



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Melhoramento das telecomunicações dos CFM com a integração do Smart PTT

Autor: Gerson Xavier Chissambule

Supervisores:

Eng.º Frederico Constantino Zile (UEM)

Eng.º Júlio Wate (TVSD)

Maputo, Dezembro de 2024



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Melhoramento das telecomunicações dos CFM com a integração do Smart PTT

Autor: Gerson Xavier Chissambule

Supervisores:

Eng.º Frederico Constantino Zile (UEM)

Eng.º Júlio Wate (TVSD)

Maputo, Dezembro de 2024



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉNICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO ESTAGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante: Chissambule, Gerson Xavier

Entregou no dia ___/___/2024 as 2 cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: _____

Intitulado: Melhoria das telecomunicações dos CFM com a integração do Smart PTT

Maputo, _____ de _____ de 2024

O Chefe de Secretaria

I. Dedicatória

Aos meus pais Xavier Chissambule e Lurdes Comar, a minha Irma Maravilhosa Chissambule e ao meu irmão Leopoldino Chissambule.

II. Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Deus, o meu centro e fundamento, pelo dom da vida.

Em segundo lugar agradeço aos meus pais, a minha família. E em particular aos meus amigos e colegas de carteira, Daniel Tuzine, Moises Massango, Luis Simango, Milton Chiluvane, Albino Nguenha e a Stela Muchanga.

Agradeço de forma incansável a Cleide Cumbe que tem acompanhado e apoiado emocionalmente de forma incansável a minha trajetória acadêmica nesta instituição de ensino.

Agradecimento especial aos meus supervisores, Eng.º Júlio Wate e ao Eng.º Frederico Zile por tornar possível a elaboração do presente trabalho com os seus conselhos e disponibilidade para analisar e propor melhorias no relatório.

Aos docentes do curso de engenharia Electrónica da faculdade de Engenharia da UEM. Agradeço igualmente aos meus amigos pelo apoio directo e indirecto na realização deste trabalho e aos meus colegas de turma que desde primeiro ao último ano depositaram o voto confiança como o chefe de turma.

E por último, mas não menos importante agradeço à Faculdade de Engenharia, à direcção do DEEL, à direcção do curso de Engenharia Electrónica.

III. Declaração de Honra

Declaro por minha honra, que o presente Relatório é resultado da minha investigação e que o mesmo foi concebido para ser submetido apenas para obtenção de grau de Licenciatura em Engenharia Electrónica, na faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo, Dezembro de 2024

O Estudante

(Gerson Xavier Chissambule)

IV. Resumo

O relatório de estágio intitulado "Melhoramento das telecomunicações dos CFM com a integração do Smart PTT" foi elaborado por Gerson Xavier Chissambule no contexto do curso de Engenharia Electrónica da Universidade Eduardo Mondlane, na empresa TVSD. O documento se organiza em cinco capítulos que cobrem aspectos fundamentais da pesquisa e das actividades realizadas durante o estágio. Na Introdução, o autor apresenta uma visão geral do trabalho, descrevendo os objectivos, a definição do problema, a relevância do estudo e a metodologia utilizada. O cenário em que se insere é caracterizado pela necessidade de um sistema de comunicação eficiente, capaz de atender às crescentes demandas do sector. O relatório destaca a importância do Smart PTT, um software que otimiza sistemas de despacho e controlo baseado na tecnologia digital MOTOTRBO, essencial para garantir a segurança e eficiência nas operações dos CFM, que actuam no transporte de bens e pessoas. O capítulo dedicado à Pesquisa Bibliográfica aborda as teorias pertinentes ao tema, assim como os dispositivos e componentes necessários para a implementação do sistema. Nesse contexto, o autor discorre sobre as formas de pesquisa empregues, que incluem pesquisa documental, com fontes primárias, e pesquisa bibliográfica, utilizando fontes secundárias. Esse conjunto de metodologias possibilitou a elaboração de um projecto bem fundamentado. As actividades práticas realizadas durante o estágio são detalhadas em um capítulo específico, onde Chissambule relata a colaboração com a equipa técnica e as acções de levantamento dos requisitos técnicos e funcionais para a integração do Smart PTT. O relato inclui a elaboração de um diagrama de blocos e a selecção de materiais e componentes, demonstrando um processo metódico e bem estruturado na implementação do projecto. As conclusões do relatório afirmam que a experiência adquirida durante o estágio foi enriquecedora, promovendo um aprendizado prático valioso. O autor conclui que a integração do Smart PTT representa uma solução robusta que não apenas potencializa a produtividade, mas também a segurança e a competitividade da empresa no sector ferroviário. As recomendações fornecidas pelo autor sugerem a continuidade do monitoramento e da avaliação do desempenho do sistema implantado, além da necessidade de treinamentos regulares para a equipa técnica a fim de maximizar os benefícios do novo sistema de comunicação. Assim, este relatório não só documenta as actividades do estágio, mas também lança luz sobre a importância da inovação tecnológica no sector de telecomunicações, apresentando medidas concretas para enfrentar desafios e aprimorar os processos operacionais das empresas envolvidas.

V. Abstract

The internship report entitled 'Improving CFM telecommunications with the integration of Smart PTT' was drawn up by Gerson Xavier Chissambule as part of the Electronics Engineering programme at Eduardo Mondlane University. Electronic Engineering course at Eduardo Mondlane University, at the TVSD company. O document is organised into five chapters that cover fundamental aspects of the research and the activities carried out during the internship. In the Introduction, the author presents an overview of the work, describing the objectives, the definition of the problem, the relevance of the study and the methodology used. The scenario is characterised by the need for an efficient communication system, capable of meeting the growing demands of the sector. The report emphasises the importance of of Smart PTT, software that optimises dispatch and control systems based on digital MOTOTRBO technology. MOTOTRBO digital technology, which is essential for guaranteeing safe and efficient efficiency in the operations of CFMs, which transport goods and people. O chapter dedicated to Bibliographical Research covers the theories pertinent to the as well as the devices and components needed to implement the system. the system. In this context, the author discusses the forms of research used, which include documentary research, using primary sources, and bibliographical secondary sources. This set of methodologies made it possible to draw up a well-founded project. The practical activities carried out during the internship are detailed in a specific chapter, where Chissambule reports on the collaboration with the technical team and the actions of technical and functional requirements for the integration of the Smart PTT. The report includes the drawing up of a block diagram and the selection of materials and components, demonstrating a methodical and well-structured process in the implementation of the project. The report's conclusions state that the experience gained during the internship was enriching, promoting valuable practical learning.

valuable practical learning. The author concludes that the integration of Smart PTT represents a robust robust solution that not only boosts productivity, but also the company's safety and competitiveness in the railway sector. The recommendations provided by the author suggest continuing to monitor and evaluate the performance of the implemented system, as well as the need for regular training for the technical team in order to maximise the benefits of the new communication system. system. Thus, this report not only documents the activities of the internship, but also sheds light on the importance of technological innovation in the sector, presenting concrete measures to address challenges and improve the operational processes of the companies involved.

Índice

I. Dedicatória.....	IV
II. Agradecimentos.....	V
III. Declaração de Honra.....	VI
IV. Resumo	VII
V. Abstract	VIII
VI. Lista de Abreviaturas	XII
Capitulo I	13
1.1. Introdução	13
1.2. Definição do Problema	13
1.3. Relevância da pesquisa	14
1.4. Motivação	14
1.5. Objectivos	14
1.5.1. Objectivo Geral.....	14
1.5.2. Objectivos Especificos.....	14
1.5. Metodologia de investigação	15
1.6.1. Classificação da metodologia de investigação\.....	15
1.6.2. Procedimentos e aplicativos usados do trabalho.....	16
1.6. Estrutura do trabalho.....	16
CAPÍTULO II-Pesquisa Bibliográfica.....	18
2.1 Definição de um Sistema de telecomunicação.....	18
2.2 Organização de um sistema de Comunicação.....	19
2.2.1 A abordagem por camadas.....	20
2.2.2 Comunicações sem fio	22
2.3 Propriedades dos canais de comunicação	24
2.4 O receptor.....	26
2.4.1 Teorema de Nyquist Shannon.....	28
2.4.1.1 Tipos de amostragem	28

2.5 Receptor super-heteródino	31
Tabela1: Parâmetros de frequência típicos de receptores de rádio AM e FM (Fonte: Auctor)	32
CAPITULOIII- Descrição das actividades realizadas no estagio.....	35
3.1. Apresentação da empresa.....	35
3.2. Actividades realizadas no período de estagio	35
3.2.1. Mudança da antena dos radios da LAM	36
3.2.2. Configuração de rádios HF e UHF (da Motorola) dos diversos clientes.....	36
3.2.3. Instalação de Rádios Motorola nas viaturas do Alto Comissariado do Canadá	37
3.2.4. Manutenção dos sistema de radio da LM Rádio.....	38
CAPÍTULO IV: Proposta de melhoramento das comunicações entre as infraestruturas dos CFM e as Locomotivas	39
4.1. Requisitos gerais do sistema de gravação exigidos pelos CFM	39
4.2. Proposta técnica sugerida pela TVSD.....	39
4.3. Descrição dos equipamentos e materiais usados neste projecto	40
4.3.1. SmartPTT Enterprise Direct IP repeater connection	41
4.4. Arquitectura do sistema de gravação	43
4.5. Compatibilidade.....	44
4.6. Resultados esperados	45
CAPÍTULO V- considerações finais e recomendações.....	46
5.1. Considerações finais	46
5.2. Recomendações.....	46
6. BIBLIOGRAFIA	47
6.1 Referências bibliográficas.....	48
ANEXOS	49

Índice de figuras e tabelas

Figura 1: Elementos de um sistema de comunicação (Fonte: Sistemas de Comunicação 5 ^a edição, 2011).....	20
Figura 2: Processos pares no modelo OSI de sete camadas para redes de computadores (Fonte: Sistemas de Comunicação 5 ^a edição, 2011).....	21
Figura 3: Ilustração dos componentes básicos de um transmissor de rádio (Fonte: Bell Telephone Laboratories, 1971).	22
Figura 4: Ilustração das anomalias do canal (Fonte: Sistemas de Comunicação 5 ^a edição, 2011).	26
Figura 5: Ilustração de um receptor de rádio (Fonte: Bell Telephone Laboratories, 1971).....	26
Figura 6: Elementos básicos de um receptor AM do tipo super-heteródino (Fonte: R. D. Gitlin, J. F. Hayes, and S. B. Weinstein, 1992).....	32
Figura 7: Instalação do Transreceptor Motorola XPR 535506-VHF (Fonte: Autor)	37
Figura 8: mudança do cabo coaxial que conecta a antena ao transmissor (Fonte: Autor).....	38
Figura 9: diagrama do sistema Smartptt (fonte: Triangle Communications INC).....	44
Tabela 1: Parâmetros de frequência típicos de receptores de rádio AM e FM (Fonte: Autor).	

VI. Lista de Abreviaturas

CFM- Caminhos de ferro de Moçambique

FM- Modulação em frequência

AM- Modulação em amplitude

UHF- Ultra High Frequency

HF- Alta frequência

VHF- Very High Frequency

RF- Radio frequência

Capítulo I

1.1. Introdução

Com o surgimento e desenvolvimento das indústrias, houve sempre a necessidade de criar condições para que a comunicação entre os colaboradores fosse adequada.

Ao longo das décadas, os sistemas de comunicação vêm sofrendo alterações no sentido de melhorá-los, de acordo com as necessidades dos utilizadores. A TVSD é uma empresa privada que actua no ramo da Electrónica e Telecomunicações, com sua maior inclinação para a projecção, montagem e reparação de sistemas de comunicação.

A TVSD foi contratada pelos CFM de modo a requalificar o sistema de comunicação entre a central de monitoramento e as locomotivas, sendo que o sistema antigo permitia apenas ter uma comunicação Half-duplex à base de rádios UHF/HF. Em resposta aos requisitos impostos pelos CFM, a TVSD propôs a requalificação dos sistemas de comunicação à base do Smart PTT.

1.2. Definição do Problema

O problema no sistema de comunicações de uma empresa ferroviária reside em falhas de integração entre sistemas operacionais e de comunicação, estas falhas podem ser: impossibilidade de expansão do sistema de comunicação nas infraestruturas dos CFM e locomotivas e a dificuldade de integrar os sistemas analógicos existentes com os atuais sistemas. A ineficiência na transmissão de informações críticas e dificuldades de escalabilidade, resultando em atrasos operacionais, riscos à segurança e insatisfação dos passageiros, sendo os CFM uma empresa do ramo ferroviário, enfrenta problemas desta natureza devido ao seu sistema ocioso de comunicação.

Além disso, o sistema não está preparado para responder adequadamente às crescentes demandas pelo facto de estarem a usar um sistema de comunicação ocioso e que já não possibilita a sua expansão, e enfrenta ameaças à segurança devido a vulnerabilidades tecnológicas, por um lado por falta de redundância no sistema e que também é um sistema *aberto* (uma vez sintonizado a frequência de recepção, qualquer indivíduo pode ter acesso ao sinal enviado para os operários). Isso compromete tanto a operação eficiente quanto a experiência do usuário, necessitando de uma reformulação tecnológica e de processos para garantir maior eficiência, segurança e escalabilidade.

1.3. Relevância da pesquisa

Com o surgimento e desenvolvimento das indústrias, houve sempre a necessidade de criar condições para que a comunicação entre os colaboradores fosse adequada.

Ao longo das décadas, os sistemas de comunicação vêm sofrendo alterações no sentido de melhorá-los, de acordo com as necessidades dos utilizadores. A TVSD é uma empresa privada que actua no ramo da Electrónica e Telecomunicações, com sua maior inclinação para a projecção, montagem e reparação de sistemas de comunicação.

A TVSD foi contratada pelos CFM de modo a requalificar o sistema de comunicação entre a central de monitoramento e as locomotivas, sendo que o sistema antigo permitia apenas ter uma comunicação Half-duplex à base de rádios UHF/HF. Em resposta aos requisitos impostos pelos CFM, a TVSD propôs a requalificação dos sistemas de comunicação à base do Smart PTT.

1.4. Motivação

A comunicação é um requisito essencial para o bom funcionamento de qualquer empresa, sendo assim melhorar e aperfeiçoar o Sistema de comunicação entre as locomotivas e o centro de controlo dos CFM torna-se motivador para mim, sendo a minha primeira experiência profissional em telecomunicações é de extrema importância estudar e aprofundar sobre este sistema proposto. Com um sistema de comunicação mais atualizado, a eficiência das operações da empresa serão melhoradas e como consequência deverá ter um impacto positivo na prestação de serviços para a sociedade no geral.

1.5. Objectivos

1.5.1. Objectivo Geral

- Projectar um sistema de comunicação baseado no Smart PTT para implementar nos CFM.

1.5.2. Objectivos específicos

- Seleccionar o tipo de Rádio a usar com o sistema;
- Escolher um computador para funcionar como Database;
- Montar o sistema de comunicação baseado no Smart PTT nas locomotivas.

1.6 Metodologia de investigação

Em todo tipo de trabalho de pesquisa, a metodologia de trabalho é uma ferramenta que indica o caminho a trilhar para a concepção da pesquisa.

1.6.1. Classificação da metodologia de investigação

a) Quanto à natureza

Cotta (2014) ensinam que quanto à natureza existem dois tipos de pesquisas, nomeadamente a pesquisa científica Básica e a pesquisa científica aplicada.

Este trabalho consiste numa pesquisa aplicada, porque tem por intuito resolver um problema específico enfrentado pelos CFM.

b) Quanto à técnica aplicada

Segundo Alves (2012) esta categoria diz respeito à forma pela qual se obtêm os dados necessários para a realização da pesquisa, onde podemos ter: a pesquisa documental e bibliográfica. De acordo com o mesmo autor citado, as duas formas de pesquisa têm o mesmo objecto de investigação; a distinção entre ambos reside no facto de que a pesquisa documental utiliza fontes primárias: os dados estatísticos e documentos históricos ao passo que a pesquisa bibliográfica usa fontes secundárias os manuais, livros e artigos.

Este trabalho enquadra-se nas duas formas de pesquisa citadas pois, para sua elaboração serão consultados manuais, livros, websites, artigos, legislação aplicável ao tema, documentos escritos.

c) Quanto à abordagem do tema

Segundo Marconi e Lakatos (2003), nesta categoria encontramos a pesquisa Qualitativa e Quantitativa. A qualitativa consiste em analisar e interpretar aspectos profundos, descrevendo a complexidade do comportamento humano, etc., ao passo que a quantitativa caracteriza-se pelo emprego da quantificação tanto nas modalidades de recolha de informações, quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas, desde as mais simples como percentual, média, desvio padrão, às mais complexas como coeficiente de correlação, análise de regressão e outros.

1.6.2. Procedimentos e aplicativos usados do trabalho

O relatório inicia com o levantamento dos requisitos técnicos e funcionais, levantamento de materiais e componentes para a concepção do projecto, simulação e implementação.

Ademais, neste passo, foram seguidos os seguintes procedimentos:

- Levantamento das necessidades e requisitos para o sistema;
- Especificação e selecção dos componentes necessários para o melhoramento do sistema de comunicação;
- Configuração, e execução de testes no sistema.

1.5. Estrutura do trabalho

O trabalho é apresentado em 5 capítulos cuja descrição é apresentada a seguir.

CAPÍTULO I: Introdução

Este capítulo consiste na apresentação do trabalho em linhas gerais, os objectivos que se pretende alcançar, a definição do problema, a relevância do trabalho, a metodologia a ser usada para o alcance dos mesmos e a estrutura geral do trabalho.

CAPÍTULO II: Pesquisa Bibliográfica

Este capítulo apresenta as principais teorias em volta do assunto abordado no trabalho e faz-se a descrição dos dispositivos e componentes a serem usados para a concepção e implementação do sistema.

CAPÍTULO III: Descrição das actividades realizadas no estagio

Neste capítulo são apresentadas todas as actividades praticas realizadas no estágio.

CAPÍTULO IV: IMPLEMENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo é apresentada a implementação do sistema de comunicação e posterior discussão dos resultados desta actividade.

CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Nesta última fase são dadas as conclusões e recomendações em relação ao sistema implantado.

ANEXOS: é feita a apresentação de documentos considerados importantes para o trabalho, cronograma de actividades, Datasheet do rádio Motorola DM1400,

CAPÍTULO II-Pesquisa Bibliográfica

2.1 Definição de um Sistema de telecomunicação

Para Paulo Pinto (2006), o termo Telecomunicação designa o acto de comunicar à distância. Se, no princípio do século XX a comunicação se cingia à voz, no princípio do século XXI, o volume de informação oriunda de dados e imagem já supera o volume de informação cuja origem é a voz. Assim, os pesos relativos das várias subáreas em que se pode dividir a grande área de Telecomunicações têm evoluído enormemente nas últimas décadas para abarcar assuntos que são geralmente designados por multimédia. Actualmente, a diversidade de sistemas que são possíveis de se ligar em rede, e à distância, não pára de aumentar, tornando as Telecomunicações um dos assuntos mais apaixonantes (e atractivos de um ponto de vista de negócio) dos nossos tempos.

Sistema de comunicações é o conjunto de equipamentos e materiais, eléctricos e electrónicos, necessários para compor um esquema físico, perfeitamente definido, com o objectivo de estabelecer enlaces de comunicações (links) entre pelo menos dois pontos distantes.

De um ponto de vista clássico é usual dividir-se as Telecomunicações em três grandes áreas:

Processamento de sinal, Propagação e Redes e Sistemas.

O **Processamento de sinal** preocupa-se com a forma como a nossa voz (ou outro tipo de informação) pode ser representada, para depois ser transmitida e recuperada no receptor. Pelo caminho vai sofrer distorções devido aos sistemas que usa, e ao ruído que apanha, e é importante que no receptor a recuperação seja aceitável para permitir a sua compreensão. O Processamento de sinal, não se preocupando em estudar as causas do ruído, estuda as suas consequências e como se pode reconstituir o sinal alterado de um modo tão igual ao original quanto possível.

A **Propagação** preocupa-se com o modo como a informação viaja (quer pelo espaço livre, quer por um fio metálico, por uma fibra óptica, etc.), que interferências sofre e como podem ser minimizadas. Inclui o estudo de emissores que tanto podem ser os dispositivos que dão potência ao sinal no início do cabo, como as antenas para transmissão livre.

Finalmente as **Redes e os Sistemas** estudam a área de Telecomunicações nos aspectos de ligação de vários componentes para permitir que o sinal que foi gerado, e foi propagado, chegue ao destino pretendido que pode estar num sistema completamente diferente. Trata de todos os

equipamentos que façam parte de uma rede no sentido mais lato (comutadores, interligação entre sistemas de mais baixo nível, etc.) e das ligações entre esses equipamentos para permitir um número cada vez maior de facilidades inter-redes para o utilizador.

2.2 Organização de um sistema de Comunicação

Para Sistemas de Comunicação (5ª edição, 2011). Um sistema de comunicação pode ser dividido em um pequeno número de componentes, como mostrado na Figura 1. O primeiro é a fonte de **informação**. Alguns exemplos óbvios de informação que talvez queiramos compartilhar são: voz, música, imagens, vídeos ou arquivos de dados.

O segundo componente representa o *transmissor*. **Transmissor** é um termo genérico para o processamento da informação da forma fornecida pela fonte, em uma forma que for adequada para a transmissão sobre o *canal*. Um exemplo simples disso ocorre quando um sinal de música é convertido para a modulação em frequência (FM), objetivando a transmissão de rádio.

O terceiro componente representa o **canal ou meio de transmissão**. O meio de transmissão pode ser um cabo, uma fibra óptica ou o espaço livre, em caso de utilização de rádio ou de comunicação por infravermelho.

O quarto componente representa o **receptor**. Receptor também é um termo genérico para o processo de conversão do sinal transmitido sobre o canal de volta a uma forma que pode ser entendida no destino pretendido. A função do receptor tipicamente é maior do que a de simplesmente ser o inverso do transmissor; o receptor pode também ter que compensar as distorções introduzidas pelo canal e realizar outras funções, tais como a de sincronização do receptor com o transmissor. O componente final é o destino da **informação**.

A figura 1 também mostra duas áreas sombreadas que estão rotuladas como *rede* e *camadas de controle*. No caso de comunicações que apresentem um transmissor e um receptor, é provável que a rede e o controle estejam ausentes. Entretanto, a maioria dos sistemas de comunicação, como a Internet e os sistemas de telefonia celular, possui um grande número de transmissores e receptores que precisam compartilhar o mesmo meio físico. A rede e as

camadas de controle permitem que uma grande quantidade de n bvterminais compartilhe o mesmo meio físico de maneira confiável e eficiente.

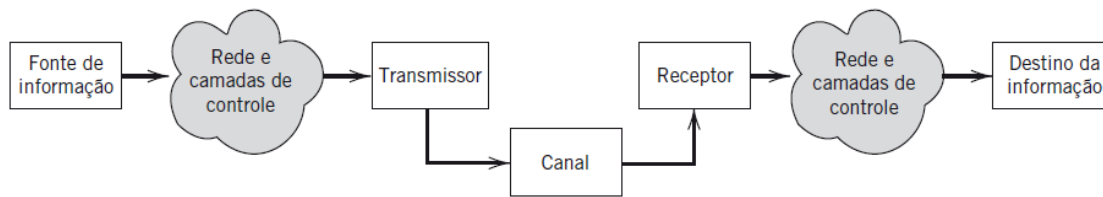


Figura 1: Elementos de um sistema de comunicação (Fonte: Sistemas de Comunicação 5ª edição, 2011).

2.2.1 A abordagem por camadas

Os sistemas de comunicação modernos são analisados como uma sequência de camadas. Esse conceito de disposição por camadas em sistemas de comunicação é mais bem ilustrado pela Interligação de Sistemas Abertos (OSI) para redes de computadores, N. Abramson (1963).

Esse modelo de sete camadas é ilustrado na Figura 2. Os pontos importantes incluem o reconhecimento das *pilhas* de camadas à esquerda e à direita na Figura 2, cada pilha representando dois nós de comunicação, por exemplo, emissor e receptor. Cada camada da pilha representa um *protocolo*. Cada protocolo possui uma interface bem definida entre as camadas acima e abaixo dele, mas as funções que ele executa dizem respeito apenas à camada *par* no lado receptor. As camadas pares comunicam-se virtualmente enviando mensagens que descem pela pilha em um lado, atravessam o meio físico, e sobem pela pilha no outro lado. Apenas a camada física se comunica diretamente com a sua camada correspondente. Dessa forma, poderíamos substituir ou modificar o protocolo em uma camada particular sem afetar o resto do modelo OSI.

Um importante atributo do modelo OSI é que ele simplifica o projeto de sistemas de comunicação e permite o desenvolvimento independente de diferentes funções. Esse modelo

por camadas é mais adequado à comunicação de informação digital e menos adequado à informação analógica. Muitos sistemas digitais utilizam menos do que as sete camadas mostradas na Figura 2. As três caixas centrais na Figura 1, transmissor, canal e receptor, são frequentemente chamadas de *camada física* do sistema de comunicação, ou simplesmente PHY.

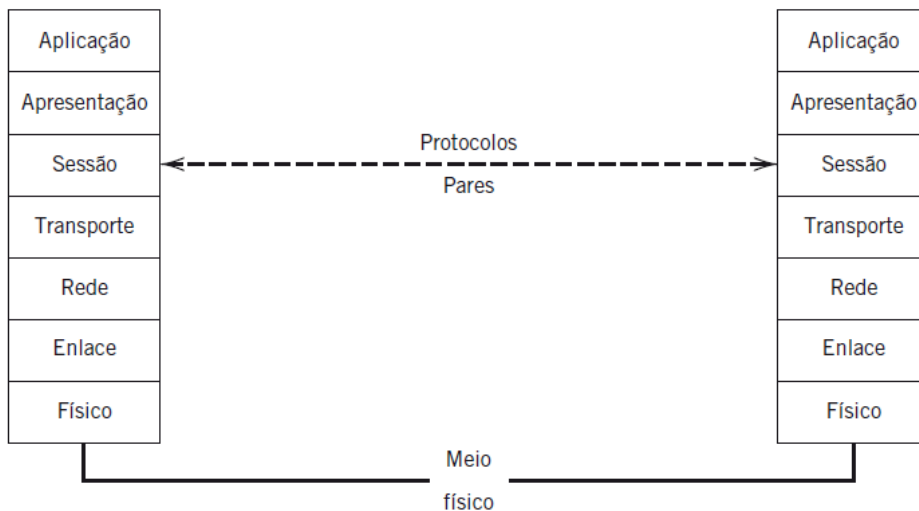


Figura 2: Processos pares no modelo OSI de sete camadas para redes de computadores (Fonte: Sistemas de Comunicação 5ª edição, 2011).

Claude E. Shannon (1916-2001) Shannon é conhecido como o pai da Teoria da Informação, principalmente por causa dos artigos que ele publicou no fim da década de 1940 e no começo da década de 1950. Em 1948, ele estabeleceu os fundamentos teóricos das comunicações digitais com o artigo intitulado A Mathematical Theory of Communications. É importante frisar que, antes da publicação desse artigo, acreditava-se que o aumento da taxa de transmissão de informação através de um canal provocaria o aumento da probabilidade de ocorrência de erros. A comunidade científica de teoria da comunicação foi surpreendida quando Shannon provou que isso não era verdade, dado que a taxa de transmissão estivesse abaixo da capacidade do canal.

2.2.2 Comunicações sem fio

Bell Telephone Laboratories, (1971), esta descrição aplica-se a sistemas sem fio em geral. Na Figura 3, mostra-se um diagrama de blocos simplificado de um transmissor que é constituído por quatro componentes principais: O primeiro componente do diagrama de blocos é a **pilha** de protocolos que foi descrito anteriormente. Ela empacota os dados para que eles possam confiavelmente chegar ao destino pretendido uma vez que cruzem o link* de rádio.

Em um sistema de rádio ponto a ponto ou por radiodifusão (broadcast), esse componente pode não existir porque não está incluída nenhuma informação explícita de endereço. De fato, muitos sistemas antigos trabalhavam dessa forma. Rádios AM e FM são exemplos de sistemas sem fio que ainda trabalham dessa forma. Para melhorar a eficiência com a qual as frequências de rádio são utilizadas, a maioria dos sistemas modernos compartilha canais de rádio de alguma forma. Essa multiplexação de múltiplos sinais em um mesmo canal de rádio requer o uso de protocolos apropriados.

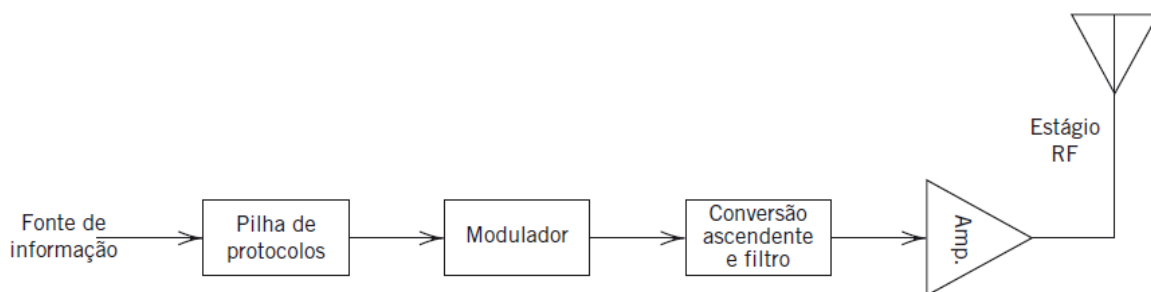


Figura 3: Ilustração dos componentes básicos de um transmissor de rádio (Fonte: Bell Telephone Laboratories, 1971).

O segundo componente do diagrama de blocos é o **modulador**. Nesse componente, a informação é impressa sobre uma frequência de portadora de maneira a ser adequadamente recuperada ao fim da recepção. O terceiro componente é o estágio de **conversão ascendente**. Nesse estágio o sinal modulado é convertido para a radiofrequência (RF) final, na qual ele será transmitido. Um rádio pode ser capaz de transmitir em um certo número de frequências,

portanto a modulação em uma frequência comum e a conversão do resultado para a frequência final desejada é muitas vezes a melhor abordagem. Contudo, com melhoramentos no processamento digital de sinais e tecnologia associada, esse estágio de *conversão ascendente* pode ser substituído por um modulador que trabalha de uma forma conhecida como *direct-to-RF*.

O quarto componente é o *estágio RF*. Uma vez na RF apropriada, o sinal é amplificado a um nível de potência apropriado e então emitido por meio de uma antena, ou seja, o sinal elétrico que representa o sinal modulado é convertido em uma onda eletromagnética. A potência de saída tipicamente dependerá da faixa de transmissão desejada e pode variar de algo menor do que um miliwatt, para aplicações de rádio com impulsos de curto alcance, até uma potência efetiva irradiada de mais de um megawatt, para alguns transmissores de televisão. O tipo de antena utilizada dependerá da frequência de operação e da aplicação; as possibilidades incluem antenas *whip*, parabólicas, do tipo corneta (*horn*), dipolo e *patch*.

Em sistemas modernos, o modulador é tipicamente implementado utilizando-se tecnologia de processamento digital de sinais. Essa tecnologia pode ser um processador de sinais digital, um arranjo de portas programáveis em campo (FPGA) ou um circuito integrado para aplicações de alto volume. Os componentes que se seguem ao modulador são tipicamente implementados em analógico embora, como mencionado anteriormente, a implementação digital do estágio de *conversão ascendente* esteja se tornando cada vez mais prática.

componentes RF

Os componentes RF do sistema de rádio muitas vezes são altamente específicos para as aplicações desejadas. Um dispositivo de mão (*handheld device*) tipicamente requer um amplificador de baixa potência e uma antena pequena; um transmissor de radiodifusão será tipicamente de alta potência e pode ter uma antena em uma torre de dezenas de metros de altura.

Outros sistemas podem ter amplificadores de potência e antenas em algum ponto. Contudo, a mesma técnica de modulação pode ser potencialmente utilizada em qualquer uma dessas aplicações. Ademais, um estágio de conversão ascendente e RF bem projetado pode potencialmente transmitir qualquer uma dentre as diferentes técnicas de modulação. Essa é a base do tão chamado *rádio definido por software (software-defined radio)*⁴. Conseqüentemente, a técnica de modulação é, em um certo sentido, genérica para uma grande variedade de aplicações. No passado, uma das principais considerações na escolha da modulação era a facilidade de implementação. Com o atual estado de tecnologia, a principal consideração é o desempenho e a capacidade da modulação em combater as anomalias do canal, S. Benedetto, E. Biglieri, and V. Castellani (1987).

2.3 Propriedades dos canais de comunicação

Para Sistemas de Comunicação (5ª edição, 2011), as **perdas de propagação**, a comunicação frequentemente implica o transporte de informação ao longo de distâncias e, inevitavelmente, ocorre redução na força do sinal com o aumento da distância. Com canais de rádio, o mecanismo fundamental de perda, devido à propagação no espaço livre, faz com que a potência recebida decresça com o quadrado da distância entre o emissor e o receptor. Por outro lado, com outros canais, tais como fibras ópticas, a perda de potência do sinal cresce linearmente com a distância.

Selectividade de frequência, os canais de comunicação operam sobre um meio. Muitos meios conduzem bem apenas em uma pequena faixa de frequências. Por exemplo, uma fibra ótica conduz bem apenas em uma pequena faixa de frequências ópticas, mas ela nunca é utilizada para comunicação por ondas de rádio. Mesmo que o meio esteja operando em sua faixa de transmissão normal, pode haver variações em quão bem uma frequência é transmitida em comparação com outra. Essa variação é referida como seletividade de frequência.

Variância temporal, alguns canais são variantes no tempo (ou seja, as suas características variam com o tempo). Canais de rádio móveis são um primeiro exemplo desse fenômeno. A propagação de ondas de rádio terrestres depende das interferências ocasionadas pelo relevo, prédios e vegetação entre o transmissor e o receptor. Quando o transmissor ou o receptor se move, o canal se modifica e isso afeta o desempenho; exemplos comuns desse fenômeno são conhecidos como sombreamento (shadowing) e desvanecimento (fading).

Não linear, idealmente um canal precisaria ser linear para que se minimizassem as distorções do sinal transmitido. Contudo, um canal pode incluir elementos não lineares tais como um repetidor que inclua um amplificador que opere próximo à (ou até mesmo na) região de saturação. Uma situação em que isso pode acontecer é em um canal de satélite em que o sinal proveniente de uma estação na Terra é amplificado pelo satélite, antes de ser retransmitido por radiodifusão ao seu campo de visão.

Uso compartilhado, para que a utilização de canais de comunicação seja eficiente, eles frequentemente são compartilhados por diferentes usuários. Isso leva a uma variedade de diferentes esquemas de multiplexação, que determinam como o canal é compartilhado. Um exemplo comum são os usuários de telefones celulares que compartilham o mesmo canal de rádio no tempo e na frequência de diferentes maneiras. A multiplexação também conduz a potenciais interferências entre diferentes usuários, caso as estratégias de multiplexação não forneçam um perfeito isolamento entre eles.

Ruído, o grande problema de qualquer sistema de comunicação que busque alcançar a máxima distância de transmissão ao custo de uma potência de transmissão mínima é a inevitável presença de ruído. A fonte mais comum de ruído é o movimento aleatório dos elétrons em circuitos receptores no ponto em que o sinal se encontra mais fraco, e isso geralmente estabelece um limite fundamental para o desempenho.

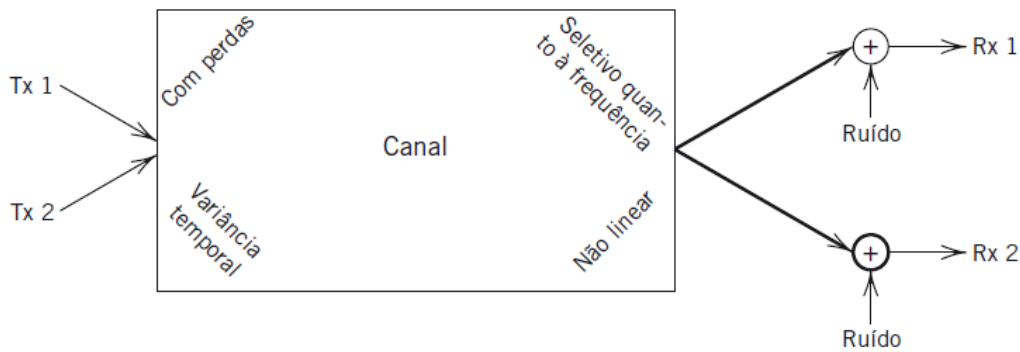


Figura 4: Ilustração das anomalias do canal (Fonte: Sistemas de Comunicação 5ª edição, 2011).

Todas essas propriedades são considerações a serem feitas na seleção da estratégia de modulação. Na verdade, para quase todas as anomalias supracitadas na transmissão de sinais, é possível encontrar uma estratégia de modulação que foi projetada para funcionar bem na presença da respectiva anomalia. Na prática, essas anomalias frequentemente aparecem combinadas de diversas formas e o projetista do sistema deve estar familiarizado com um grande número de técnicas, de modo que ele seja capaz de escolher a estratégia de modulação que melhor se adequa à situação.

2.4 O receptor

Muitos dos componentes do receptor realizam funções inversas das suas respectivas contrapartes no transmissor.

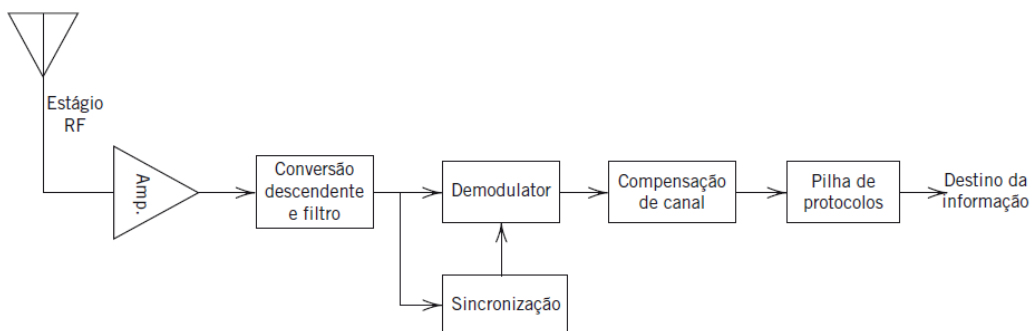


Figura 5: Ilustração de um receptor de rádio (Fonte: Bell Telephone Laboratories, 1971).

Estágio RF, a antena coleta energia de RF na banda de frequência desejada e, dependendo das suas propriedades, ela pode coletar energia tanto de fontes desejadas quanto não desejadas. O primeiro amplificador no estágio RF, frequentemente chamado de amplificador de baixo ruído, é crucial para a elevação do sinal de potência a um nível em que ele possa ser facilmente processado enquanto minimiza o ruído introduzido.

Conversão descendente, Este estágio filtra e translada o sinal de RF para uma frequência em que o sinal de mensagem pode ser mais facilmente demodulado. Com os receptores modernos, o sinal é transladado diretamente para a banda base, processo esse referido como conversão descendente direct-IQ. **Demodulação**, este é o estágio em que o sinal de mensagem transmitido é recuperado. Em receptores clássicos, a demodulação frequentemente consiste em uma sequência de filtros lineares. Em receptores modernos, com o advento do processamento digital de sinais e da eletrônica avançada, a demodulação é frequentemente mais complexa com o propósito de melhorar o desempenho.

Sincronização, quase todos os sistemas de comunicação requerem algum tipo de circuito de sincronização, devido às diferenças entre os clocks de tempo e frequência utilizados no transmissor e no receptor. Dependendo da estratégia de modulação e multiplexação utilizada, os métodos para a obtenção de sincronização podem ser bastante sofisticados. Contudo, um circuito chamado de malha de sincronismo de fase e suas variantes exercem um papel fundamental em muitas dessas estratégias.

Compensação de canal, o objetivo desse estágio é contrabalançar algumas das anomalias que foram encontradas no canal. Enquanto que a estratégia de modulação pode ser projetada para contrabalançar uma anomalia específica, algum processamento adicional no receptor frequentemente melhorará o desempenho. As técnicas de compensação de canal tendem a ser mais avançadas e incluem a equalização para canais seletivos quanto à frequência, e a correção

de erro direta para canais ruidosos.

Pilha de protocolos, e Em sistemas digitais, é frequentemente apenas neste estágio que o receptor determina se a mensagem detectada foi a que se esperava ou não. A escolha da modulação e da correspondente demodulação é claramente o principal elemento no combate às anomalias do canal de rádio. Com os avanços da tecnologia de processamento digital de sinais, nossas habilidades nessa área estão cada vez melhores. Por essa razão, a modulação e a demodulação exercem um papel fundamental no estudo dos sistemas de comunicação.

2.4.1 Teorema de Nyquist Shannon

O teorema de amostragem de Nyquist, garante que uma amostra de uma função contínua pode ser perfeitamente reconstruída a partir de suas amostras se a taxa de amostragem for maior que o dobro da maior frequência presente na função.

2.4.1.1 Tipos de amostragem

Amostragem instantânea, a função amostradora é um trem de impulsos de Dirac estas amostras são instantâneas (sem duração). O seu espectro é composto pelo espectro original mais réplicas idênticas.

Sinal a amostrar: equação 1-g(t)

Função de amostragem: trem de impulsos de Dirac: equação 2

$$c(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s) \quad C(f) = f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f - nf_s)$$

Sinal após amostragem: equação 3

$$g_{\delta}(t) = g(t)c(t) = g(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(nT_s)\delta(t - nT_s)$$

$$G_{\delta}(f) = G(f) * C(f) = G(f) * \left[f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f - nf_s) \right] = f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} G(f - nf_s)$$

isto é, $G_{\delta}(f) = f_s G(f) + f_s G(f \pm f_s) + f_s G(f \pm 2f_s) + \dots$

Conclusões: o espectro é formado por iguais réplicas do espectro original, a recuperação do sinal original faz-se passando a **equação 3** por um filtro passa-baixo de frequência de corte adequada.

Amostragem natural, a função amostradora é um trem de impulsos com uma certa largura. Cada amostra, de duração não nula, toma a forma da função amostrada e o espectro é composto pelo espectro original mais réplicas cuja amplitude diminui com seno cardinal.

Sinal a amostrar: equação 4- $g(t)$

Função de amostragem: trem de impulsos com duração T e amplitude A: **equação 4**

$$c(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{j2\pi n f_s t} \quad (\text{série de Fourier})$$

Coeficientes da série: $c_n = f_s T A \text{sinc}(n f_s T)$

Sinal após amostragem

Nos tempos- equação 5a

$$s(t) = g(t)c(t) = g(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{j2\pi n f_s t}$$

Nas frequências- equação 5b

$$S(f) = F[s(t)] = F \left[g(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{j2\pi n f_s t} \right]$$

Amostragem de topo plano, cada amostra tem um valor constante em toda a sua duração não nula. O espectro “sofre” do efeito de abertura: nas baixas frequências o espectro original vem multiplicado por um seno cardinal, no receptor é preciso compensar o efeito de abertura com um filtro cuja função de transferência é um seno cardinal invertido e este é o tipo de amostragem mais simples e vulgar. Também é designado de “sample-and-hold”.

Sinal a amostrar: equação 6- $g(t)$;

Sinal após amostragem: equação 7a e 7b

Temporal

$$s(t) = \underbrace{g(t)c(t)}_{g_\delta(t)} * h(t) = \sum_n g(nT_s)h(t - nT_s)$$

Em frequência

$$S(f) = G_\delta(f)H(f) = f_s H(f) \sum_n G(f - nf_s)$$

2.5 Receptor super-heteródino

Em um sistema de comunicação, independentemente de ele ser baseado em modulação de amplitude ou de frequência, o receptor não apenas tem a tarefa de demodular o sinal modulado que chega, mas também é necessário que ele execute algumas outras funções de sistemas:

- Sintonização de frequência da portadora, cujo propósito é selecionar o sinal desejado (isto é, a estação de rádio ou TV desejada).
- Filtragem, a qual é necessária para separar o sinal desejado de outros sinais modulados que possam ser captados ao longo do caminho.
- Amplificação, que se destina a compensar a perda de potência de sinal incorrida no curso da transmissão.

O receptor super-heteródino, ou superhet como é comumente referido, é um tipo especial de receptor que cumpre todas as três funções, particularmente as duas primeiras, de uma maneira elegante e prática. Especificamente, ele supera a dificuldade de se ter de construir um filtro sintonizável altamente seletivo e variável. De fato, praticamente todos os receptores de TV e de rádio analógicos são do tipo super-heteródino. Basicamente, o receptor consiste em uma seção de radiofrequência (RF), um misturador e um oscilador local, uma seção de frequência intermediária (FI), demodulador e amplificador de potência. Parâmetros de frequência típicos de receptores comerciais de rádio AM e FM estão listados na Tabela 1.

	Rádio AM	Rádio FM
Banda da portadora de RF	0,535–1.605 MHz	88–108 MHz
Frequência de banda intermediária da seção de FI	0,455 MHz	10,7 MHz
Largura de banda de FI	10 kHz	200 kHz

Tabela 1: Parâmetros de frequência típicos de receptores de rádio AM e FM (Fonte: Autor).

Tabela1: Parâmetros de frequência típicos de receptores de rádio AM e FM (Fonte: Auctor)

Figura 6 mostra o diagrama de blocos de um receptor super-heteródino para modulação em amplitude que utiliza um detector de envoltória para a demodulação. A onda modulada em amplitude recebida é captada na antena receptora e amplificada na seção de RF que está sintonizada na frequência de portadora da onda na entrada. A combinação de misturador e oscilador local (de frequência ajustável) constitui uma função de heterodinização, por meio da qual o sinal que chega é convertido para uma frequência intermediária fixa predeterminada, normalmente menor do que a frequência de portadora que chega. Essa translação de frequência é obtida sem perturbar a relação que as bandas laterais têm com a portadora. O resultado da heterodinização é produzir uma portadora de frequência intermediária definida por: **equação 8**

$$f_i = f_{rf} - f_{ol}$$

em que f_{ol} é a frequência do oscilador local e f_{rf} é a frequência de portadora do sinal de RF de entrada. Referimo-nos a f_i como a frequência intermediária (FI), porque o sinal não está na frequência de entrada original e nem na frequência de banda base final. A combinação misturador-oscilador local é algumas vezes referida como o primeiro detector, caso em que o demodulador é chamado de segundo detector.

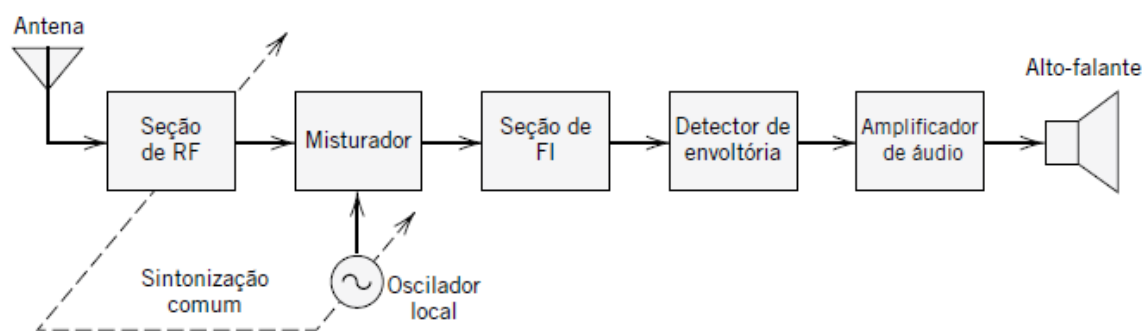


Figura 6: Elementos básicos de um receptor AM do tipo super-heteródino (Fonte: R. D. Gitlin, J. F. Hayes, and S. B. Weinstein, 1992).

A seção de FI consiste em um ou mais estágios de amplificação sintonizada, com uma largura de banda correspondente à que é necessária para o tipo particular de sinal que o receptor intenta manipular. Essa seção provê a maior parte da amplificação e seletividade no receptor. A saída da seção de FI é aplicada a um demodulador, cuja finalidade é recuperar o sinal de banda base. Se for utilizada detecção coerente, então uma fonte de sinal coerente deverá ser fornecida ao receptor. A operação final no receptor é a amplificação de potência do sinal de mensagem recuperado. Em um receptor super-heteródino, o misturador desenvolverá uma saída de frequência intermediária quando a frequência do sinal de entrada for maior ou menor do que a frequência do oscilador local em uma quantidade igual à frequência intermediária. Isto é, há duas frequências de entrada, a saber as quais resultarão em fFI na saída do misturador. Isso introduz a possibilidade de recepção simultânea de dois sinais que diferem em frequência de uma quantidade igual ao dobro da frequência intermediária. Por exemplo, um receptor sintonizado em 1 MHz e que tem uma FI de 0,455 MHz está sujeito a uma interferência de imagem em 1,910 MHz; de fato, qualquer receptor com esse valor de FI, quando sintonizado em qualquer estação, estará sujeito a interferência de imagem na frequência de 0,910 MHz mais elevada do que a estação desejada. Uma vez que a função do misturador é produzir a diferença entre duas frequências aplicadas, ele é incapaz de distinguir entre o sinal desejado e sua imagem porque ele produz uma saída de FI a partir de qualquer um deles. A única solução prática para a interferência de imagem é empregar etapas altamente seletivas na seção de RF (isto é, entre a antena e o misturador) a fim de favorecer o sinal desejado e eliminar o sinal indesejado ou sinal imagem. A eficiência da supressão de sinais imagem indesejados aumenta à medida que o número de estágios seletivos na seção de RF cresce e que a frequência intermediária em relação à frequência do sinal aumenta. A diferença básica entre receptores super-heteródinos de AM e FM reside na utilização de um demodulador de FM, como, por exemplo, um limitador-discriminador de frequência. Em um sistema de FM, a informação da

mensagem é transmitida por variações da frequência instantânea de uma onda portadora senoidal, e sua amplitude é mantida constante. Portanto, quaisquer variações da amplitude da portadora na entrada do receptor devem resultar de ruído ou interferência. Um limitador de amplitude, posterior à seção de FI, é utilizado para remover variações de amplitude cortando a onda modulada na saída da seção de FI quase no eixo zero. A onda retangular resultante é arredondada por um filtro passa-faixa que elimina harmônicos da frequência da portadora. Dessa forma, a saída do filtro é novamente senoidal, com uma amplitude que é praticamente independente da amplitude da portadora na entrada do receptor.

CAPITULOIII- Descrição das actividades realizadas no estágio

3.1. Apresentação da empresa

ATVSD está localizada na Avenida Vladimir Lenine 3071, MAPUTO, Maputo 1000, MZ.

Com 23 anos de experiência na indústria das telecomunicações, a TVSD é a principal fornecedora e instaladora de soluções de telecomunicações e serviços de manutenção em Moçambique. Sediada em Maputo. A TVSD é distribuidora oficial em Moçambique de inúmeras marcas das quais se destacam a Motorola Solutions, Intelbras, Barrett Communications, Grandstream Hytera, EcooGPS, Iridium e Inmarsat. Entre as equipas técnica, comercial e administrativa, a TVSD é orgulhosa da sua matriz moçambicana, em que os princípios de sustentabilidade, inovação e igualdade de género são pilares da sua actuação no mercado, reconhecidos por clientes nacionais e internacionais. Conta actualmente com mais de 100 colaboradores que se regem pelos melhores padrões de ética com o objectivo de manter uma conduta profissional exemplar e de proporcionar serviços com a máxima qualidade e eficiência. Certificada em ISO 9001, ISO 45001 e parceira platina Motorola Solutions.

A equipe técnica e comandada pelo Director técnico, engenheiro Júlio Wate.

A empresa é dividida entre o bloco técnico e o bloco administrativo, cabe ao bloco técnico a realização de trabalhos de manutenção, instalação e projecção dos diversos trabalhos da área das telecomunicações.

3.2. Actividades realizadas no período de estagio

A primeira Actividade a qual fui encarregado de cumprir foi a elaboração de relatórios das actividades diárias realizadas pela equipe técnica, a equipe está dividida da seguinte forma: sector de rádio e Televisão, sector de HST, sector de automação (que atende especificamente a empresa vulcan em Tete),

Era da minha responsabilidade recolher o plano das actividades de todos os sectores e compilar em um relatório de modo a enviar ao director técnico todos os dias de trabalho.

3.2.1. Mudança da antena dos radios da LAM

Esta actividade deveu-se a mudança das instalações de um grupo de funcionários da LAM, este trabalho consistiu inicialmente na visita do novo local a instalar a antena e o receptor, e com a visita do local observou-se a necessidade de usar-se um mastro para dar uma maior altura a antena. Preparou-se o mastro (encomendou-se em uma serelharia) a galvanização do mastro ficou na minha responsabilidade, dois dias depois efectuamos a montagem do mastro e da antena e foram realizados os devidos testes para aferir a qualidade do sinal de rádio.

3.2.2. Configuração de rádios HF e UHF (da Motorola) dos diversos clientes

Uma das actividades mais comuns na TVSD, é a comercialização de Rádios push to talk, estes radios a empresa requisita na Motorola e deve configura-los para o cliente. Quando os radios estão na posse do técnico, este deve colocar a carregar o rádio por um tempo de 4 a 6h de tempo, e o mais habitual é conecta-los no final das actividades diarias para poder encontra-lo completamente carregado no dia seguinte, depois deste carregamento segue-se a fase da configuração do radio que obedece as seguintes etapas:

Conecte o rádio ao computador: Utilize um cabo USB para conectar o rádio ao computador

Abra o software de programação: Instale e abra o software de programação da Motorola, como o MOTOTRBO 2.01.

Leia o rádio: Use o software para ler o rádio e acessar as configurações de zona e canal1.

Configure os canais: Para configurar um canal analógico, clique no botão "+" e selecione "canal analógico". Renomeie o canal e defina as frequências RX e TX1. Escolha um código TP L ou DPL para o canal1.

Teste a comunicação: Escreva a configuração no rádio e teste a comunicação com outro rádio configurado com as mesmas configurações.

De referir que as frequências que são introduzidas durante a configuração são da responsabilidade do cliente, ele adquire no INCM.

3.2.3. Instalação de Rádios Motorola nas viaturas do Alto Comissariado do Canadá

A equipa quando chegou ao local foi recebida e, determinou o local estratégico para a colocação dos suportes e as respetivas antenas, a melhor forma para o encaminhamento dos cabos coaxial e dos cabos de alimentação. De referir que estes cabos passaram ao redor do motor de modo a garantir maior organização, foram segurados por cintas.

Procedimentos do Trabalho Realizado no local

- ✓ Dimensionamento dos locais a furar para a fixação do suporte da antena;
- ✓ Furação dos locais previamente identificados;
- ✓ Fixação dos suportes na base de rebites e porcas;
- ✓ furação e encaminhamento de cabos de alimentação e cabo da antena;
- ✓ conexão dos cabos de alimentação a bateria;
- ✓ fixação do radio e microfone no interior das viaturas
- ✓ Posicionamento das antenas;
- ✓ Conexão dos cabos as antenas;
- ✓ Alimentação do sistema;
- ✓ Teste do funcionamento dos rádios

Vejam os a seguir a tabela que lista os equipamento e material instalado no local.

equipamento	quantidades
Suporte inox	5
Radio Motorola XPR 535506-VHF	5

Em seguida são mostradas algumas imagens com o trabalho já concluído:



Figura 7: Instalação do Transreceptor Motorola XPR 535506-VHF (Fonte: Autor)

3.2.4. Manutenção dos sistema de radio da LM Rádio

Esta atividade foi um trabalho em altura, que exigiu duras medidas de HST, de modo a garantir a integridade dos tecnicos envolvidos neste trabalho, consistiu na troca completa do cabo Coaxial e dos adaptadores de impedância que conectavam a antena e o transmissor da LM Rádio.



Figura 8: mudança do cabo coaxial que conecta a antena ao transmissor (Fonte: Autor)

CAPÍTULO IV: Proposta de melhoramento das comunicações entre as infraestruturas dos CFM e as Locomotivas

O CFM Sul, possui soluções de rádio bidirecional da MOTOROLA, que oferecem comunicações em tempo real, relativas à segurança e circulação de comboios. Pretende-se com o presente procedimento, adquirir um sistema de gravação, das referidas comunicações, com o objectivo de mantê-las guardadas para eventuais auditorias aos procedimentos usados durante a gestão das circulações.

4.1. Requisitos gerais do sistema de gravação exigidos pelos CFM

O sistema de gravação, deve monitorizar continuamente, as comunicações via rádio, realizadas dentro da rede ferroviária sul. O sistema deve detectar e guardar todos os eventos e permitir a definição do intervalo mínimo de detecção. O sistema deve ser sincronizado automaticamente. O ciclo de vida, deverá ser igual ao ciclo de vida dos equipamentos de telecomunicações existentes na rede ferroviária. O tempo de armazenamento de dados, poderá ser de 03 a 28 dias, podendo existir tempos de armazenamento distintos, dependendo do canal. O gravador deverá ser capaz de gravar simultaneamente, informação vinda de todas as fontes (canais), sem serem corrompidos durante o período de armazenamento. A alteração ou eliminação de conteúdos de dados, do portador de dados deverá ser impossível.

4.2. Proposta técnica sugerida pela TVSD

Para satisfação dos requisitos e necessidades dos CFM a tvSD propõe um sistema de gravação baseado no Software SmartPTT licenciado pela Motorola para sistemas de Despacho. Este software permite a integração de voz e dados do radios Mototrbo da Motorola e é compatibilidade com o sistema Digital, IPSC, Cap+, Linked Cap+ e Capacity Max. Este sistema permite o registo dos usuários como administradores ou operadores, e ainda podem ser registados todos logs realizados neste gravador conforme requisito do concurso.

Para a Gravação dos 6 canais analógicos serão usadas estações de controle baseadas no rádio Digital DM4400 que fará a escuta do sinal analógico VHF, e o mesmo será interligado ao Remote Gateway RG-1000e. O Uso dos Gateway RG-1000e irá permitir a ligação de dois rádios via cabo num só gateway, poupando e reduzido o número de cartas de som para o

computador, ainda estes Gateway tem a vantagem de ser alimentados pelo próprio rádio e permitir melhor diagnóstico e manutenção do sistema. Este padrão é o mais indicado em termos técnicos para quantidade de canais a serem gravados pelos sistemas licenciados pela Motorola no geral.

Para a gravação do sinal digital, propomos o uso de uma interface directa para repetidora, e não o uso de estações de controle que requerem mais rádios moveis, gateway ou carta de som extra. As repetidora digitais da Motorola permitem a ligação via IP através sua porta de rede quando esta opera no modo digital, maximizando as funcionalidade da tecnologia digital (monitoramento comunicações, diagnósticos da repetidora, gravação do áudio e GPS dos rádios, etc), partindo deste pressuposto, preferimos interligar a repetidora através de um link de rádios de microondas ao servidor através de rádios ponto-a-ponto, e assim todas conversas que vão passar nos dois time slots serão monitoradas pelo Smartptt e gravados sem ruído ou interferências de RF, e não será necessário aumentar estações de controle para ouvir novos grupos caso o CFM necessite. O Uso do rádio de microondas para ligar a repetidora ao gravador permite que no futuro caso CFM deseje monitorar os rádios dos usuários, fazer despacho e localização via GPS, chamadas telefônicas, etc não precisa fazer mais nada além de comprar uma licença para habilitar estas funcionalidades já incorporadas neste software.

4.3. Descrição dos equipamentos e materiais usados neste projecto

Com as pesquisas feitas, optou-se por adquirir um computador de mesa da marca Dell, de modo a permitir o armazenamento, gerenciamento e controlo do sistema e ainda de tornar possíveis modificações futuras se necessário:

- Processador: Intel Core i5-10700 de 10ª geração (8 núcleos, 16 threads, até 4,8 GHz com Turbo Boost).
- Memória RAM: 16 GB DDR4 de 2933 MHz, expansível até 64 GB.
- Armazenamento: SSD de 512 GB PCIe NVMe, que oferece tempos de carregamento rápidos e maior desempenho.
- Placa de Vídeo: NVIDIA GeForce GTX 1660 Ti com 6 GB GDDR6, que garante qualidade gráfica para edição de mídia, jogos e design gráfico.
- Sistema Operacional: Windows 10 Home, com atualização para o Windows 11 disponível.
- Wi-Fi 6 (802.11ax) e Bluetooth 5.1.

- **Rack-** foi necessário uma rack para a sustentação e colocação do computador, switch, router e transreceptores.
- **Cabo coaxial** (RG58 e RG213) e conectores BNC e TNC, Cabos UTP.

Rádios Motorola DM 1400

O rádio Motorola DM1400 é um rádio bidirecional móvel projetado para uso em ambientes profissionais e industriais. Ele oferece comunicação confiável para equipes em campo e em locais onde a coordenação é essencial, a escolha do DM 1400 foi devido ao custo benéfico que este rádio apresenta em relação aos demais que possuem as características procuradas.

- Frequência: VHF (136-174 MHz) e UHF (403-470 MHz);
- Potência de Transmissão: VHF: 1 a 25 W ou 25 a 45 W, UHF: 1 a 25 W ou 25 a 40 W;
- Canais: Até 16 canais, permitindo a organização das comunicações em grupos;
- Display e Controles: Sem display digital; conta com LEDs e botões intuitivos para fácil operação. Botões programáveis para configurações rápidas de canais e funções.
- Alimentação: Conectado a sistemas de energia veicular de 12V ou 24V.
- Dimensões e Peso: Dimensões aproximadas: 44 x 169 x 118 mm, Aproximadamente 1,3 kg.
- **Funções Principais:** Capacidade de varredura de canais, Chamada seletiva e sinalização DTMF, Recursos de economia de bateria e Alerta de emergência.

Fonte de alimentação de 30ª

Antenas Zara 60/130

4.3.1. Conexão do repetidor SmartPTT Enterprise Diret IP (SmartPTT Enterprise Direct IP repeater connection)

O Smartptt possui as seguintes especificações:

- Monitoramento GPS de usuários de rádio MOTOTRBO em tempo real;
- Suporta 5 formatos diferentes de mapas (vetorizados, rasterizados, MapPoint, Google Earth e outros);
- Registro dos posicionamentos;
- Análise do percurso percorrido em determinado período de tempo;

- Visualização do percurso percorrido com animação;
- Relatório detalhado sobre a movimentação do usuário;
- Cerca eletrônica (Geofencing).

Comunicações eficientes

O SmartPTT permite que os despachantes falem com diferentes rádios, grupos de conversação, smartphones e sistemas de rádio. Durante interrupções, devido a tempestades, pode ser necessário fazer a junção de diferentes sistemas de rádio (por exemplo, empreiteiros, agências de segurança pública) para operação conjunta. Isso pode ser feito através da função Cross Patch do SmartPTT. A console personalizada permite que os despachantes criem o layout da interface do usuário para identificar claramente os diferentes grupos de conversação ou sistemas de rádio. Seja usando um rádio, um telefone, ou um smartphone, o SmartPTT fornecerá comunicações perfeitas

Segurança do trabalhador e gestão de emergências

O SmartPTT possui vários recursos que podem gerenciar a segurança de seus trabalhadores. O rádio MOTOTRBO pode enviar um sinal de emergência para o despachante SmartPTT, caso o trabalhador pressione o botão de emergência ou caso o recurso “man-down” detectar que o rádio está sem movimento ou caído por muito tempo. Isso alerta o despachante SmartPTT de que o usuário está em perigo. Uma barreira geográfica também pode ser criada no SmartPTT para notificar o rádio e o despachante, quando um trabalhador entrar em uma zona perigosa ou sair de uma área específica. Quando ocorre uma emergência, o despachante SmartPTT pode controlar a resposta à emergência, enviando equipes de resposta para o local da emergência, com base nas informações de localização fornecidas por GPS ou beacons indoor. As funções de gravação de voz e registro de eventos do SmartPTT permitem que os controladores reconstruam os detalhes de cada emergência conforme necessário, monitorando e revisando todas as transmissões de voz e dados que ocorrem no sistema.

Eficiência de custo operacional

O despacho de voz e a emissão de Job Ticketing (tíquetes de trabalho) melhoram a coordenação de tarefas entre as equipes de manutenção. As opções “Lone Worker” e “Man Down”, juntamente com o GPS ou Rastreamento Indoor, eliminam a necessidade de enviar dois

funcionários para fazer o trabalho de um. Com o uso da opção de rastreamento GPS você consegue atribuir a unidade disponível mais próxima para executar um reparo, com isso, os custos de combustível podem ser reduzidos.

Redução de interrupções e tempo ocioso

O uso dos recursos de rastreamento de GPS do SmartPTT permite que se localize e designe facilmente a equipe de trabalho mais próxima a um local para reparos. Isso permite tempos de resposta mais rápidos sem a necessidade de contratar mais funcionários. Usando a opção SCADA do SmartPTT, quando ocorre uma falha de equipamento, o despachante recebe uma notificação. O despachante pode então usar o controle SCADA para resolver a falha ou designar um técnico, por meio de job ticketing, mensagem de texto ou chamada de voz para ir ao local para resolver o problema. Regras e alertas também podem ser criadas para notificar automaticamente um rádio ou grupo de conversação sobre falhas.

4.4. Arquitectura do sistema de gravação

O sistema de gravação, deverá se basear em um software, instalado em um servidor com a função de gravar conversas de rádio para rádio. O servidor, deverá realizar interface com os rádios usados no despacho, devendo estes estarem conectados ao servidor por meio de um cabo personalizado, O número de estações de controlo é definido pelo número de canais de rádio que serão gravados, sendo para este caso num total de 08 (oito) canais, dos quais seis são analógicos e dois digitais.

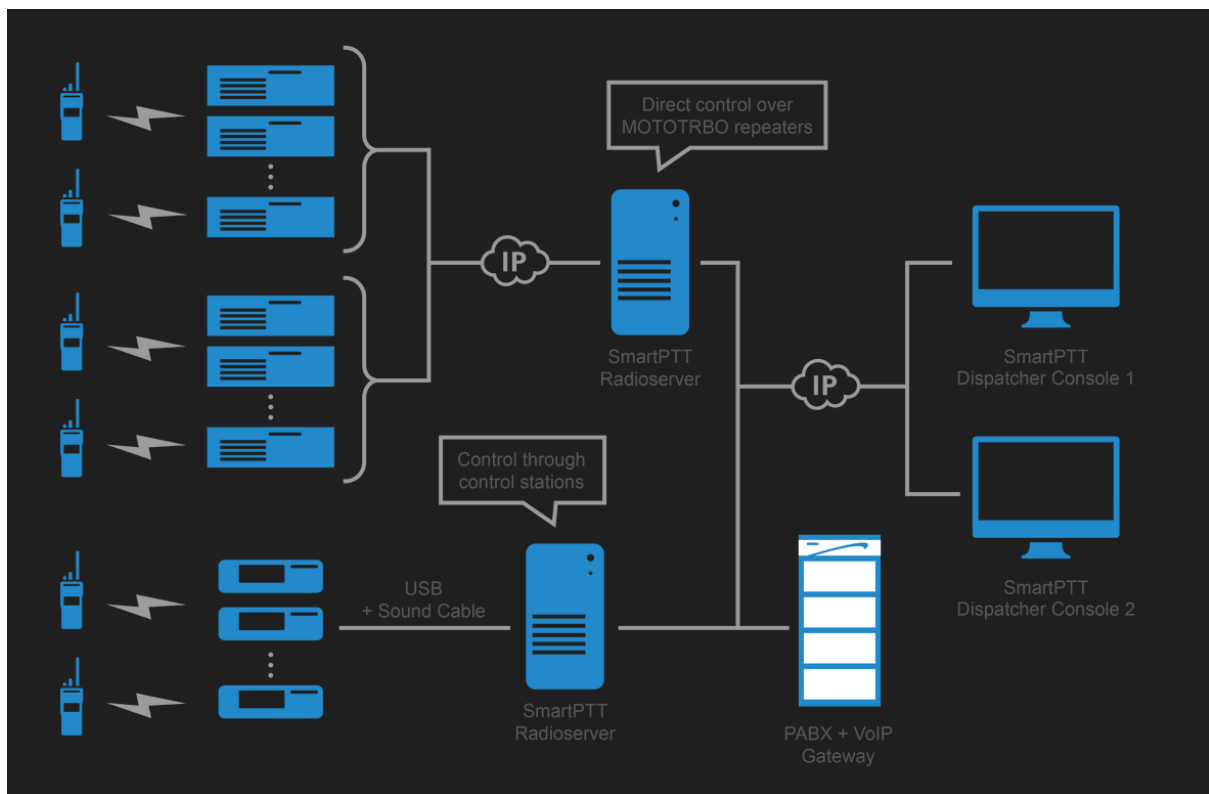


Figura 9: diagrama do sistema Smartptt (fonte: Triangle Communications INC).

4.5. Compatibilidade

O sistema, deverá ser totalmente compatível com rádios Motorola MOTOTRBO™, portáteis, móveis e Fixos, nos seguintes modos de rede:

- Analógico
- Modo. Simplex
- Modo de Repetidora
- IP Site Connect
- Capacity Plus
- Linked Capacity Plus
- Capacity Max
- Connect Plus

4.6. Resultados esperados

A implementação do SmartPTT nas comunicações da empresa CFM trará avanços significativos para a eficiência e segurança das operações. Com uma solução de despacho digital integrada ao sistema de rádio MOTOTRBO da Motorola, a comunicação entre as equipes de operação, manutenção e gestão se torna instantânea e fluida, permitindo melhor coordenação, especialmente em situações de emergência ou em momentos que exigem mudanças rápidas de planos. Esse sistema também eleva a segurança das operações. Recursos como o botão de emergência e a geolocalização garantem que os operadores possam alertar sobre possíveis perigos e que a empresa consiga monitorar em tempo real a localização de seus ativos e funcionários. Esse acompanhamento contínuo permite respostas rápidas em caso de incidentes, ajudando a proteger os trabalhadores e a integridade dos equipamentos.

Além disso, o SmartPTT facilita uma gestão mais eficaz dos recursos disponíveis, uma vez que permite o monitoramento remoto do status das locomotivas e outros ativos, o que otimiza o uso dos equipamentos e reduz a necessidade de intervenções corretivas. Esse monitoramento preventivo evita falhas inesperadas, contribuindo para a redução dos custos de manutenção e para o aumento da produtividade.

Outro benefício importante é a geração automática de relatórios detalhados sobre as operações e incidentes. Essas análises possibilitam um melhor entendimento do desempenho e oferecem informações que ajudam na tomada de decisões e na identificação de melhorias contínuas. O sistema também é flexível e escalável, podendo ser expandido e adaptado conforme a empresa cresce ou novas necessidades surgem. Com comunicações internas mais rápidas e eficientes, a empresa ferroviária tem melhores condições de cumprir os horários e de oferecer um serviço de qualidade, beneficiando diretamente os clientes. Dessa forma, o SmartPTT representa uma solução robusta que potencializa não só a produtividade, mas também a segurança e a competitividade da empresa no setor ferroviário.

CAPÍTULO V- considerações finais e recomendações

5.1. Considerações finais

Com a oportunidade de efectuar o estágio numa empresa que actua no ramo das telecomunicações, foi possível fortificar conceitos chave referentes às telecomunicações, ter a chance de aplicar os conhecimentos teóricos em prol das actividades práticas que eram exercidas na empresa ou no terreno (local desejado pelo cliente). Actualmente, a comunicação vai para além da conexão por voz, os sistemas de comunicação são mais complexos, exigentes e robustos a interferências. A exigência do cliente foi que o sistema permitisse a gravação do fluxo de voz no sistema que eles possuíam então, a TVSD, sendo uma empresa com experiência em soluções viradas para os sistemas de comunicação, sugeriu um sistema que não só permitiria a gravação do fluxo de voz, mas também um sistema que melhoraria o controlo das locomotivas, possibilitando saber o posicionamento do funcionário no local de trabalho.

Com o exposto acima, considero que a minha passagem pela TVSD foi de grande aprendizado prático, pois tive experiências laborais inesquecíveis.

5.2. Recomendações

As recomendações referentes ao sistema smartptt são:

- Capacitação de um técnico dos CFM, para a monitorização do sistema;
- O uso de dispositivos de fácil aquisição, pois o que tem acontecido em diversas empresas públicas moçambicanas é a aquisição de uma máquina, material ou sistema sem o devido estudo de viabilidade quanto à manutenção e, para uma vida útil duradoura do sistema, os componentes devem ser de fácil aquisição.

Recomendações quanto ao estágio:

- A elaboração de um plano de actividades, para que o estagiário cumpra enquanto estiver naquela instituição ;
- Intensificação das medidas de HST viradas para o trabalho em alturas.

6. BIBLIOGRAFIA

Nesta secção, faz-se uma lista referente aos livros, artigos ou documentos em geral que foram consultados de tal forma a sustentar a pesquisa.

6.1 Referências bibliográficas

Alves, M. d. P., 2012. Metodologia Científica. Escolar editora, Lisboa N. Abramson, Information Theory and Coding (New York: McGraw-Hill, 1963).

Bell Telephone Laboratories, Transmission Systems for Communications (1971).

S. Benedetto, E. Biglieri, and V. Castellani, Digital Transmission Theory (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1987).

Cotta, M. (2014). Uma Teoria da Mudança e o Cálculo do Retorno Social sobre o Investimento (SROI) na Avaliação de Programas, Projetos e Negócios Sociais. Universidade Federal de Minas Gerais.

DEL-MASSO, M.; COTTA, M.; SANTOS, M. 2014 -Ética em Pesquisa Científica: conceitos e finalidades. UNESP. São Paulo

Lakatos, E. Marconi, M. 2003 -Fundamentos de metodologia científica. Editora Atlas. 5ª edição. São Paulo.

Shannon, C. E. (1948). Uma Teoria Matemática da Comunicação. Bell System Technical Journal, 27, 379-423, 623-656.

Shannon, C. E. (1959). Comunicação na Presença de Ruído. Proc. IRE, 47(1), 97-106.

Pinto, P. da C. L. da F. (2006). Introdução às telecomunicações. Departamento de Engenharia Electrotécnica, Secção de Telecomunicações.

SIMOM HAYKIN MICHAEL MOHER. 2011- SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO . 5ª edição. Canadá.

R. D. Gitlin, J. F. Hayes, and S. B. Weinstein, Data Communications Principles (New York: Plenum, 1992).

“Diagrama do sistema smartptt”. Triangle communications INC”, <https://www.bing.com/images/search?q=diagrama%20do%20smartptt&form=IQFRBA&id=618ABC12D62F3F872D1A90E614EE53F940E6896A&first=1&disoverlay=1> . acessado à 25 de outubro de 2024.

“ DATASHEET Do Motorola DM1400”: https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/business/product_lines/mototrbo/dm1000/dm1400/en_dm1000_data_sheet.pdf. Acessado à 03 de novembro de 2024.

ANEXOS

ANEXO 1. PROGRAMA DE ESTÁGIO



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ENGENHARIA ELECTRÓNICA

PROGRAMA DE ESTÁGIO PROFISSIONAL (EP)

Local: TVSD-Electrónica e Telecomunicações

Autor:

Gerson Xavier Chissambule

Supervisores:

Eng.º Frederico Zile

Eng.º Júlio Wate

Maputo, Novembro de 2024

A. 1.1

ANEXO 2. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES		JULHO			AGOSTO				SETEMBRO			
		S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
01	Formulação do problema e dos objectivos											
02	Levantamento de viabilidade da proposta											
03	Identificação dos Supervisores											
04	Desenvolvimento da proposta											
05	Entrega e Aprovação da proposta											
06	Estruturação do projecto											
07	Documentação do relatório											
08	Encontro e apresentação parcial 1 do relatório com o supervisor											
09	Especificação dos equipamentos											
10	Encontro e apresentação parcial 2 do relatório com o supervisor											
11	Desenvolvimento de novas funcionalidades do sistema											
12	Dimensionamento dos equipamentos de novas funcionalidades do sistema											
13	Comparação do projecto com o sistema convencional											
14	Encontro e apresentação parcial 3 do relatório com o supervisor											
15	Testes de novas funcionalidades do sistema											

16	Análise da viabilidade de execução												
17	Encontro e apresentação parcial 4 do relatório com o supervisor												
18	Entregar relatório final												

Elaborado por **GERSON XAVIER CHISSAMBULE**

A. 2.1

ANEXO 3

COTAÇÃO DOS MATERIAISE EQUIPAMENTOS

Code	Item	Suggested Customer Price, USD	Dealer Price, USD	Qty	Total, USD	Description
Base Packages						
SPTTE0001	SmartPTT Enterprise *Direct IP repeater connection	1 dispatcher console 1 radioserver 10 subscriber licenses (1 year update subscription)	1.350,00	945,00	1	945,00
Additional Dispatcher Console Licenses						
SPTTC0001	Additional Dispatcher Console (per 1 license)		400,00	280,00	1	280,00
System connectivity licenses (Enterprise edition only, one license per system)						
Indoor Tracking Service Licenses (Enterprise Edition Only)						
Avigilon Integration						
SPTTRG1010	Remote Gateway RG-1000e (1-9 pieces)		945,00	790,00	4	3.160,00
Accessories						
SPTTRG100C	Cable to connect second Control Station to RG-1000e unit		80,00	56,00	4	224,00
Total (accessories, including VAT)					4.609,00	

Servidos			
Desktop (Core i5, 2 HDD, Win 10 Pro)			
Monitor de 17"			
Radios Moveis			
Radio Motorola DM1400		6	
Fichas BNC RG213		6	
Fichas N Femea RG58		6	
Fichas N macho RG213		6	
Cabo RG213		30 metros	
Fonte de alimentação de 30A		1	
Antenas Zara 60/130		6	
Suporte para antenas		1	7500
Link de Micondas para interligar o Gravador e repetidora/Rack			
Tenda Poin to Point 5KM		2	15700
Cabo UTP		20metros	
Extensão Electrica PDU			32500
Rack 22U			
bandejas extras para Rack		2	3850
Fichas RJ45		10	25
Suporte para o rádio de micoondas		1	2500
Switch 8 portas		1	
Acessorios de instalação			
Kit de instalação		1	3500
Fita especial 3M		1	
Pacote de Cintas Plasticas Medias		1	

Link de acesso ao documento da proposta:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1OVpXSuOIMvhX->

[S3bkVyxITTYEXaqfiLm/edit?usp=drive link&ouid=118332545922300765633&rt](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1OVpXSuOIMvhX-S3bkVyxITTYEXaqfiLm/edit?usp=drive_link&ouid=118332545922300765633&rt)

[pof=true&sd=true](#)

A.3.1

ANEXO 4

Datasheet do radio Motorola DM1400



MOTOTRBO™ DM1400 AND DM1600 MOBILE RADIOS

YOU'RE SIMPLY MORE EFFICIENT



FEATURES

- Analogue / Digital
- Voice Communications
- Dual Capacity Direct Mode¹
- Numeric Display (DM1400)
- Alphanumeric Display (DM1600)
- Digital Mobile Radio (DMR) Standards Compliant¹

PRODUCT SPEC SHEET MOTOTRBO™ DM1400 AND DM1600 MOBILE RADIOS

GENERAL SPECIFICATIONS				
	ALPHANUMERIC DISPLAY DM1600		NUMERIC DISPLAY DM1400	
	VHF	UHF 1	VHF	UHF 1
Channel Capacity	160		16	
Typical RF Output	1-25 W		1-25 W	
Low Power	25-45 W		25-40 W	
High Power	1-25 W		1-25 W	
Frequency	136-174 MHz	403-470 MHz	136-174 MHz	403-470 MHz
Dimensions (H x W x L)	44 x 169 x 134 mm			
Weight	1.3 kg			
Operating Voltage	10.8-15.6 VDC, 13.2 VDC Nominal			
Current Drain	0.81 A max		0.81 A max	
Standby	2 A max		2 A max	
Rx @ Rated Audio	1-25 W: 11.0 A max		1-25 W: 11.0 A max	
Transmit	25-45 W: 14.5 A max		25-45 W: 14.5 A max	
RECEIVER				
Frequency	136-174 MHz	403-470 MHz	136-174 MHz	403-470 MHz
Channel Spacing	12.5 kHz / 20 kHz / 25 kHz			
Frequency Stability (-30°C, +60°C, +25°C Ref)	± 0.5 ppm			
Analogue Sensitivity	0.3 µV (12 dB SINAD) 0.22 µV (typical) (12 dB SINAD) 0.4 µV (20 dB SINAD)			
Digital Sensitivity	0.25 µV (5% BER) 0.19 µV (typical) (5% BER)			
Intermodulation	65 dB			
Adjacent Channel Selectivity	60 dB @ 12.5 kHz 70 dB @ 20/25 kHz	60 dB @ 12.5 kHz 70 dB @ 20/25 kHz	60 dB @ 12.5 kHz 70 dB @ 20/25 kHz	60 dB @ 12.5 kHz 70 dB @ 20/25 kHz
Spurious Rejection	70 dB			
Rated Audio	4 W (Internal) 7.5 W (External - 8 ohms) 13 W (External - 4 ohms)			
Audio Distortion @ Rated Audio	3% (typical)			
Hum and Noise	-40 dB @ 12.5 kHz / -45 dB @ 20/25 kHz			
Audio Response	+1, -3 dB			
Conducted Spurious Emissions (TIA603D)	-57 dBm			



TRANSMITTER				
Frequency	136-174 MHz	403-470 MHz	136-174 MHz	403-470 MHz
Channel Spacing	12.5 kHz / 20 kHz / 25 kHz			
Frequency Stability (-30°C, +60°C, +25°C Ref)	± 0.5 ppm			
Low Power Output	1-25 W			
High Power Output	25-45 W	25-40 W	25-45 W	25-40 W
Modulation Limiting	± 2.5 kHz @ 12.5 kHz / ± 4.0 kHz @ 20 kHz / ± 5.0 kHz @ 25 kHz			
FM Hum and Noise	-40 dB @ 12.5 kHz / -45 dB @ 20/25 kHz			
Conducted / Radiated Emission	-36 dBm < 1 GHz / -30 dBm > 1 GHz			
Adjacent Channel Power	60 dB @ 12.5 kHz / 70 dB @ 20/25 kHz			
Audio Response	+1, -3 dB			
Audio Distortion	3%			
Digital Vocoder Type	AMBE +2™			
Digital Protocol	ETSI TS 102 361-1, -2, -3			

Link para acesso ao datasheet do rádio:

[https://drive.google.com/file/d/1mJ7vWwqGKE8R-LpNh6IZ1zNgc9H-PQXb/view?usp=drive link](https://drive.google.com/file/d/1mJ7vWwqGKE8R-LpNh6IZ1zNgc9H-PQXb/view?usp=drive_link)