Nesse sentido, venho solicitar a sua colaboração e autorização para participar neste estudo respondendo a este questionário.

A sinceridade nas respostas é fundamental na realização deste estudo. Não existem respostas consideradas certas ou erradas. Este questionário é totalmente anónimo, respeita os direitos humanos e a convenção de Helsínquia e não demora mais de 10 minutos.

Estará disponível até ao próximo dia 30 de novembro às 18H00.

Antecipadamente agradeço a colaboração e disponibilidade.

Aluno: Márcio Samuel Ribeiro Teles Amaral

Orientador: Mestre Eutíquio José Gonçalves Costa – ISCIA

Coorientador: Professora Doutora Filipa Rodrigues Ramos Pereira – IPV - ESEV

Caracterização sociodemográfica

Género:

- ☐ Feminino
- ☐ Masculino

Idade:

- ☐ De 18 a 25 Anos
- ☐ De 26 a 35 Anos
- ☐ De 36 a 50 Anos
- ☐ A partir de 51 Anos

Habilitações Académicas:

- ☐ Ensino Básico
- ☐ Ensino Secundário
- ☐ Ensino Superior

Entidade a que pertence:

- Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC)
- Corpo de Bombeiros
- Guarda Nacional Republicana
- Unidade de Emergência de Proteção e Socorro – GNR
- Polícia de Segurança Pública
- Cruz Vermelha Portuguesa
- Instituto Nacional de Emergência Médica - INEM
- Sapadores Florestais
- Instituto da Conservação da Natureza e Florestas
- Serviços Municipais de Proteção Civil
- Outros Serviços afetos ao Município
- Outra entidade

Sub-região onde exerce a sua atividade?

- Alentejo Central
 - Alentejo Litoral
 - Alto Alentejo
 - Baixo Alentejo
 - Lezíria do Tejo
 - Algarve
 - Beira Baixa
 - Beiras e Serra da Estrela
 - Médio Tejo
 - Oeste
 - Região de Aveiro
 - Região de Coimbra
 - Região de Leiria
 - Viseu Dão-Lafões
 - Área Metropolitana de Lisboa
 - Alto Minho
 - Alto Tâmega
 - Área Metropolitana do Porto
 - Ave
 - Cávado
 - Douro
 - Tâmega e Sousa
 - Terras de Trás-os-Montes
 - Açores
 - Madeira
-

Utilização das várias redes de comunicações em Teatros de Operações.

Para cada uma das seguintes questões responda de acordo com o seu grau de utilização utilizando a escala que se segue:

- 1) *Muito pouco frequente*
- 2) *Pouco frequente*
- 3) *Nem muito, nem pouco frequente*
- 4) *Frequente*
- 5) *Muito frequente*

Em Teatros de Operações, tendo por base o Plano de Comunicações definido, já teve dificuldades em estabelecer comunicações?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Em Teatros de Operações já teve dificuldades em comunicar com outros agentes de Proteção Civil?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Em Teatros de Operações com que frequência utiliza a Rede Operacional de Bombeiros (ROB)?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Em Teatros de Operações com que frequência utiliza a Rede Estratégica de Proteção Civil (REPC)?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Em Teatros de Operações com que frequência utiliza a Rede SIRESP?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Em Teatros de Operações já lhe foram comunicados sistemas de redundância no caso de falha de comunicações?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Constrangimentos Operacionais e Técnicos na operação com os equipamentos rádio.

Já teve dificuldades operacionais no Teatro de Operações por falta de equipamento rádio?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Utiliza o equipamento rádio de forma correta mantendo a sua integridade, garantindo assim que o mesmo se mantém nas melhores condições de funcionamento?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Em Teatro de Operações, com equipamento rádio, já teve dificuldade em comunicar devido a falha do equipamento?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Em Teatro de Operações, com equipamento rádio SIRESP, já teve dificuldade em comunicar devido a zonas sombra?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Em Teatro de Operações, com equipamento rádio SIRESP, já teve dificuldade em comunicar devido à não operacionalização do Plano de Comunicações estabelecido?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Em Teatro de Operações, com equipamento rádio, já teve dificuldade em comunicar devido ao elevado uso do/dos canais atribuídos?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Desde o momento em que teve o primeiro contacto com um equipamento rádio até ao dia de hoje entende que houve uma melhoria significativa no processo de comunicação rádio?

- ☐ Sim
- ☐ Não

O equipamento rádio que utiliza está programado com Grupos/Pastas de conversação de Operações?

- ☐ Sim
- ☐ Não

O equipamento rádio que utiliza está programado com Grupos/Pastas de conversação de Coordenação?

- ☐ Sim
- ☐ Não

O equipamento rádio que utiliza está programado com Grupos/Pastas de Interligação entre Entidades?

- ☐ Sim
- ☐ Não

O equipamento rádio (portátil ou móvel) que utiliza tem os vários modos de operação?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Sabe o que é o TMO, “Trunked Mode Operation”?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Sabe o que é o DMO, “Direct Mode Operation”?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Sabe o que é o modo Repeater, que poderá existir nos equipamentos rádio, portáteis ou móveis, com licença?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Sabe o que é o modo Gateway, que poderá existir nos equipamentos rádio móveis com licença?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Sabe o que é o SIRESP GL e que informação disponibiliza?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Sabe quais as capacidades das unidades móveis SIRESP disponíveis para utilização em situações de emergência?

- ☐ Sim
- ☐ Não

No âmbito das redes de comunicações já teve formação para a sua correta utilização?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Como utilizador da rede SIRESP já teve formação?

- ☐ Nunca
- ☐ Apenas Instrução Interna
- ☐ Workshops técnicos
- ☐ Uma formação
- ☐ Duas formações
- ☐ Três ou mais formações

Como possível aspeto de melhoria da utilização das redes de comunicações defina o quanto seria importante a adoção das seguintes propostas e/ou procedimentos.

Para cada uma das seguintes propostas responda de acordo com a escala que se segue:

1. Muito Pouco Importante
2. Pouco Importante
3. Sem Opinião
4. Muito Importante
5. Importantíssimo

Formação específica ao nível do uso dos vários modos de operação.

1	2	3	4	5
----------	----------	----------	----------	----------

A identificação inequívoca dos terminais portáteis com licença de REPEATER para uso em situações de necessidade por falta de cobertura de rede.

1	2	3	4	5
----------	----------	----------	----------	----------

Utilização dos portáteis com licença REPEATER em estruturas, exemplo um tripé, para que seja possível aumentar sua cobertura em DMO.

1	2	3	4	5
----------	----------	----------	----------	----------

Implementação de malas de comunicações de emergência portáteis, com funcionamento autónomo, capacidade de REPEATER, GATEWAY e interligação com a rede ROB/REPC como redundância.

1	2	3	4	5
----------	----------	----------	----------	----------

Recurso aos Sistemas de Informação Geográfica para interligar os posicionamentos dos equipamentos, Sites/antenas, altimetria e mapas de cobertura.

1	2	3	4	5
----------	----------	----------	----------	----------

Implementação nos planos de nível Local, Municipal, Supramunicipal, Sub-regional, Regional e Nacional das bacias de cobertura de comunicações da rede TETRA como instrumento de planeamento.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Elaboração de cartografia com os pontos ideais e estratégicos para o posicionamento de unidades móveis ou equipamentos portáteis cruzando a cobertura nacional, com a altimetria e a recorrência de ocorrências ou zonas de elevado risco.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Planos de comunicações com redundância e identificação do modo DMO para ser usado em caso de falha de rede.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Implementação do modo de operação DMO em contexto de manobra e em situações complexas de proteção e socorro como zonas interiores de edifícios fazendo a interligação para o exterior com recurso a repetidores e/ou interligação à rede via GATEWAY.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Existências de equipas multidisciplinares para acompanhamento e monitorização de grandes ocorrências para monitorizar e acompanhar as comunicações localmente apoiando a tomada de decisão.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Existência de um manual de procedimentos de operação para a rede SIRESP de âmbito Nacional e transversal a todos os utilizadores.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Para grandes ocorrências haver disponíveis pastas de canais temporárias, de amplitude variável, para centralização de toda a ocorrência envolvendo todos os intervenientes no Teatro de Operações.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Interligar a rede SIRESP para cenários de exceção à rede LTE/5G desde que a mesma garanta o que foi a finalidade da adoção do sistema TETRA.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

A sua resposta foi registada, agradeço a sua ajuda e toda a disponibilidade manifestada no preenchimento que será fundamental, para alcançar os objetivos de melhoria continua que, certamente serão comuns.

