

**FACULDADE DOCTUM DE JOÃO MONLEVADE
INSTITUTO ENSINAR BRASIL - REDE DOCTUM DE ENSINO**

FERNANDO ROBERTO DE LIMA

**IMPLEMENTAÇÃO DE REDE *MESH* PARA COMUNICAÇÃO *WIRELESS* ENTRE
MÁQUINAS DE PÁTIO DE ESTOCAGEM DE MINÉRIO DE FERRO: estudo de
caso em uma mineradora no interior de Minas Gerais**

**João Monlevade
2019**

**FACULDADE DOCTUM DE JOÃO MONLEVADE
INSTITUTO ENSINAR BRASIL - REDE DOCTUM DE ENSINO**

FERNANDO ROBERTO DE LIMA

**IMPLEMENTAÇÃO DE REDE *MESH* PARA COMUNICAÇÃO *WIRELESS* ENTRE
MÁQUINAS DE PÁTIO DE ESTOCAGEM DE MINÉRIO DE FERRO: estudo de
caso em uma mineradora no interior de Minas Gerais**

**Projeto de Pesquisa apresentado ao
Curso de Engenharia Elétrica da
Faculdade Doctum de João Monlevade,
como requisito para aprovação na
disciplina TCC II.**

**Professor orientador: Professor Msc
José Olímpio dos Santos Filho.**

JOÃO MONLEVADE

2019



FACULDADE DOCTUM DE JOÃO MONLEVADE

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: IMPLEMENTAÇÃO DE REDE MESH PARA COMUNICAÇÃO WIRELESS ENTRE MÁQUINAS DE PÁTIO DE ESTOCAGEM DE MINÉRIO DE FERRO: ESTUDO DE CASO EM UMA MINERADORA NO INTERIOR DE MINAS GERAIS, elaborado pelo aluno FERNANDO ROBERTO DE LIMA foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de Engenharia Elétrica da Faculdade Doctum de João Monlevade, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA.

João Monlevade, 04 de julho 2019

Prof. Msc. José Olímpio dos Santos Filho

Profa. Msc. Daysemara Maria Cotta

Prof. Hernan Oliveira Santiago

Dedico este trabalho a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação acadêmica e pelo desenvolvimento pessoal, por meio de incentivos, os quais suavizaram e me fizeram prosseguir mesmo diante da adversidade e ser um vencedor ao finalizar mais esta etapa na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me permitir chegar até aqui.

Aos orientadores, aos professores, e especial à professora Thaís de Fátima Araújo Silva e ao professor José Olímpio dos Santos Filho, pela paciência, compreensão, dedicação, confiança e pela convivência agradável durante a elaboração desta pesquisa.

Aos meus familiares, principalmente minha mãe pelos constantes incentivos e apoio nos momentos mais difíceis e pela compreensão nos momentos que estive ausente, no decorrer desses anos de estudo.

Aos colegas de Engenharia Elétrica, aos funcionários da Faculdade DOCTUM de João Monlevade e aos funcionários da empresa na qual foi realizado este estudo de caso.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”

(CORA CORALINA, 1997, p.151).

RESUMO

Após ser beneficiado na usina, o minério de ferro é empilhado no pátio, depois é transportado para os silos de carregamento onde são depositados nos vagões. Cada máquina de pátio (duas empilhadeiras e duas empilhadeiras retomadoras) se comunica em rede *wireless* utilizando rádio ethernet. Cada máquina possuindo um rádio com denominação de escravo e um rádio AP (*Access Point*) localizado em um ponto central. Devido a fatores como distância das máquinas ao AP, movimentação das máquinas (giro) e interferência de uma máquina no campo da visada de outra, ocorrem falhas de comunicação periódicas na comunicação wireless. Para esse tipo de problema existe a solução *wireless Mesh*. Esse protocolo surgiu na década de 90 onde a *Darpa (Defense Advanced Projects Agency)*, Agência de pesquisas das forças armadas Norte Americanas, iniciou os estudos de uma nova tecnologia para facilitar a comunicação na batalha, onde não haveria necessidade de um ponto central de comunicação. Todos os elementos no campo de batalha trocariam informações diretamente sem necessidade de fios. Então o conceito das redes *Mesh* (malha, em inglês), foi aplicado na prática durante a guerra do Iraque. A comunicação é redundante entre os nós e em caso de queda de um ponto, a comunicação é assumida pelos outros nós podendo passar por vários deles até chegar ao destino final. Estuda-se para a utilização de dispositivos que trabalham em quatro bandas diferentes: 900 MHz, 2.4 GHz, 4.9 GHz e 5 GHz. Eles têm como característica serem completamente móveis, possuir quatro antenas e adaptar-se a criação ou perda de links quando algum dispositivo for desligado bloqueado ou obstruído.

Palavras-chave: Rede *Wireless*. Máquinas de Pátio. Rede *Mesh*.

ABSTRACT

After being received at the mill the ore is stacked in the courtyard, then is transported to the loading silos where they are deposited in the wagons. Each machine patio (two stacker reclaimers and two forklifts) communicates over wireless network using ethernet radio. Each machine having a radio and the radio AP (Access Point) located at a central point. Due to factors such as distance from the AP machines, handling machines (spinning) and interference from a machine in the field of sight of other, regular communication failures occur in wireless communication. For this type of problem the wireless mesh solution. This protocol has emerged in the 90s where the DARPA (Defense Advanced Projects Agency), Agency Research North American armed forces, began studying a new technology to facilitate communication in battle, where there would be no need for a central point of communication. All elements on the battlefield would exchange information directly without the need for wires. So the concept of Mesh (mesh, in English) networks has been implemented in practice during the Iraq war. Communication between nodes is redundant and if dropped from a point communication is assumed by other nodes may go through several of them before reaching your final destination. Studies to the use of devices that work in four different bands: 900 MHz, 2.4 GHz, 4.9 GHz and 5 GHz They are characterized by being completely mobile, has four antennas and fits the creation or loss when some links device is locked or blocked off.

Keywords: Wireless. Patio. Machines. *Mesh* Network.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Empilhadeira para estocagem de minério em pátio.....	22
FIGURA 2- Empilhadeira recuperadora de minério.....	23
FIGURA 3- Forma de onda	27
FIGURA 4- Onda eletromagnética	29
FIGURA 5- Espectro de frequência 2.4GHz	29
FIGURA 6- Access Point.....	32
FIGURA 7- Antenas direcionais	33
FIGURA 8- Antenas omnidirecionais	34
FIGURA 9- Exemplo de WPAN	35
FIGURA 10- Exemplo de WLAN	36
FIGURA 11- Exemplo de WMAN	37
FIGURA 12- Exemplo de WWAN.....	38
FIGURA 13- Padrão IEEE 802.11s	45
FIGURA 14- Rede <i>Mesh</i> na guerra do Iraque.....	46
FIGURA 15- Rede <i>Mesh</i>	48
FIGURA 16- Rede sem fio USIMINAS	49
FIGURA 17- Posicionamento das máquinas no pátio	62
FIGURA 18- Rádio Ethernet Cisco.....	63
FIGURA 19- Dados de monitoramento de Teste de dispositivos Cisco	66
FIGURA 20- Dados de monitoramento dos rádios Cisco	67
FIGURA 21- Gráfico de dados de análise de falhas rede <i>wireless</i>	67
FIGURA 22- Exemplo de topologia rede <i>Mesh</i>	69
FIGURA 23- Print Screen da Tela de configuração rádio Bread Crumb	70
FIGURA 24- Instalação do rádio na ER061500.....	71
FIGURA 25- Instalação do rádio na EM061800	71
FIGURA 26- Instalação do rádio na ER062100.....	71
FIGURA 27- Instalação do rádio <i>Acess Point</i>	72
FIGURA 28- Dados de monitoramento de Teste de dispositivos Rajant.....	73
FIGURA 29- Dados de monitoramento do Tela do Bread Crumber	73
FIGURA 30- Dados de monitoramento do ping monitor	74
FIGURA 31- Comparação dos resultados de desempenho	74
FIGURA 32- Gráfico dos dados para análise dos resultados obtidos	75

FIGURA 33- Gráfico de dados comparativo (antes e depois da melhoria).....76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADSL – Asymmetrical Digital Subscriber Line
AP – Acces Point
ATM – Asynchronous Transfer Mode
CCK – Complementary Code Keying
CSMA/CA – Carrier Sense Multiple Acces and Colision Avoidance
CSMA/CD – Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection,
CTS – Clear to Send
DPLL – Digital Phase Locked Loop
DSL – Digital Subscriber Line
DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum
FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum
GPS – Global Positioning System
IEEE – Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IP – Internet Protocol
ISM – Industrial Scientifc Medical
LAN – Local Area Network
MAC – Media Access Control
NAT – Network Address Translation
OFDM – Multiplexação por Divisão de Frequências Ortogonais
PAM – Pulse Amplitude Modulation
PCI – Peripheral Component Interconnect
PCMCIA – Peripheral Component Microchannel Interconnect Architecture
RF – Rádio Frequência
RTS – Request to Send (solicitação para envio)
SDM – Spatial Division Multiplex
SNMP – Simple Network Management Protocol
SS – Espalhamento Espectral
TDMA - Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo
USB – Universal Serial Bus
UWB - Ultra Wide Band
WAP – Wireless Aplication Protocol
WEP – Wired Equivalent Privacy

Wi-Fi – Wireless Fidelity

WPA2 – Wi-Fi Protected Access 2

WiMax – World Wide Interoperability

WLAN – wireless Local Area Networks

WMAN – Wireless Metropolitan Area Network

WPA – WiFi Protected Access

WPAN – Wireless Personal Area networks

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Tema	15
1.2 Justificativa.....	16
2 OBJETIVOS	19
2.1 Problema de pesquisa	19
2.2 Objetivo Geral.....	19
2.3 Objetivos Específicos	19
3 MARCO TEÓRICO	20
3.1 Características da mineração e estocagem do minério.....	20
3.2 Rede <i>Ethernet</i>	24
3.3 Rede <i>Wireless</i>	25
3.3.1 Definição	26
3.3.2 Características da comunicação <i>wireless</i>	26
3.3.2.1 <i>Onda</i>	26
3.3.2.2 <i>Forças Eletromagnéticas</i>	28
3.3.2.3 <i>Polarização</i>	28
3.3.2.4 <i>Radiofrequência (Micro-Ondas)</i>	29
3.3.3 Tecnologias de Transmissão de Sinais <i>Wireless</i>	30
3.3.4 Alcance.....	31
3.3.5 Desempenho	31
3.3.6 Dispositivos da rede <i>Wireless</i>	32
3.3.6.1 <i>Access Point</i>	32
3.3.6.2 <i>Antenas</i>	32
3.3.6.2.1 <u>Direcionais</u>	33
3.3.6.2.2 <u>Omnidirecionais</u>	34
3.3.7 Classificação da rede <i>Wireless</i>	32
3.3.7.1 <i>WPAN (Wireless Personal Area Networks)</i>	32
3.3.7.2 <i>WLAN (Wireless Local Area Networks)</i>	32
3.3.7.3 <i>WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)</i>	32
3.3.7.4 <i>WWAN (Wireless Wide Area Networks)</i>	32
3.3.8 Criptografia.....	32
3.3.8.1 <i>Criptografia Simétrica</i>	32

3.3.8.2 Criptografia de chave pública	32
3.4 Padronizações de redes	45
3.4.1 O Padrão IEEE 802.3 (<i>Ethernet</i>)	46
3.4.2 O Padrão IEEE 802.5 (<i>Token Ring</i>)	40
3.4.3 O Padrão IEEE 802.11	40
3.4.4 IEEE 802.11b	47
3.4.5 IEEE 802.11a	46
3.4.6 IEEE 802.11g	47
3.4.7 IEEE 802.11e	46
3.4.8 IEEE 802.11f	47
3.4.9 IEEE 802.11i e 802.1x.....	46
3.4.10 IEEE 802.11k	47
3.4.11 IEEE 802.11n	46
3.4.12 IEEE 802.11r.....	47
3.4.13 IEEE 802.11s	46
3.4.14 IEEE 802.16	47
3.5 Origens das Redes <i>Mesh</i>.....	45
3.5.1 Benefícios da rede wireless <i>Mesh</i>	46
3.5.2 Redes <i>Mesh</i> (802.15.5).....	47
3.5.3 Redes <i>Mesh</i> (802.15.5).....	47
4 METODOLOGIA	51
4.1 Abordagem da Pesquisa.....	51
4.2 Tipo de Pesquisa.....	51
4.3 Método.....	52
4.4 Universo	52
4.5 Amostra e Critério de Amostragem	53
4.6 Coleta de Dados	54
4.7 Tratamento dos Dados.....	56
4.8 Unidade de Análise	56
4.9 Limitações da Pesquisa.....	57
5 ESTUDO DE CASO	58
5.1 Levantar possíveis causas de falha de comunicação entre rádios <i>ethernet</i>	60
5.1.1 Distância das máquinas as <i>Acess Point</i>	60

5.1.2 Obstáculos físicos entre as antenas.....	61
5.1.3 Vida útil dos rádios	61
5.2 Descrever a comunicação por rede <i>ethernet</i>, comunicação <i>wireless</i>, características e configurações dos rádios de comunicação na empresa pesquisada.....	64
5.2.1 Levantamento da frequência das ocorrências das falhas.....	61
5.2.2 Monitoramento e medições	61
5.3 Apresentar a viabilidade e eficácia para solução de falhas de comunicação por meio de implementação da rede <i>Mesh</i> em uma mineradora no interior de Minas Gerais.....	65
5.3.1 Implementação de melhorias	61
5.3.2 Características dos rádios <i>Rajant Bread Crumb</i>	68
5.3.3 Configuração e instalação dos rádios.....	70
5.3.4 Análise dos resultados obtidos.....	72
6 CONCLUSÃO	78
6.1 Propostas para Trabalhos Futuros.....	79
REFERÊNCIAS.....	80
APÊNDICES	83

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentado o tema, a justificativa, por meio de uma discussão concisa referente ao assunto, contendo uma breve referência de autores no qual se baseia esta pesquisa. Além de tratar da estrutura dessa pesquisa com breve menção referente à metodologia utilizada nesse trabalho e sua organização.

1.1 Tema

No atual cenário global econômico do mercado cada vez mais competitivo, as empresas do setor da mineração, têm investido na implementação de sistemas de comunicação de redes sem fio que permitem a mobilidade do usuário e processos mais eficazes de comunicação em máquinas, com o objetivo principal de agilizar os processos com garantia de qualidade dos materiais, assegurando sua integridade física e a dos funcionários envolvidos, garantindo a produtividade, proporcionando maior lucro e menor custo.

Segundo Fortes e Pereira (2012), o processo de estocagem de minério de ferro é importante, pois serve para estabelecer a produção em caso de queda da extração, garantir a produção em época de chuva, paradas previstas ou não e homogeneizar o material. No processo de estocagem a qualidade do material pode ser afetada por vários fatores. As partículas mais pesadas tendem a se concentrar na base da pilha e as partículas mais leves no centro, enquanto a poeira se concentra no topo da pilha, podendo ser assim arrastada pelo vento, afetando a qualidade química do material. O processo de homogeneização do material visa garantir a característica do material armazenado para beneficiamento, utilizando máquinas como empilhadeiras e retomadoras que são máquinas fundamentais no processo devido suas funções no processo de estocar o minério de ferro proveniente do processo de beneficiamento e recuperá-lo para o carregamento realizado em vagões.

As empilhadeiras utilizadas no processo de estocagem de minério de ferro são automatizadas, operando sem a presença humana por meio de operação com comunicação direta com a sala de controle, utilizando comunicação via rádio pela impossibilidade de uso de cabos devido sua mobilidade.

No processo informatizado de comunicação existe um dispositivo para comunicação *wireless* que se comunica com um *Acess Point* (AP) instalado em um ponto estratégico. Esses dispositivos são denominados rádios *ethernet* por utilizarem esse protocolo de comunicação. O AP utiliza antena direcional, que irradia o sinal em uma só direção com um ângulo de irradiação muito pequeno, assim toda a potência é concentrada nesta direção, diminuindo as perdas. Já as máquinas de pátio utilizam antenas omnidirecionais que irradiam o sinal em 360°. Apesar das perdas de potência, essa antena se faz necessária devido à grande movimentação das máquinas, não sendo possível uma comunicação direcional.

A comunicação entre as máquinas podem sofrer atenuação devido a vários fatores como: distância, frequência, absorção (quando o sinal transmitido atravessa algum material), ou reflexão em obstáculos. Apesar das perdas, o nível de sinal deve ser suficientemente bom para uma comunicação eficaz. No processo de estocagem de minério de ferro, verificam-se constantes paradas das máquinas devido a falhas de comunicação, acarretando prejuízos financeiros. Uma solução para o problema é a implementação de rede *Mesh* (malha em português). Protocolo inicialmente criado para os campos de batalha que permite a comunicação em várias direções e comunicação em redundância. Possuem topologia dinâmica e comunicação no nível físico feito por variações dos padrões IEEE 802.11 e 802.15. Em caso de perda de comunicação de um ponto a comunicação é assumida por outro ponto (LUIGI; GUILHERME SOBRINHO, 2012).

1.2 Justificativa

É comum nas empresas a utilização de vários pontos de acesso à rede, em que cada ponto possui um *Service Set Identifier* (SSID) uma chave compartilhada, possibilitando o privilégio de acessos diferentes. No entanto, cada um desses pontos de acesso funciona individualmente provocando o afunilamento nas conexões devido à existência de apenas uma rota de saída para rede, fazendo com que apenas parte do potencial da rede seja utilizada.

Neste sentido, percebe-se que a rede *Mesh* torna-se um importante sistema que poderá ser utilizada em empresas para organizar esses múltiplos pontos de acesso de uma rede com todos os pontos da rede interconectados funcionando como uma malha de roteadores. Os pacotes de dados são encaminhados para

roteadores da rede abrangendo maior alcance da área geográfica. Relativo à segurança de acesso à rede, com o uso de autenticação centralizada por meio de um protocolo de autenticação próprio e uso de *login* de usuário ao invés de utilizar cada ponto de acesso por meio de uma chave diferente, podendo ser implementado em uma indústria mineradora.

A mineração é uma atividade de grande importância na economia mundial, assim como para a cidade de Itabira interior de Minas Gerais e a população itabirana que se desenvolveu e possui como principal fonte de renda a extração mineral. Nesse processo as máquinas utilizadas no processo de empilhamento de minério de ferro em um pátio de estocagem são imprescindíveis para o processo produtivo. Através da empilhadeira se faz a estocagem do produto originário da usina de beneficiamento e da empilhadeira/retomadora a retirada do minério estocado (antes de ser carregado em composições ferroviárias), cuja parada não programada dessas máquinas resultam na interrupção da produção por falta carregamento e escoamento do minério, podendo ocasionar a parada da própria usina o que poderá refletir em menor lucratividade.

Assim, como as máquinas se comunicam em modo automatizado através de uma rede *ethernet*, é essencial que essa comunicação ocorra de modo confiável, sem falhas, tornando o uso de cabos, como fibra óptica em conjunto com um enrolador de cabos (por exemplo), um processo não muito aplicado, pelo fato da comunicação sem fio ser mais usual por evitar o uso de cabos.

Portanto, a escolha do tema Rede *Mesh* (Alcance) deve-se ao fator de utilização de redes em equipamentos sem cabo que têm apresentado resultados insatisfatórios na produtividade, decorrentes de diversas falhas que impactam na elevação dos custos nos processos das empresas que buscam desenvolver melhorias constantes de comunicação entre os equipamentos para menor dispêndio.

Sendo assim, para o meio social este trabalho é importante, porque Itabira é uma cidade que possui como fonte de renda principal a mineração, a falha na rede utilizada nas máquinas poderá gerar baixa produtividade que pode acarretar em menor arrecadação para a cidade e em menor número de contratações.

Para a empresa este trabalho justifica-se por possuir importância, apresentando as falhas existentes na comunicação *wireless* entre máquinas de pátio de estocagem de minério de ferro, bem como apresentando soluções para melhoria

da rede comunicacional, identificados em uma mineradora no interior de Minas Gerais.

O estudo de caso é útil para a sociedade por tratar de uma rede que permite a comunicação entre diferentes dispositivos como solução doméstica ou empresarial com baixos custos e maior tolerância a falhas.

Ainda para a área acadêmica, tendo como base o trabalho de Abelém et al. (2012), sobre tendências, desafios e aplicação da rede, o presente estudo é relevante na medida em que representa uma nova fonte literária abordando as características de implementação de rede *Mesh* em uma mineradora, preenchendo as lacunas para novos trabalhos sobre o tema aplicado em empresas de outros setores.

Para o Engenheiro Elétrico este trabalho é de suma importância porque apresenta conhecimentos relativos à otimização na comunicação *wireless* para sanar as falhas na rede de comunicação, auxiliando no processo produtivo de máquinas de pátio e de estruturas similares.

Essa pesquisa se baseia em autores com conhecimento da temática, tais como: Anttalainen (1999); Fortes e Pereira (2014); Luigi e Guilherme Sobrinho (2014), dentre outros autores. A pesquisa é estruturada: no primeiro capítulo com a introdução contextualizando o tema da pesquisa, justificativa e estruturação dos demais capítulos. O segundo capítulo apresenta os objetivos dessa pesquisa apresentando o problema de pesquisa e objetivos geral e específicos. O terceiro capítulo aborda o desenvolvimento, contendo a Fundamentação Teórica sobre as características da mineração e estocagem do minério de ferro, informações sobre a Rede *Ethernet* no controle de máquinas utilizadas na mineração para estocagem de minério de ferro, informações sobre a origem, caracterização e benefícios de redes *Mesh*. O quarto capítulo trata da metodologia utilizada na pesquisa, sendo esta qualitativa de caráter exploratório através de estudo de caso. O universo da pesquisa foi uma mineradora situada em Itabira interior de Minas Gerais, tendo como método de coleta de dados a pesquisa documental e a observação não participante, aplicadas a uma amostragem não probabilística por acessibilidade, tendo como principais limitações o acesso aos dados da pesquisa devido a troca de turnos. O capítulo cinco trata da análise dos resultados. O sétimo capítulo trata das considerações finais. Em seguida têm-se as referências bibliográficas e os apêndices.

2 OBJETIVOS

2.1 Problema de pesquisa

Qual a análise das falhas encontradas em relação à comunicação entre rádios *ethernet* relacionada às máquinas de estocagem de minério de ferro no pátio de uma mineradora no interior de Minas Gerais e como solucioná-las?

2.2 Objetivo Geral

Analisar e apresentar as falhas encontradas em relação à comunicação entre rádios *ethernet* relacionada às máquinas de estocagem de minério de ferro no pátio de uma mineradora no interior de Minas Gerais, apresentando soluções.

2.3 Objetivos Específicos

- a) Levantar possíveis causas de falha de comunicação entre rádios *ethernet*;
- b) Descrever a comunicação por rede *ethernet*, comunicação *wireless* e características e configuração dos rádios de comunicação na empresa pesquisada;
- c) Apresentar a viabilidade e eficácia para solução de falhas de comunicação por meio de implementação da rede *Mesh* em uma mineradora no interior de Minas Gerais.

3 MARCO TEÓRICO

Para maior compreensão dos objetivos da presente pesquisa, este capítulo se faz necessário para proporcionar fundamentos, nortear a pesquisa e transmitir consistência ao estudo.

De acordo com Vergara (2009), o referencial teórico expõe de forma clara a formação do problema de pesquisa, sustentando hipóteses e suposições, apontando o método adequado para a solução do problema, apresentando os instrumentos mais apropriados para coleta e tratamento dos dados, além de possibilitar a fundamentação para a análise dos dados.

No primeiro tópico do presente capítulo são apresentadas as características da mineração e estocagem de minério; o segundo tópico refere-se à rede *ethernet*, o terceiro tópico é referente as características da rede *wireless*, o quarto capítulo constituído por informações relacionadas à padronização de redes; quinto tópico com informações pertinentes à implementação de melhorias na rede de comunicação empresarial.

3.1 Características da mineração e estocagem do minério.

A mineração é de grande importância para economia mundial necessitando de máquinas que atendam a produção de acordo com a demanda do mercado.

Para Júnior e Curi (2004), a produção brasileira de minério de ferro representa 15% do valor de produção mineral brasileira e o Brasil está em segundo lugar na posição ranking na produção de minério de ferro para exportação mundial.

Para melhor compreensão da importância da comunicação é preciso primeiro entender as características do processo de estocagem do minério de ferro.

Wolpers (1995) define o minério como material sólido a granel que é empilhado, em seguida recuperado em uma pilha de estocagem, divididas nas funções: *buffering*/distribuição que possui reserva de matérias primas para o fornecimento contínuo da unidade de distribuição no terminal responsável; composição ou blindagem que integra a matéria prima à diferentes produtos químicos ou atributos físicos semelhantes e por fim, a homogeneização que transforma de maneira sistemática o fluxo de entrada e saída da pilha de estocagem diminuindo o desvio padronizado da distribuição.

O minério de ferro é a principal matéria prima na obtenção de ferro gusa. O mesmo depois de purificado se transformará em aço, material indispensável para a construção de casas, veículos, brinquedos, utensílios domésticos, dentre outros. Uma indústria mineradora extrai o produto bruto em uma mina e após o processo de britagem, peneiramento e tratamento, o minério de ferro passa pela usina de beneficiamento e estocagem em um pátio para posterior carregamento.

Relativo ao processo de tratamento, estocagem e carregamento de minério no pátio de uma mineradora, têm-se os produtos gerados em uma usina direcionados para os pátios separadamente, formando pilhas. Cada pilha tem as suas especificações em função das exigências de cada cliente com ajuste de suas qualidades, durante o processo de beneficiamento. Logo após, o produto é recuperado e acondicionado em silos e embarcado em vagões. A programação de carregamento é feita de acordo com a disponibilidade de material, de composições de locomotivas e vagões e da demanda por determinado produto.

Segundo Fortes e Pereira (2012), com relação à qualidade do minério de ferro durante o manuseio e estocagem são observados alguns impactos como a segregação granulométrica, a degradação, a perda de material por desprendimento de poeira e perda da rastreabilidade do minério dentro do sistema.

Ainda para Fortes e Pereira (2012), a estocagem faz com que se mantenha a qualidade do minério, uma vez que as diferentes camadas do produto ao se misturarem formarão um montante homogêneo.

Chaves e Ferreira (1996) descrevem a estocagem em pilhas como um método muito utilizado no setor de mineração, por possuir uma vantagem significativa por permitir a estocagem de um volume grande de material, por períodos de tempo extensos a baixo custo. Os pátios de estocagem são imprescindíveis até a chegada do meio de transporte para destinar o produto, em que pátios são locais de armazenamento muito utilizados em portos, indústrias minerais e metalúrgicas.

De acordo com os autores supracitados, entende-se que o pátio é importante para empresas mineradoras, pois permite a estocagem de um volume maior de material demandando menor espaço físico, com baixo custo de investimento quando esses espaços são utilizados em período extenso de tempo, em que o material fica aguardando o processo de homogeneização das pilhas, ou ainda, ao final do processo fica aguardando o transporte.

Posteriormente ao conhecimento sobre o minério de ferro e o pátio de estocagem é relevante que seja feita a descrição de algumas máquinas utilizadas no processo de empilhamento, como as empilhadeiras e empilhadeiras/recuperadoras.

As recuperadoras e as empilhadeiras/recuperadoras são equipamentos similares móveis de grande porte, ambas constituídas de duas estruturas maiores, uma responsável pelo movimento de translação e outra pelos movimentos de giro e elevação da lança, ainda em sua constituição possuem uma roda de caçamba com sua localização na ponta da lança com a finalidade de desempenhar a função no processo de recuperação de minério dos pátios (CARNEIRO, 2009).

Para Cruz (2003), a recuperadora, em geral, é composta por um conjunto de pás mecânicas acopladas a uma correia, sendo esses equipamentos responsáveis por retirar o minério de ferro de uma pilha de estocagem.

No processo de estocagem em pátio são utilizadas empilhadeiras, como se pode visualizar na Figura 1.

FIGURA 1 - Empilhadeira para estocagem de minério em pátio



Fonte: Dados do autor (2019)

A Figura 1 demonstra uma empilhadeira/retomadora com a correia de transportes por onde o minério é descarregado na usina de beneficiamento, observa-se ainda, que este é um equipamento de grandes dimensões em comparação aos demais veículos próximos.

Guachalla (2012) caracteriza as correias transportadoras como elo que pode ser utilizada em um virador de vagões, com a opção da função de

empilhamento/recuperação (ER) do material em pátios, por ser constituído por cabeçotes móveis de transferência, situados nas intercessões desse equipamento.

O minério é recuperado do pátio por empilhadeiras recuperadoras e transportado em correias transportadoras que são muito utilizadas nos pátios das mineradoras que transferem o material até os silos onde são carregados em vagões. Conforme apresenta a Figura 2:

FIGURA 2 - Empilhadeira recuperadora de minério



Fonte: Dados do autor (2019)

A Figura 2 mostra a correia transportadora em funcionamento com despejo do material em um pátio de estocagem de uma mineradora, onde se observa outros equipamentos operando na formação de pilhas de matérias.

Ao estocar o minério de ferro no pátio, se garante o processo produtivo com o carregamento de vagões, mesmo em períodos com baixa oferta de material, cuja função da correia de transporte é destinar o material para um pátio de estocagem.

De acordo com os autores supracitados, entende-se que o pátio é de grande importância para empresas mineradoras, pois permite a estocagem de um volume maior de material em um espaço menor e vantajoso devido ao baixo custo de investimento em período extenso de tempo, no qual o material fica aguardando o processo de homogeneização das pilhas, ou ainda, ao final do processo aguardando o transporte.

As máquinas utilizadas na estocagem de minério de ferro em pátios são automatizadas em processo de comunicação com uso da rede *ethernet* como aborda o próximo tópico.

3.2 Rede *Ethernet*

O processo de comunicação da sala de controle com as empilhadeiras é realizado através da rede *ethernet*, possibilitando a visualização do funcionamento, alarmes, posição dos equipamentos no pátio e outras funcionalidades.

Segundo Anttalainen (1999), a finalidade básica de uma rede de comunicação é transmitir as informações de um usuário em qualquer forma para outro usuário da rede. Para comunicação através de uma rede as três tecnologias que se fazem indispensáveis são: a transmissão, os *switches* e a sinalização.

Para Flickenger (2007), *ethernet* é o nome definido para a conexão de computadores em uma rede local em inglês *Local Area Network* (LAN). Essa conexão, algumas vezes é utilizada para conectar computadores individuais à Internet, através de um roteador, *modem* ADSL e inglês *Assymetrical Digital Subscriber Line* que traduzido para o português como Linha Digital Assimétrica para Assinante ou dispositivo *wireless*. A origem do conceito físico do éter (*ether*), o meio que foi, certa vez, considerado o responsável por carregar ondas de luz pelo espaço. O padrão oficial é chamado *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) 802.3. O padrão mais comum *ethernet* é o 100 *megabits* por segundo (Mbps), definindo uma taxa de transmissão de dados de 100 *megabits* por segundo, em um par trançado de fios, com conectores modulares RJ-45 na ponta. A topologia da rede é uma estrela, com *switches* ou *hubs* no centro da estrela e nós finais (dispositivos e *switches* adicionais) nas extremidades.

A rede *ethernet* utiliza o endereço *Media Access Control* (MAC) que é único endereço presente em todo dispositivo conectado a uma rede *ethernet*, como o identificador individual que permite a um dispositivo comunicar com outro, igual a um endereço *Internet Protocol/Protocolo de Internet* (IP). Contudo, o escopo de um endereço MAC está limitado a um domínio de *broadcast*, definido como todos os computadores conectados fisicamente por cabos, *hubs*, *switches* e *bridges*, sem contar roteadores ou *gateways* de Internet. Os endereços MAC nunca são usados diretamente na Internet e não são transmitidos além dos roteadores (FLICKENGER, 2007).

Em relação ao sistema de transmissão de dados da rede *ethernet*, Torres (2001) cita que antes de transmitir os dados, eles são codificados ou modulados,

fazendo com que informações importantes de controle sejam transmitidas ao mesmo tempo.

Segundo os autores Tanenbaum (2011), Torres (2001) e Flickenger (2007), dentre os diversos dispositivos que compõem uma rede *ethernet*, têm-se o repetidor (dispositivo que amplifica os sinais de rede); *hub* (em português concentrador, que replica as informações recebidas da rede em cada porta, para as demais); *bridges* (em português pontes, são repetidores “inteligentes” que analisam quadros de dados que transitam na rede, não replicando dados, cujo destino seja um único segmento); *switches* (traduzido comutador, é um dispositivo semelhante ao *hub*, responsável por determinar quais portas estão se comunicando diretamente e temporariamente). Os dispositivos *ethernet* padrão e *fast ethernet* são termos utilizados para padrões de rede na transmissão de dados com diferença de velocidade por meio de cabos.

No próximo tópico é abordado o tema Rede *Wireless*, a fim de conceituar o termo e caracterizar seu uso em equipamentos utilizados em pátio de estocagem de minério de ferro.

3.3 Rede *Wireless*

Este tópico é referente à rede *wireless*, sendo primordial às empresas mineradoras para manter comunicação em tempo real e obter dados com precisão de todos os equipamentos utilizados na estocagem de minério de ferro.

As empilhadeiras do pátio de estocagem de minério de ferro são equipamentos de vários movimentos como giro 360°, locomoção para frente e para trás, visando maior confiabilidade à comunicação dessas máquinas não é feita via cabos, para isso, se utiliza meio de comunicação *wireless*.

A rede *wireless* foi inventada por Guglielmo Marconi em 1896. Em 1901, ele enviou sinais telegráficos através do oceano Atlântico, de Cornwall para St. John`s Newfoundland, com uma distância total de 3200 km. Sua invenção permitiu duas partes se comunicarem através do envio de caracteres alfanuméricos codificados em um sinal analógico. Ao longo do último século, os avanços nas redes *wireless* levaram ao desenvolvimento do rádio, a televisão, telefones móveis e satélites de comunicação. Qualquer tipo de informação agora pode ser enviado para quase todos os cantos do mundo (STALLINGS, 2005).

3.3.1 Definição

As redes *wireless* combinam conectividade de dados usando radiofrequência (RF). São muito flexíveis, podendo ser utilizadas como um prolongamento ou alternativa a *Local Área Network* (LANs - redes locais cabeadas). As redes *wireless* utilizam ondas eletromagnéticas para transmitir e receber dados de suas estações ou dispositivos. Geralmente, são utilizadas quando se necessita de mobilidade, quando não é possível a passagem de cabos ou quando a instalação deste apresenta custo muito alto (MORAES, 2010).

Para Stallings (2005), o *wireless Application Protocol* (WAP- protocolo de aplicação *wireless*), basicamente possui três elementos: o cliente, o *gateway* e o servidor. O *gateway* atua como um servidor *Proxy* para o domínio sem fio. Ele também armazena informações que são frequentemente solicitadas.

A arquitetura WAP está preparada para lidar com as duas principais limitações do acesso *wireless web*: a limitação do nó móvel (pequeno tamanho da tela, capacidade de entrada limitada) e baixa taxa de transferência de dados digitais.

Para Olenewa (2007), a comunicação *wireless* pode ser definida como a transmissão de dados sem a utilização de fios, estando presente na maioria dos lugares, seja em uma simples mensagem de voz de um telefone, de e-mail entre outros.

Conforme salientado pelos autores, a rede *wireless* é definida como transmissão de dados sem a necessidade de fios, sendo uma opção adequada para cenários na qual há mobilidade, necessidade de uso em curtos períodos de tempo; agilização de expansão e para solucionar as dificuldades referentes a instalação de fios.

Após definir a rede *wireless* se faz necessário apresentar as características referentes a esse modelo de comunicação, como trata o próximo subtópico.

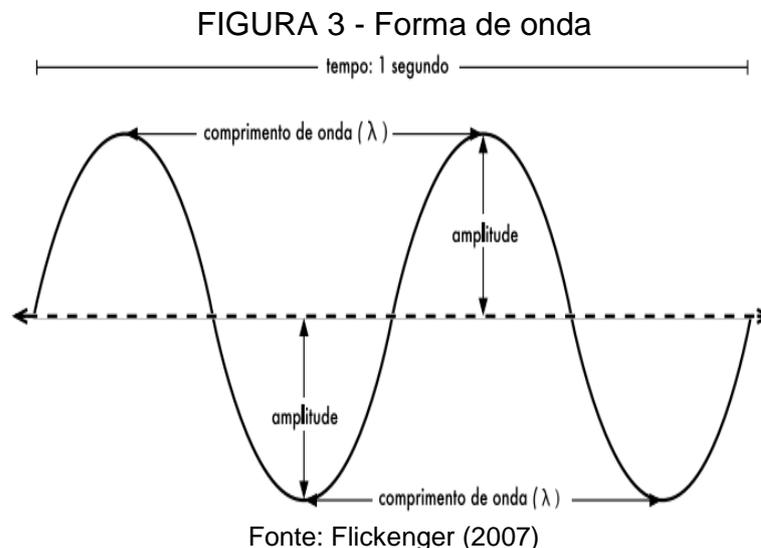
3.3.2 Características da comunicação *wireless*

3.3.2.1 Onda

A comunicação por rede sem fio utiliza-se de ondas eletromagnéticas responsáveis para enviar sinais por meio de longas distâncias.

Segundo Flickenger (2007), sempre se convive com algum tipo de vibração ou oscilações em suas várias formas: um pêndulo, uma árvore balançando ao vento, a corda de um violão, sendo estes exemplos de oscilações. O que elas têm em comum é que alguma coisa, algum meio ou objeto, está "balançando" de uma maneira periódica, com um número de ciclos por unidade de tempo. Esta oscilação é chamada de onda mecânica, e é definida pelo movimento de um objeto ou por seu meio de propagação. Quando tais oscilações viajam, dizemos que as ondas propagam-se no espaço. Por exemplo, um cantor cria oscilações periódicas em suas cordas vocais. As oscilações comprimem e descomprimem o ar e esta mudança periódica de pressão do ar deixa a boca do cantor e viaja na velocidade do som. Uma pedra atirada em um lago causa uma perturbação, que então viaja através do lago como uma onda. Estas propriedades estão conectadas por uma relação simples. A Figura 3 ilustra a forma de onda.

$$\text{Velocidade} = \text{Frequência} * \text{Comprimento de Onda} \quad (1)$$



A Figura 3 apresenta uma onda com a relação entre velocidade, frequência e comprimento, considerando um tempo determinado (em segundos).

Diante das afirmações, as ondas são constituídas através de oscilações ou algum tipo de vibração que poderá ocorrer periodicamente ou não. Para melhor compreensão desse assunto será tratado no item seguinte forças eletromagnéticas.

3.3.2.2 Forças Eletromagnéticas

A força elétrica é a força que existe entre cargas elétricas. A força magnética é a que existe entre correntes elétricas. Já os elétrons são partículas que carregam uma carga elétrica negativa. Existem outras partículas, mas os elétrons são os responsáveis pela maior parte do que se precisa saber sobre como os rádios comportam-se. Em um pedaço de fio metálico reto, no qual os elétrons são forçados a irem e voltarem, de uma ponta a outra, periodicamente. Durante um determinado momento, o topo do fio está carregado negativamente, com isso todos os elétrons, com sua carga negativa são reunidos, originando um campo elétrico, do positivo ao negativo, ao longo do fio. No momento seguinte, todos os elétrons são forçados ao extremo oposto e o campo elétrico muda de direção. A repetição deste efeito faz com que os vetores do campo elétrico (flechas imaginárias que apontam do positivo para o negativo) afastem-se do fio, e irradiem pelo espaço ao redor do fio. Este efeito é conhecido como um dipolo (por causa dos dois pólos, positivo e negativo) ou, mais comumente, como uma antena dipolo. Esta é a forma mais simples de uma antena omnidirecional, em que a movimentação do campo elétrico é definida como onda eletromagnética (FLICKENGER, 2007).

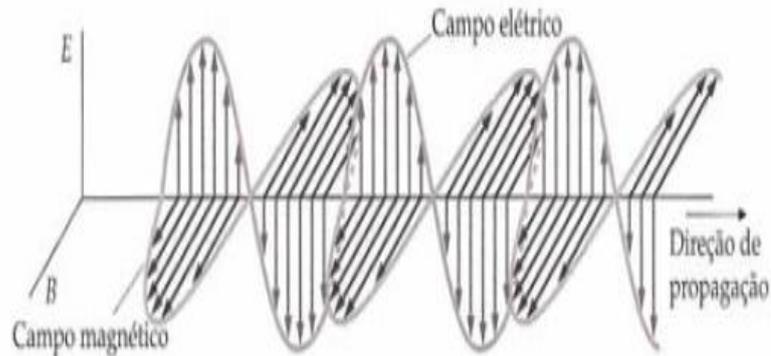
Sob ótica o autor, se define as forças eletromagnéticas como forças existentes entre partículas e correntes elétricas que se propagam mesmo no vácuo espacial em que a polarização é outra importante qualidade na comunicação.

3.3.2.3 Polarização

A polarização é responsável pelo direcionamento do vetor do campo magnético como trata este item.

Para Flickenger (2007), a polarização descreve a orientação do vetor do campo elétrico. Em uma antena dipolo alinhada verticalmente, os elétrons apenas movimentam-se para cima e para baixo, não horizontalmente (simplesmente, porque não há espaço para que eles façam isto) e, dessa forma, os campos elétricos apenas apontam para cima ou para baixo, verticalmente no campo, deixando o fio e propagando-se como uma onda, tem uma polarização estritamente linear (e, nesse caso, vertical). Caso a antena seja colocada, de forma horizontal no chão ocorre uma polarização linear horizontal. A Figura 4 retrata uma onda eletromagnética.

FIGURA 4 - Onda eletromagnética



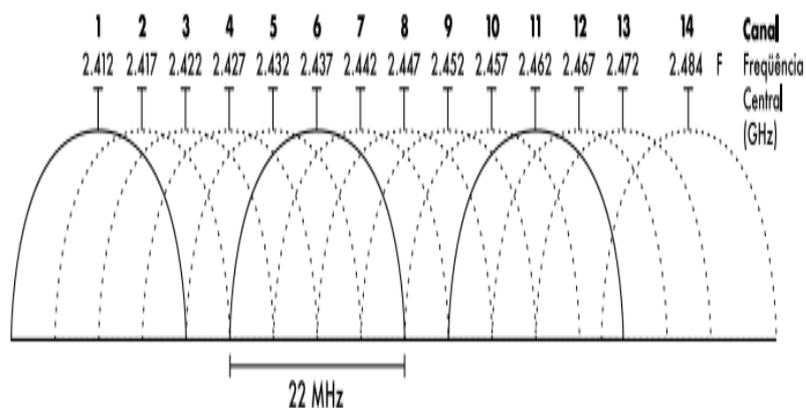
Fonte: Tipler (2009)

3.3.2.4 Radiofrequência (Micro-Ondas)

O excesso de equipamentos em uma rede *wireless* pode acarretar em problemas referentes à interferência de radiofrequência nos equipamentos.

Segundo Moraes (2010), as primeiras redes *wireless* no começo dos anos 90, utilizavam faixas de frequência livres. Eram conhecidas como *Industrial Scientific Medical* (ISM). As faixas são padronizadas em 900MHz, 2.4GHz e 5 GHz. A faixa de 900 MHz é mais utilizada por ser liberada, ocorrendo grande interferência. Atualmente as tecnologias de redes utilizam a frequência de 2.4 GHz, pois em muitos países existe restrição a faixa de 5GHz. A Figura 5 demonstra as frequências centrais do espectro de frequência 2.4GHz.

FIGURA 5 - Espectro de frequência 2.4GHz



Fonte: Flickenger (2007)

Para Stallings (2005), *LANs Microwave* (micro-ondas) possuem banda com tamanho suficiente para acomodar o sinal, tendo como vantagem ser livre de interferências, garantindo a comunicação. Ao contrário de um espectro não licenciado, como o ISM, o espectro licenciado dá ao titular da licença o direito legal de um canal de comunicações de dados com o mínimo de interferência. Os usuários de uma ISM-WLAN apresentam risco da interferência interromper suas comunicações, para as quais eles podem não ter uma solução adequada.

Segundo Flickenger (2007), existem várias regras básicas, simples e úteis no planejamento inicial de uma rede sem fio como: quanto maior o comprimento de onda, maior será o seu alcance; quanto maior o comprimento de onda, maior será a facilidade com que ela atravessará e contornará os objetos; quanto menor o comprimento de onda, mais dados ela poderá transportar.

3.3.3 Tecnologias de Transmissão de Sinais Wireless

Segundo Moraes (2010), geralmente as redes utilizam o *Spread Spectrum*/espalhamento espectral (SS), reduzindo a relação sinal/ruído, utilizando uma banda maior, garantindo a segurança na comunicação. O SS pode ser dividido em:

a) *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS), utilizando uma banda estreita, ele vai mudando a frequência de portadora aleatoriamente, mas com conhecimento de emissor e do receptor, por isso para um receptor desconhecido o FHSS aparece como ruído de pulso;

b) *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS), no caso de ter um *bit* danificado, as técnicas de estatística podem recuperá-lo sem precisar ser retransmitido para um receptor desconhecido, o DSSS aparece como ruído de baixa frequência, sendo descartado na maioria das vezes. Nesse esquema é feita uma multiplicação da portadora de RF com uma sequência pseudo-aleatória (PN). O código PN é modulado (BPSK, QPSK, etc.) sobre o sinal de informação. Então um misturador é usado para multiplicar a portadora de RF e a informação modulada do sinal;

c) *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), através da divisão da frequência é feita a modulação do sinal, enviando várias subportadoras. Como já diz

o nome, um número ortogonal de subportadoras é utilizado para enviar o sinal, que torna essa técnica de alta eficiência espectral.

3.3.4 Alcance

Para Moraes (2010), o alcance de uma rede *wireless* é um fator primordial que define o bom funcionamento de seus dispositivos. A potência de transmissão é a grande responsável pela distância que as redes RF podem se comunicar, outros fatores são a sensibilidade do receptor e o caminho por onde se propaga. As redes *wireless* são conhecidas por serem seguras, pois seu sinal dificilmente é interrompido. Porém, estão sujeitas a absorção, reflexão, interferência e ruído.

Os principais fatores que afetam a propagação de sinal são: a frequência que influencia nas características de propagação; a potência de transmissão, quanto maior a potência maior o alcance, limitado às leis do país, maior também será o consumo da bateria; antenas devem ser bem dimensionadas e bem posicionadas, do contrário causarão problemas; tipo de construção, se possuir excesso de ferro, esse poderá interferir no sinal, sendo necessária colocação de mais rádios; sinais refletidos, tornando o sinal fraco e com interferência; fontes de interferência, outros dispositivos podem atrapalhar o sinal por trabalharem na mesma frequência (MORAES, 2010).

3.3.5 Desempenho

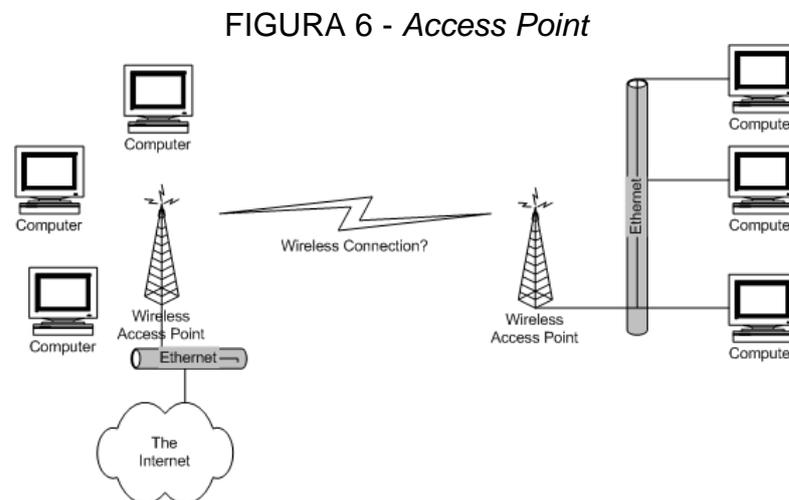
Segundo Moraes (2010), utilizando o conceito de rede *ethernet*, os sistemas *wireless* LAN utilizam o ar como *hub*, no qual estão conectadas as estações. Os fatores que influenciam no desempenho da transmissão são o número de usuários na mesma célula, o volume de dados trafegados e a taxa de erro do rádio.

Para Tanenbaum (2011), a distância entre duas estações caracteriza nos números de desempenho. Pois, quanto maior o comprimento do cabo, maior será o intervalo de disputa, fato que limita o padrão *ethernet* em relação ao comprimento máximo de cabo.

3.3.6 Dispositivos da rede *Wireless*

3.3.6.1 *Access Point*

Segundo Moraes (2010), o *Access Point* (PT), conhecido também como ponto de acesso é uma estação responsável em gerenciar as conexões entre usuários e a rede, conectando a rede *wireless* a rede LAN. Este dispositivo cobre um raio de até 1000 metros, caso necessário, deve se colocar mais de um dispositivo *Access Point*. A Figura 6 demonstra um exemplo de *Access Point*.



Fonte: Torres (2001)

Segundo Olenewa (2007), O *Access Point* (AP), possui duas funções basicamente. A primeira de atuar na comunicação *wireless* da estação base para rede sem fio, todos os dispositivos comunicam com o AP que por sua vez redireciona o sinal para outros dispositivos. A segunda função é que o AP atua como uma ponte entre a rede cabeada e a rede *wireless*.

3.3.6.2 *Antenas*

A antena é um dispositivo utilizado na transmissão ou recepção de sinais, por ser um dispositivo passivo que não fornece nenhum tipo de potência ao sinal, apenas redirecionando a energia que fornece mais energia em uma direção e menor quantidade de energia em todas as outras direções. Ainda, sendo responsável pelo

fornecimento do sistema *Wireless* com três propriedades fundamentais, sendo estas: ganho (medida do aumento da potência); sentido; e polarização (CISCO, 2019).

Moraes (2010) enfatiza a antena como um ponto primordial que mantém o funcionamento adequado do sistema de redes sem fio, por meio da irradiação de sinais dessa rede, existindo basicamente antenas internas e externas, dos tipos direcionais e omnidirecional.

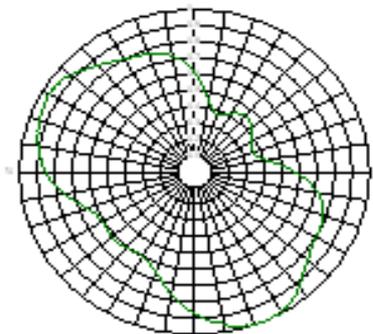
Portanto, diante do exposto, as antenas são componentes de uma rede *wireless* que não fornece energia, apenas transmitindo e recebendo sinais eletromagnéticos, podendo ser classificadas como direcionais e omnidirecional, dependendo de seu funcionamento.

3.3.6.2.1 Direcionais

As antenas direcionais são usadas para transmitir um sinal em uma única direção, sendo esta uma característica importante. Concentrando-se principalmente nas ondas e na energia em uma determinada direção e, portanto, tem um ganho eficaz maior se comparada a uma antena omnidirecional (OLENEWA 2007).

Cisco (2019) relata que em uma antena direcional enquanto o ganho aumenta o ângulo da radiação, geralmente diminui, fornecendo uma distância maior de cobertura com redução no ângulo dessa cobertura. A Figura 7 apresenta uma antena direcional.

FIGURA 7 - Antenas direcionais



Fonte: TELECO (2010)

Segundo Torres (2001), as antenas direcionais possuem como vantagem a transmissão do sinal somente para o receptor e como desvantagem esses modelos

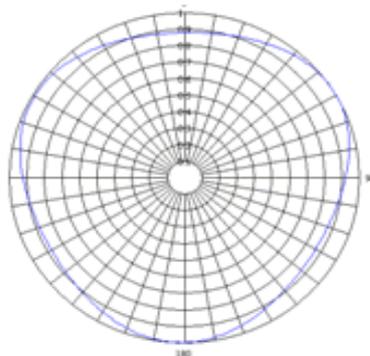
de antenas devem estar alinhados e livres de qualquer obstáculo, com seu desalinhamento podendo ser causado por ventos fortes ou tempestades.

Para Cisco (2019), as antenas direcionais podem desviar a energia de RF em uma direção predefinida a distâncias maiores, com cobertura de intervalos longos, muito utilizadas em cobertura, por exemplo, em corredores, estruturas de ilha e espaçamento entre eles. No entanto, a cobertura angular é menor não sendo possível cobrir uma área angular mais abrangente em torno dessa área, sendo de difícil instalação em algumas situações, pois as matrizes da antena devem ser posicionadas de frente para a direção da área na qual se deseja cobrir.

3.3.6.2 Omnidirecionais

As antenas omnidirecionais são utilizadas para transmitir e receber sinais de todas as direções com intensidade relativa. Faz-se necessária a utilização de uma antena de maior tamanho para transmissão em uma distância maior ou até mesmo em função do relevo (OLENEWA 2007). A Figura 8 apresenta um modelo de antena omnidirecional.

FIGURA 8 - Antenas omnidirecionais



Fonte: Teleco (2010)

Segundo Torres (2001), as antenas omnidirecionais ou não direcionais, tem como característica a transmissão de dados em todas as direções, com isso são muito utilizados para transmissão de dados públicos. Outra aplicação é dentro de prédios, para comunicação entre máquinas, onde são utilizadas antenas de baixa potência, a fim das antenas externas não captarem o sinal.

Para Cisco (2019), as antenas omnidirecionais são antenas verticalmente polarizadas, de fácil instalação, por apresentar um padrão horizontal de 360 graus,

podendo ser montada em um ambiente interno (como apartamentos e pequenos escritórios) de cabeça para baixo, com a possibilidade de anexá-las ao APs *wireless*, proporcionando uma cobertura horizontal com ampla distância de comunicação, sendo o modelo mais utilizado em residências. Em contrapartida, possui deficiência de cobertura em áreas abaixo da antena não sendo possível o uso da polarização transversal no combate a interferências.

Diante das colocações dos autores, as antenas direcionais apresentam maior valor de aplicação interno e as antenas omnidirecionais apresentam maior facilidade de utilização residencial e em escritórios de pequeno porte. No entanto se torna inviável seu uso para alcance amplo a longas distâncias e devido as interferências que podem ocorrer no sinal, sendo necessária soluções mais eficazes de comunicação por rede, como apresenta o tópico seguinte relativo a rede *Mesh*.

3.3.7 Classificação das Redes Wireless

3.3.7.1 WPAN (*Wireless Personal Area networks*)

WPAN está associada ao *Bluetooth*. Pode ser vista com a interação entre os dispositivos móveis de um utilizador. A WPAN foi construída pra pequenas distâncias e tem como característica o baixo custo e baixas taxas de transferência, (TELECO, 2010). Na Figura 9 pode ser visto um exemplo de WPAN.

FIGURA 9 - Exemplo de WPAN



Fonte: Teleco (2010)

Segundo Tanenbaum (2011), este tipo de rede permite que dispositivos próximos se comuniquem, quando se tem a opção de fazer uma comunicação

através de uma tecnologia sem fio, os cabos são deixados de lado. Uma das aplicações mais conhecidas é a tecnologia *Bluetooth* e ZIGBEE.

3.3.7.2 WLAN (Wireless Local Area Networks)

Wireless LAN ou WLAN, são redes que através de ondas de rádio para fazer uma conexão *Internet* ou entre uma rede, WLAN já é muito usado como opção de conexão em muitas áreas do mercado. Inicialmente os WLAN's. Este sistema foi instalado em universidades, aeroportos, e em lugares públicos. O fato de reduzir custos fez com que este sistema fosse instalado em residências também. Em muitos casos por falta de experiência na hora de fazer a configuração, permite com seu vizinho também utilize de sua conexão (TELECO, 2010). Na Figura 10 pode ser visto um exemplo de WLAN.

FIGURA 10 - Exemplo de WLAN



Fonte: Teleco (2010)

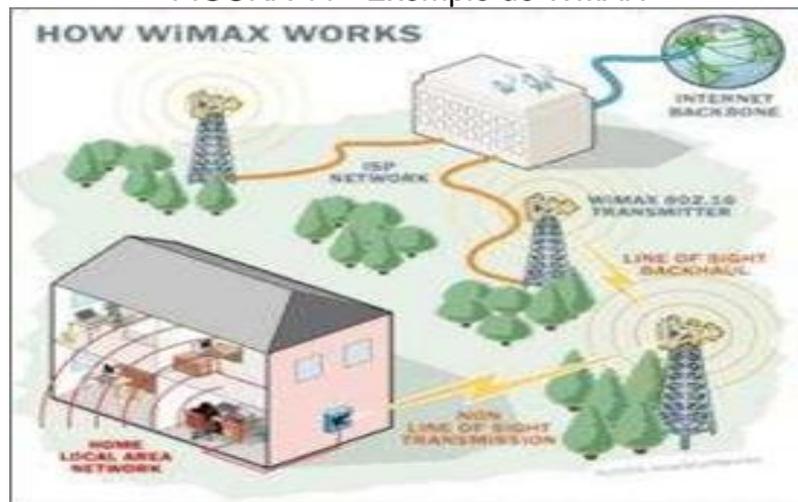
Segundo Tanenbaum (2011), as WLANs são redes sem fio muito usadas em residências, escritórios, prédios ou mesmo qualquer lugar onde passar cabos seria muito difícil. Nesse sistema cada computador tem um modem com antena.

3.3.7.3 WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)

Segundo Teleco (2010), WMAN ou Redes Metropolitanas Sem Fio. Redes de uso de empresas que interligam grandes áreas. Essa conexão é muito aplicada entre os provedores e seus usuários. O *World Wide Interoperability WiMax* (padrão

802.16) é um dos últimos padrões de banda larga para rede MAN definido pelo IEEE, mas características muito parecidas com o padrão Wi-Fi (IEEE 802.11), este muito usado. O padrão WiMAX tem como princípios determinar a infraestrutura de conexão de banda-larga com conectividade para mais diversas aplicações: por exemplo, uso doméstico, *hotspot* e corporativo. Na Figura 11 pode ser visto um exemplo de WMAN.

FIGURA 11 - Exemplo de WMAN



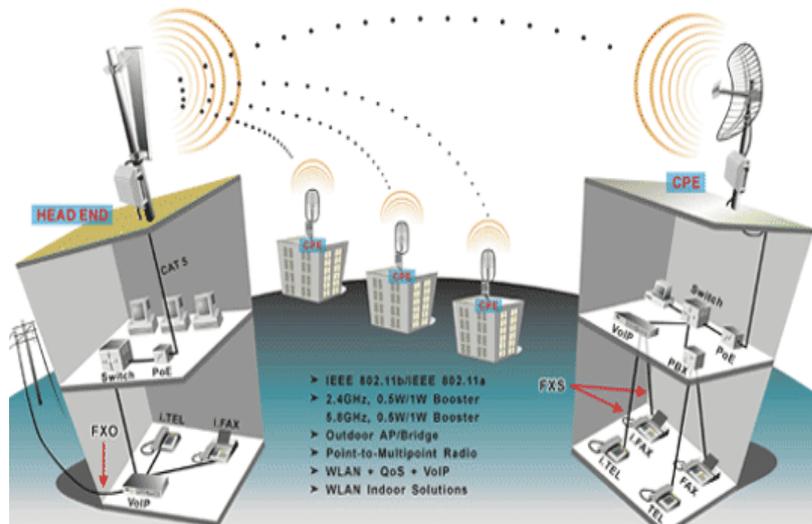
Fonte: Teleco (2010)

Segundo Tanenbaum (2011), o exemplo mais conhecido deste tipo de rede são as redes de TV a cabo. Outro exemplo da WMAN veio com o protocolo IEEE 802.16, a conhecida *World Wide Interoperability* (WiMAX).

3.3.7.4 WWAN (Wireless Wide Area Networks)

Segundo Teleco (2010), estas redes WWAN são especificamente as tecnologias já utilizadas pelo Telefone Celular de voz e as aplicações de dados (*Wireless Data Services*). Nessa categoria tem-se a *Time Division Multiple Access* (TDMA - Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo), que é um sistema de celular digital que tem como princípio a divisão de um canal de frequência, em até seis intervalos de tempo. Cada intervalo de tempo fica preenchido por um usuário durante a transmissão, reduzindo problemas de interferência. Na Figura 12 pode ser visto um exemplo de WWAN.

FIGURA 12 - Exemplo de WWAN



Fonte: Teleco (2010)

Segundo Tanenbaum (2011), as WWANs são redes que abrangem grandes distâncias geográficas, ligando países e continentes. Geralmente as redes são conectadas através de roteados, que podem interligar diferentes tipos de redes.

3.3.8 Criptografia

A criptografia que é a ciência que utiliza algoritmos matemáticos para Criptografar/ecriptar, (cripto=esconder), foi criada muito antes dos computadores, um exemplo seria o modelo chamado Júlio Cypher, criado por Júlio César na época do império Romano. Na época se usava um cavalo com mensageiro para envio das mensagens, correndo o risco deste mensageiro ser interceptado, passando para o inimigo o conteúdo das mensagens.

Outro exemplo de aplicação foi na segunda guerra mundial, a Alemanha nazista desenvolveu um modelo criptográfico através de um aparelho mecânico que enviava via radio as mensagens, (MORAES, 2010).

Para Stallings (2005), um esquema de criptografia possui cinco elementos: o texto claro, que é a mensagem original; algoritmo de criptografia, que realiza várias substituições no texto claro; chave secreta executa as substituições e transformações do algoritmo; texto codificado, que é a mensagem em códigos; algoritmo de decriptografia, pega o texto codificado, com auxílio da chave secreta o torna claro novamente.

3.3.8.1 Criptografia Simétrica

Se somente o emissor e o receptor compartilham uma chave, apenas o emissor genuíno seria capaz de criptografar com sucesso uma mensagem para outro participante. E se a mensagem incluir um código de detecção de erros e um número sequencial, o receptor tem a garantia de que nenhuma alteração foi feita, (STALLINGS, 2005).

Tanto quem envia a mensagem, quanto quem recebe a mensagem deve possuir a mesma chave, mas existe o problema da necessidade um canal seguro para envio da chave secreta, uma vez que existe o risco de a pessoa que descobrir a chave secreta, decifrar a mensagem, (MORAES, 2010).

3.3.8.2 Criptografia de chave pública

Baseia-se em funções matemáticas, e não em operações simples nos padrões de *bits*, este modelo de criptografia é assimétrico, envolvendo o uso de chaves separadas, ao contrário da criptografia simétrica, que usa apenas uma chave. A segurança de qualquer criptografia depende do tamanho da chave e do trabalho computacional envolvido na violação de uma cifra (STALLINGS, 2005).

Enquanto uma chave é utilizada para encriptação, outra é usada para decifração. Esse modo é mais completo e lento. Esse modo é possível, pois utiliza funções matemáticas unidirecionais com as quais, não é possível chegar ao valor inicial da função (MORAES, 2010).

Segundo Pereira (2009), instalar uma rede *wireless* sem as configurações de segurança adequadas pode tornar a rede vulnerável.

O IEEE tentando tornar as redes sem fio seguras criou padrão o padrão *Wired Equivalent Privacy* (WEP) que pretendia prover às redes *WiFi*, um nível de segurança equivalente ao das redes cabeadas, o que não aconteceu na prática, pois, havia facilidade em quebra da criptografia.

Essa regra de segurança é configurada no próprio *Access Point* (AP). Deve ser Controlado o acesso por *Media Access Control* (MAC, identificação da placa de rede) isto cria um o nível de segurança, pois apenas clientes com endereço MAC da placa de rede cadastrados no *Access Point*, possam se associar e acessar a rede.

Os padrões de segurança *Wi-Fi Protected Access (WPA)* e *Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2)* atualmente são os únicos que provêem um nível aceitável de segurança para autenticação nas redes *wireless*.

3.4 Padronizações de redes

3.4.1 O Padrão IEEE 802.3 (*Ethernet*)

Este padrão utiliza o conceito de detecção de colisão CSMA/CD, os computadores só podem enviar dados quando o cabo está livre. Se ao tentar enviar dados ao mesmo tempo na rede, ocorre uma colisão e as placas de rede esperam um período aleatório para reenviar o pacote de dados.

3.4.2 O Padrão IEEE 802.5 (*Token Ring*)

Chamado *Token*, usado em redes com topologia em anel, onde o mesmo circula passando de micro em micro, somente o computador que detém o Token pode enviar dados. Ele circulará pelo anel até chegar ao destino, (TORRES, 2001).

3.4.3 O Padrão IEEE 802.11

Para Anttalainen (1999), O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos é uma das maiores sociedades de profissionais do mundo e tem produzido muitos padrões importantes. Como por exemplo, o padrão internacional para *ethernet* ISO 8002, igual ao padrão IEEE 802.2.

Segundo Flickenger (2007), os protocolos 802.11 são referência no que diz respeito à tecnologia utilizada na construção de redes sem fio de baixo custo é, atualmente, a família de, também conhecida entre muitos como *Wi-Fi*. A família 802.11 de protocolos de transmissão por rádio (802.11a, 802.11b e 802.11g) tem incrível popularidade nos Estados Unidos e Europa. Através da implementação de um conjunto comum de protocolos, os fabricantes de todo o mundo conseguiram construir equipamentos altamente interoperáveis. Esta decisão provou ser significativa para a rápida expansão da indústria e consumidores da tecnologia, que

podem utilizar um equipamento que implemente o protocolo 802.11 sem temer a prisão a um determinado fornecedor.

O primeiro padrão de redes sem fio nasceu com o IEEE 802.11 e estabelece tanto os protocolos de acesso ao meio (MAC) como os protocolos da camada física (PHY), este padrão definiu como tecnologias de transmissão, o *Spread Spectrum Frequency Hopping*, o *Spread Spectrum Direct Sequence* e o Infravermelho. O IEEE 802.11 trabalha nas frequências de 1 ou 2 Mbps, na frequência ISM de 2.4GHz. Este protocolo definiu ainda o CSMA/CA (MORAES, 2010).

3.4.4 IEEE 802.11b

Criado em 1998 e aprovado em setembro de 1999, com faixa de 2.4 GHz e *Direct Sequence Spread Spectrum* para transferência de 11 Mbps. Possui técnica de modulação baseada em código conhecida como *Complementary Code Keying* (CCK), aumentando o desempenho da transmissão. Baseia-se na comunicação multiponto, em que um *Access Point* se comunica com uma antena omnidirecional (MORAES, 2010).

Para Olenewa (2007), cada *Access Point* só pode usar um dos três canais disponíveis. Se precisar de mais redes com largura de banda, um máximo de três APs pode ser instalado na mesma área, e o número de usuários podem ser distribuídos entre os três.

Este é o protocolo de rede sem fio mais utilizado atualmente no mundo. Milhões de dispositivos baseados nele vendidos desde 1999. Ele utiliza um tipo de modulação chamado *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS - sequência direta de espalhamento do espectro), ocupando uma porção da banda ISM (*industrial, scientific and medical*) entre 2,400 e 2,495 GHz. Possui uma capacidade máxima de transmissão de dados de 11 Mbps, com uma real utilização de cerca de 5 Mbps (FLICKENGER, 2007).

3.4.5 IEEE 802.11a

Aprovado ao mesmo tempo em que o 802.11b, com operações de até 54 Mbps, possuem multiplexação por divisão de frequências ortogonais (OFDM),

diferente do Spread Spectrum, mas utiliza o CSMA/Ca na faixa de 5GHz e com 52 subportadoras, (MORAES, 2010).

O padrão 802.11a mantém as mesmas características do padrão “b” como o MAC, as diferenças estão na camada física. O 802.11a impõe um aumento de velocidade e flexibilidade sobre o 802.11b, através de uma maior banda de frequência, mais canais para transmissão e técnicas de multiplexação, Além do número reduzido de erros de conexão, (OLENEWA 2007).

Segundo Flickenger (2007), este padrão também foi ratificado pelo IEEE em 16 de setembro de 1999. O 802.11a utiliza OFDM. Tem uma capacidade máxima de transmissão de 54 Mbps, com utilização real de até 27 Mbps. O 802.11a opera na banda ISM entre 5,745 e 5,805 GHz e em uma porção da banda entre 5,150 e 5,320 GHz. Isto o torna incompatível com o 802.11b ou o 802.11g, e uma frequência maior, ocasionando menor alcance, comparado com o 802.11b/g, utilizando a mesma potência. Mesmo que essa porção do espectro seja de pouco uso, comparada com a de 2,4 GHz, ela pode ser utilizada legalmente apenas em poucos lugares do mundo. Os equipamentos 802.11a ainda são baratos, mas não chegam perto da popularidade dos 802.11b/g.

3.4.6 IEEE 802.11g

Trabalha na mesma faixa de frequência do padrão 802.11b, porém o g trabalha com OFDM e não *Spread Spectrum*, embora muito utilizado este padrão esta sujeito a interferências do 802.11b, devido à utilização da banda 2.4 GHz, (MORAES, 2010).

Apesar de sua chegada tardia, atualmente é incluído como funcionalidade padrão em praticamente todos os computadores. O 802.11g utiliza o mesmo espaço de frequência ISM que o 802.11b, mas o esquema de modulação utilizado é o *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM - multiplexação da divisão ortogonal de frequência). Tem a capacidade de transmissão máxima de 54 Mbps (com uma utilização real aproximada de 22 Mbps) que pode diminuir para 11 Mbps DSSS ou ainda menos para a garantia da compatibilidade com o altamente popular 802.11b (FLICKENGER, 2007).

3.4.7 IEEE 802.11e

Este veio com intuito de melhorar a camada *Médium Acces Control* (MAC), adicionando o controle de tráfego de informações. Permitindo que o *Acces Point* crie períodos de contenção de tráfego e períodos de liberação de tráfego, melhorando a qualidade do serviço (MORAES, 2010).

Este padrão habilita priorização na distribuição de quadros coordenados que possam fornecer aos usuários ou administrador de rede diferentes níveis de controle, a partir da forma como estes são configurados (OLENEWA, 2007).

3.4.8 IEEE 802.11f

Criado com objetivo de padronizar o processo de troca de informação entre dois *Acces Point* durante um período de transição de uma estaca para outra. Este padrão foi aprovado em fevereiro de 2006, (MORAES, 2010).

O IEEE 802.11f Aborda a questão dos pontos de acesso AP, interoperabilidade entre de vários fornecedores, além de proporcionar a comunicação entre as estações de WLAN na sua área, um AP pode funcionar como uma ponte que liga duas LANs através de outro tipo de rede, como uma LAN ou da rede banda larga cabeada. Este padrão facilita a transferência de um dispositivo a partir de AP para outro, enquanto assegurando a continuidade da transmissão, (STALLINGS, 2005).

3.4.9 IEEE 802.11i e 802.1x

Este padrão definiu o *Wired Equivalent Privacy* (WEP), como algoritmo de criptografia com uma chave de 40 bits, visando corrigir problemas relacionados à autenticação e privacidade dos dados transmitidos (MORAES, 2010).

Um dispositivo cliente deve ser autenticado na rede por um serviço de usuário externo chamado popularmente de método de autenticação de usuários de rede, Toda comunicação entre um dispositivo cliente e um AP fica bloqueada até que a autenticação seja completada (OLENEWA, 2007).

3.4.10 IEEE 802.11k

Este padrão define melhorias de medição dos recursos do rádio para fornecer mecanismos para camadas mais elevadas, durante as medições de rádio e de rede. Definem também, quais informações deverão ser disponibilizadas, a fim de se facilitar a gestão e a própria manutenção das redes *wireless* e LANs móveis, (STALLINGS, 2005).

3.4.11 IEEE 802.11n

Criado com principal objetivo os padrões a e g de 54Mbps para 600 Mbps, para utiliza 4 canais de dados com espaçamento entre eles de 40 MHz. Utilizando uma técnica chamada *Spatial Division Multiplex (SDM)*, que faz a multiplexação do fluxo de dados de um único espectro de transmissão. Para cada fluxo de dados se adiciona uma antena no transmissor e outra no receptor. Outro aspecto é que, é necessária uma sequência de frequências e conversores analógicos digitais para cada antena aumentando o custo. Pode trabalhar com velocidades de até 600 Mbits/s (MORAES, 2010).

Para Olenewa (2007), uma das desvantagens deste padrão é o fato de que ele usa mais de um canal de 2,4 GHz ISM. Dependendo de quantos WLANs estão instalados em proximidade um do outro, a interferência pode fazer a taxa de dados real pode não chegar tão alta, quanto 108 Mbps, ou a instalação pode ser completamente impraticável.

3.4.12 IEEE 802.11r

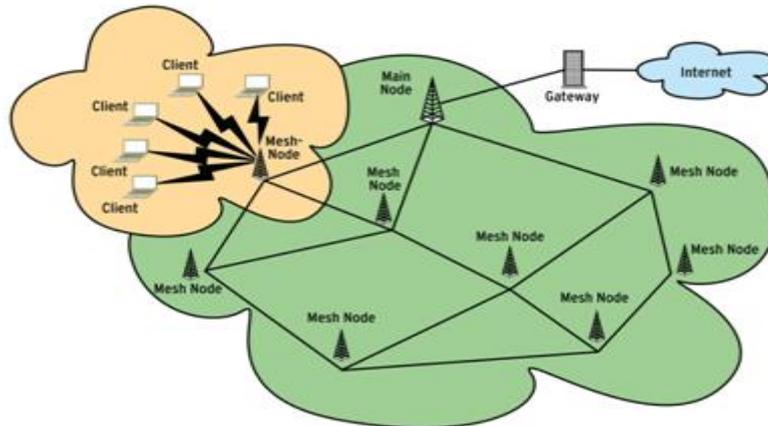
Este padrão foi desenvolvido para resolver problemas de estabilidade entre dois APs, além de questões relativas à segurança. Dando estabilidade para todos os parâmetros do AP principal. Mantendo a ligação original minimiza o impacto sobre o fluxo de dados, uma vez que o dispositivo cliente não tentará comunicar com mais do que um AP para os diferentes canais (OLENEWA, 2007).

3.4.13 IEEE 802.11s

Para Olenewa (2007), em muitos casos onde seja por presença de barreiras físicas ou mesmo por distância entre o roteador wireless e os Acces Point são muito

grandes o ideal é que se use uma rede com este padrão, conhecida também como redes *wireless Mesh*. Onde os APs estariam ligados um ao outro ao longo dos canais de comunicação sem fio, passando os quadros de dados de uma para as outras seções anteriores 802.11 protocolos, reduzindo custos de conexão com a internet. A Figura 13 ilustra o padrão IEEE 802.11s.

FIGURA 13 - Padrão IEEE 802.11s



Fonte: SCHWARZ; MAGNUS, 2009.

3.4.14 IEEE 802.16

Conhecido como WIMAX que foi aprovado em dezembro de 2001 e revisado em 2003 onde passou a usar a tecnologia OFDM em frequências de 2GHz e 10GHz. Em 2005 este padrão foi revisado novamente. O WIMAX trata da conexão entre equipamentos sem fio a internet em velocidades de megabits/s.

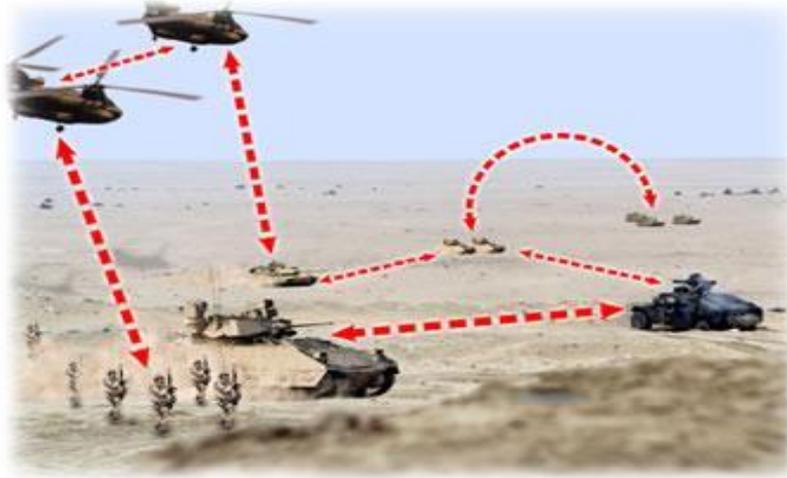
Este padrão foi projetado para transportar pacotes de IP pelo ar e tem como característica ser muito parecido com um sistema de transmissão de dados 3G. No padrão WIMAX existe uma camada de operação para o sistema fixo outra para o móvel, mas ambas operam em um espectro licenciado abaixo de 11GHz.

3.5 Origens das Redes *Mesh*

Segundo Teixeira (2004), as redes *Mesh* também podem ser chamadas de "*Multi-hop*", ou seja, múltiplos saltos. Essa tecnologia se originou no centro de desenvolvimento e tecnologia dos Estados Unidos, com intuito de fornecer uma rede na qual não seria preciso se comunicar com um nó central, fornecendo ainda, banda

larga, suporte IP fim a fim, transmitindo dados, voz e vídeo, além de permitir um posicionamento geográfico sem GPS e a comunicação móvel de até 400 km/h de velocidade. Esta tecnologia foi utilizada recentemente na guerra dos Estados Unidos contra o Iraque, como se pode ver na Figura 14.

FIGURA 14 - Rede *Mesh* na guerra do Iraque



Fonte: Teixeira (2004)

3.5.1 Benefícios da rede wireless *Mesh*

Teixeira (2004) compara a rede *Mesh* com uma banda larga tradicional que apresenta vários benefícios, como:

a) Distância maior entre a origem e o destino. A rede *wireless* apesar de aumentar a distância de transmissão, mantém a velocidade constante devido a utilização dos próprios nós intermediários (outros equipamentos ou usuários) para criar saltos na transmissão, mantendo a velocidade de transmissão.

b) Melhor utilização do espectro de frequência, reduzindo muito a distância entre os nós e reutilizando as frequências disponíveis.

c) Reduz as falhas por perda de visada, como os equipamentos ou usuários próximos, também podem ser utilizados com saltos na transmissão, contornando os obstáculos na transmissão do sinal.

d) Menor gasto na rede: devido a diminuição do número de equipamentos, uma vez que todos os usuários podem ser utilizados como repetidores e roteadores.

e) Confiabilidade, por ser uma rede mais robusta e trabalhar em malha, apresentando maior transmissão em comparação a uma rede *Wireless* banda larga tradicional.

Para Fickenger (2007), as redes *Mesh* tem como base a estratégia de que cada nó aja em modo *Mesh* como um repetidor na extensão da cobertura da rede *wireless*. Pois, quanto mais nós for disponibilizado, melhor será a cobertura de rádio e maior será o alcance da nuvem *Mesh*.

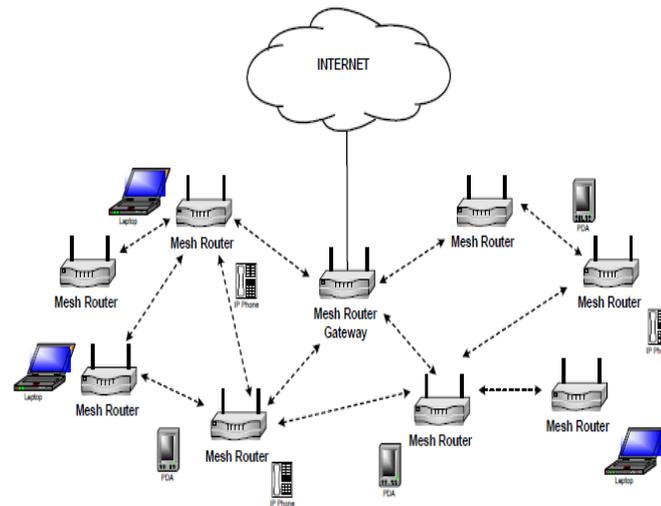
As redes de malha sem fio (*wireless mesh networks*), são utilizadas, geralmente por clientes (computadores, celulares, etc.) e roteadores e/ou pontos de acesso (APs), que se comunicam entre si na localização do melhor caminho para alcançar seu destino ou o *gateway* de internet. Essa rede apresenta um conjunto de roteadores que possibilita a cobertura de uma área física ampla, podendo ser utilizada em áreas de empresas, universidades ou condomínios residenciais, devido ao amplo acesso à rede e à internet com baixos custos e eficiente (SANTOS, 2012).

Segundo Flickenger (2007), na transmissão de dados na rede *Mesh* existe o parâmetro *Request to Send* (RTS- solicitação para envio), para não haver colisões no mesmo canal de rádio. Primeiro adicionam um *Handshake* (sacudida de mãos), ou seja, antes da transmissão de cada pacote, o lado que irá transmitir envia um sinal RTS, pedindo permissão para enviar os dados, se o canal estiver liberado ele receberá um sinal *Clear to Send*/liberado para enviar (CTS). Com estas condições atendidas a transmissão se inicia. O parâmetro *Threshold*/limite configura o valor do menor pacote de dados a ser transmitido.

A rede *Mesh* recebe e transmite seus próprios dados e funciona permite ainda que cada nó colabore na propagação de dados na rede, sendo adequada para áreas de ampla cobertura, tendo como principais vantagens o baixo custo, menor interferências, eficiência na transmissão de dados, amplo alcance.

3.5.2 Redes *Mesh* (802.15.5)

Redes *Mesh* definição de redes em malha sem fio, são redes com topologia dinâmica, variável e de crescimento orgânico, constituídas por nós cuja comunicação, no nível físico, é feita através de variantes dos padrões IEEE 802.11 e 802.16, cujo roteamento é dinâmico (ABELÉM et al, 2007). A Figura 15 exibe um exemplo de rede *Mesh*.

FIGURA 15 - Rede *Mesh*.

Fonte: Teixeira (2004)

A Figura 15, apresenta um novo padrão com uma proposta para redes *Mesh*, em que cada equipamento se comunica a todos os outros dentro do alcance, efetivamente criando múltiplos caminhos para a transmissão.

O sistema *Mesh networking* como mostrado na Figura 10, permitirá que redes *WiMedia* abranja um edifício inteiro. No entanto, esses produtos habilitados para *WiMedia*, ainda não são disponíveis, pois a ratificação das normas *Ultra Wide Band* (UWB) estão sendo aguardadas pelos (OLENEWA, 2007).

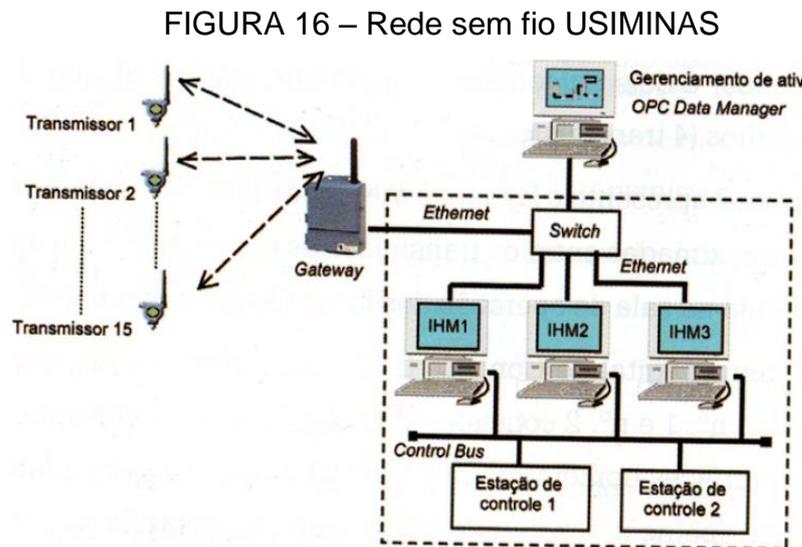
Uma rede *mesh* se difere de uma rede de infraestrutura. A rede *mesh* é constituída por vários nós que se comportam como uma única rede comunicando-se e compartilhando os recursos entre si por meio de um AP.

3.5.3 Modelos de Redes *Mesh*

Monteiro, Magalhães e Lopes (2013), afirmam que há 98% de cobertura na cidade de Tiradentes através da implementação do projeto “Tiradentes Digital” com a tecnologia WI-Mesh iniciado em 2006, o sistema teve adequações pela topografia da região que apresenta bastante relevo, na qual foram utilizadas 18 antenas, utilizado equipamento de rede sem fio UniFi com uma frequência 2.4Hz, capacidade de velocidade de 300 Mbps com um alcance de 400 pés da fabricante UBIQUITI pela facilidade de instalação e gerenciamento, cujos testes realizados comprovaram a eficiência do sistema, sendo verificadas que a rede *mesh* foi empregada em grande escala com custo benefício melhor do que uma rede *wireless* comum, com

grande desempenho de toda rede, com APs comunicando sem interferências em sinal contínuo. A rede mesh se mostrou tolerante as falhas em que foram criadas novas rotas e aumento da potência de um nó que cobriu toda região atendida pelo AP.

Segundo Oliveira (2009), em seu estudo de caso relacionado ao emprego de rede *mesh* utilizada na empresa Usiminas, no sistema de supervisão e controle dos fornos de reaquecimento concernente à duas estações de controle e três interfaces homem-máquina (IHM) que se comunicam entre si em uma rede *ethernet* e com as estações de controle por meio do barramento de controle, o *control bus*, relata sobre a importância e abrangência do sistema e pela qualidade comunicacional sem interferências. Conforme mostra a Figura 16.



Fonte: Kielbloc (2009)

Para Birkemoe (2008), o estudo de caso sobre o uso de redes de sensores sem fios (RSSF) para monitorar e controlar equipamentos em plataformas petrolíferas, o sistema de rede *mesh* é imprescindível por reduzir os custos consideravelmente, além de ser um recurso que não agride o ambiente marinho. Para sua implantação do protocolo *WirelessHART* um recurso robusto, pela existência de obstáculos como variação de temperatura, diversas superfícies de aço, uso de inúmeros dispositivos sem fio em diferentes faixas de frequência para o uso pessoal e industrial, além de ser um sistema apropriado para manter a segurança dos dados, que em sua maioria, são confidenciais. No qual se percebeu que o sistema apresenta ótima performance quanto a transmissão e recepção de dados,

baixo consumo energético, velocidade de comunicação adequada as necessidades da empresa.

Complementa Fayad (2003), que o sistema sem fio no monitoramento e controle na exploração de poços remotos de petróleo têm instrumentos de campo, sinais discretos e instrumentação específica de cada equipamentos ligados a um controlador central, que transmite os dados a uma estação de supervisão central. Complementa ainda, que vários equipamentos são alimentados por meio de painéis solares e bancos de baterias.

Com utilização de três computadores com uso do programa Windows, dois rádios modelo TeKK 2 W 450 a 470 MHz, duas placas serial padrão Baycom (BAY96 V2); duas placas de rede NE2000; Microsoft Visual Studio; Microsoft SDK e DDK., os equipamentos foram utilizados para operação, teste e verificação do funcionamento da rede *mesh* constando ao final do processo economia no tempo de envio e recebimento de dados, economicamente viável, para monitorar e controlar estações de trabalho remotas e de difícil acesso, comumente em estações de rádio e TV que necessitam ser monitoradas/controladas em localidades afastadas; ebm como, utilização do sistema pela polícia rodoviária para que possa ter acesso a banco de dados referente à pessoas desaparecidas ou procuradas, carros roubados, entre outras informações pertinentes ao trabalho investigativo e policial.

Portanto, diante dos estudos pertinentes a utilização de redes mesh, percebe-se custos benéficos com relação a transmissão com envio e recebimento de dados sem interferência com menor tempo; maior abrangência de comunicação; facilidade de instalação em áreas de difícil acesso como em áreas de grande relevo e plataformas na água.

4 METODOLOGIA

Este capítulo trata dos procedimentos metodológicos na obtenção de dados e informações que embasaram a resolução do problema desta pesquisa. Para Gil (2008), a metodologia é como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo mostrar resultados aos problemas que são propostos no estudo.

Percebe-se que a metodologia refere-se a um conjunto de métodos científicos que visa chegar a um conhecimento mais objetivo do estudo em questão.

Neste capítulo são mencionadas: as estratégias e tipo de pesquisa, método, universo, amostra e critério de amostragem, a coleta e tratamento de dados, além de tratar das limitações encontradas na realização deste trabalho. Foi aplicado um conjunto de métodos, para que fosse feita averiguação, quanto a importância de implementação da Rede *Mesh* para comunicação *wireless* entre máquinas de pátio utilizadas no processo de estocagem de minério de ferro em uma mineradora no interior de Minas Gerais.

4.1 Abordagem da Pesquisa

A abordagem da pesquisa escolhida foi qualitativa.

Segundo Vergara (2009), a abordagem qualitativa se mostra interessante e vantajosa pelo fato de aprofundar mais na pesquisa.

Beuren (2010) trata da pesquisa qualitativa como uma análise mais profunda em relação a um fenômeno pesquisado, com destaque das características não observadas por meio de um estudo quantitativo.

A escolha pela abordagem qualitativa justifica-se em razão da necessidade de realizar um estudo mais profundo e detalhado em relação à identificação e apresentação das causas e soluções para os problemas de falha de comunicação entre os rádios *ethernet* identificadas e a partir da viabilidade de implementação de rede *Mesh* em uma mineradora situada no interior de Minas Gerais.

4.2 Tipo de Pesquisa

O tipo de pesquisa utilizada foi a exploratória.

Segundo Vergara (2009, p.47), a pesquisa é exploratória “é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado”.

Mattar (2001) enfatiza que a pesquisa exploratória possui amplitude sendo um método versátil que correspondem à levantamentos de fontes secundárias, de experiências, através de estudos de casos selecionados e por meio ainda, de observação informal.

Esta pesquisa foi de caráter exploratório, pois buscou identificar e apresentar as causas e soluções para os problemas de falha de comunicação entre os rádios *ethernet* com identificação das características referentes a viabilidade na implementação de rede *Mesh* para otimizar os processos produtivos através da comunicação entre as máquinas de pátio utilizadas para estocar minério de ferro em uma mineradora situada no interior de Minas Gerais por meio de levantamentos de fontes e observações.

4.3 Método

O método escolhido para o trabalho foi o estudo de caso

Segundo Yin (2005), o estudo de caso é referente a uma pesquisa investigativa de fenômenos atuais dentro de seu contexto real, em situações em que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente estabelecidas.

Para Gil (2008), o estudo de caso é caracterizado pelo aprofundamento do estudo incansável relativo a um ou a poucos objetos, promovendo o conhecimento detalhado e amplo do caso.

Portanto, o estudo de caso foi utilizado nesta pesquisa, por ter permitido a identificação de forma mais profunda e clara das causas e soluções para os problemas de falha de comunicação entre os rádios *ethernet* relativo às máquinas de pátio utilizadas no processo de estocagem de minério em uma mineradora situada no interior de Minas Gerais, por meio da viabilidade de implementar à rede *Mesh*, na empresa, devido seu contexto real do fenômeno pesquisado.

4.4 Universo

Para Vergara (2009), o universo não é o número de habitantes de um determinado local é um conjunto de elementos como pessoas, produtos e

elementos. Esses elementos possuem as características que serão o elemento de estudo da pesquisa.

Complementa Lapponi (1997), que o universo de uma pesquisa é como conjunto ou coleção de dados necessários para descrever qualquer fenômeno.

A escolha de uma mineradora situada em Itabira, interior de Minas Gerais, para realização deste trabalho deu-se pelo fato de ser uma empresa onde se insere as características dos sistemas de comunicação não-guiado (caracterizado pela transmissão de sinal sem a utilização de um cabo) utilizado nas máquinas de pátio responsáveis pela estocagem de minério de ferro, com obtenção das informações necessárias, disponibilizadas pela empresa, o que possibilitou alcançar as respostas do problema e dos objetivos desta pesquisa.

4.5 Amostra e Critério de Amostragem

A amostra presente neste trabalho foi definida pelo critério de amostragem como não probabilística por acessibilidade composta pelos processos de comunicação por rede *ethernet*, comunicação *wireless* configurados com uso de rádios de comunicação que estão inseridos nas máquinas de pátio na mineradora pesquisada.

Amostra pode ser compreendida, como uma parcela apropriada inserida no universo da população selecionada, isto é, um subconjunto ou parte integrante do universo (MARCONI e LAKATOS, 2010).

De acordo com Vergara (2009), a amostra é uma pequena parte do universo escolhida, procedendo de acordo com um critério de caráter representativo.

A amostra da pesquisa foi adequada pelo fato de não generalizar o estudo de caso a todos os processos de comunicação inseridos nas máquinas e equipamentos de outros setores da empresa, ou seja, a amostragem foi realizada com um subconjunto do universo (máquinas de pátio).

De acordo com Appolinário (2006), em relação à amostra não probabilística não existem métodos ou procedimentos estatísticos e normalmente se caracteriza a amostra por acessibilidade.

Vergara (2009), relaciona a amostra não probabilística por acessibilidade ao fato dos elementos serem selecionados pela facilidade de acesso, afastando-se de qualquer procedimento estatístico.

De acordo com a teoria apresentada pelos autores, o critério de amostra deste trabalho foi por acessibilidade, sendo assim não probabilístico, por tratar-se de uma pesquisa qualitativa, visto que foi disponibilizado o acesso as informações referentes aos processos de comunicação por rede *ethernet* e comunicação *wireless*, por meio de rádios de comunicação que estão inseridos nas máquinas de pátio da mineradora pesquisada.

4.6 Coleta de Dados

Os instrumentos de coleta de dados da pesquisa foram: pesquisa documental e observação não participante.

De acordo com Gil (2008), a pesquisa documental tem por base materiais que não receberam um tratamento analítico, ou ainda, que possam ser reorganizados dentro dos objetivos propostas da pesquisa.

Complementa Vergara (2009), que a pesquisa documental é a pesquisa realizada através de documentos mantidos em órgãos que podem ser públicos ou privados, ou ainda, de qualquer natureza, bem como pessoas, sendo estes: registros, anais, regulamentos, circulares, ofícios, memorandos, balancetes, comunicações informais, filmes, microfimes, fotografias, vídeos, gravação de vozes informações em disquete, diários, cartas pessoais a outros.

A coleta de dados com base em documentos disponibilizados pela empresa estudada possibilitou uma visão mais clara em relação ao problema proposto nesta pesquisa.

Para melhor visualização dos documentos que foram utilizados para análise documental que contribuiu no estudo de caso é apresentado o Quadro 1.

QUADRO 1 - Lista de documentos

Documentos	Descrição documentos pesquisados	Data de publicação
DOC 1	Doc 1- Sistema <i>Plant Information Management System</i> (PIMS)	nov, dez, jan, fev/2018-2019
DOC 2	<i>PI data link</i>	nov,dez, jan, fev/2018-2019
DOC 3	Manual do fabricante de rádios <i>ethernet</i>	nov,dez, jan, fev/2018-2019

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

O Quadro1 apresenta uma listagem de documentos que foram acessados nos meses de novembro e dezembro de 2018 e ainda, janeiro e fevereiro de 2019. Os procedimentos utilizados pela empresa pesquisada possuem um programa computacional próprio, com procedimentos operacionais da empresa padronizados por *software* criados para cada informação, como: sistema supervisorio *Processbook* (PI), *PI data link*, *Plant Information Management System* (PIMS); manual do fabricante de rádios *ethernet*, com informações inerentes ao processo de comunicação e relatórios de apontamentos utilizados nas máquinas do pátio de estocagem de minério da empresa pesquisada.

O uso da pesquisa documental foi necessária por ser um instrumento de coleta de dados que permitiu realizar a análise de documentos relacionados com o tema pesquisado, auxiliando na resposta do problema e objetivos da pesquisa.

Em complemento à pesquisa documental foi utilizada a coleta de dados por meio da observação não participante.

De acordo com Marconi e Lakatos (2010), na observação não participante o observador não participa nem interage com o objeto de estudo no momento em que realiza a observação e não poderá ser considerado como participante.

Na observação não participante não há interação nem influencia no objeto do estudo, no qual foi possível observar o funcionamento dos processos de comunicação da empresa, que possibilitou analisar as falhas e soluções encontradas, em relação à comunicação *ethernet* referente às máquinas de estocagem de minério de ferro no pátio de uma mineradora no interior de Minas Gerais e informações relativas a viabilidade de implementação da rede *Mesh*.

Portanto, os instrumentos de coleta de dados foram por meio de pesquisa documental e observação não participante como os meios mais adequados, por meio da observação da rotina no setor pesquisado e pela aquisição de informações dos bancos de dados da mineradora pesquisada, palco da ocorrência do fenômeno em questão, os quais foram obtidos através da ferramenta *PI data link*, utilizando o sistema PIMS, monitoração do sinal de transmissão *wireless*, pelo acesso de um programa de configuração dos dispositivos responsáveis pela emissão do referido sinal e por fim, foi possível visualizar a comunicação de pacote de dados na rede de *software Ping Monitor*, com dados relativos à medição de cabos de antenas e monitoração da comunicação em geral, o qual se utilizou ainda, o *software inSSIDER Office*.

4.7 Tratamento dos Dados

No presente estudo foi utilizada a análise de conteúdo para o tratamento de dados.

Vergara (2009), relata que tratamento de dados pode ocorrer de forma não estatística, sendo apresentados de maneiras mais ordenada, categorizada como qualitativamente.

Lakatos e Marconi (2010, p.34) citam que “uma vez manipulados os dados e obtidos os resultados, o passo seguinte é a análise e interpretação dos mesmos, constituindo-se ambas no núcleo central da pesquisa”.

Conforme supracitado, a abordagem teórica deste trabalho discorre e interpreta os dados com o objetivo de buscar uma definição complexa em relação ao tema escolhido.

Conforme exposto, a presente pesquisa utilizou a técnica de análise de conteúdo como forma de buscar a compreensão do conteúdo que foram obtidos através da pesquisa documental e observação não participante dos pesquisadores, o que permitiu uma análise adequada em resposta ao problema e aos objetivos do presente estudo.

4.8 Unidade de Análise

A unidade de análise dessa pesquisa foi o pátio de máquinas de estocagem de minério de ferro em Itabira interior de Minas Gerais, fundada nesta cidade dia 3 de junho de 1942, cujos processos de comunicação por meio da rede *ethernet* e comunicação *wireless* é realizada através da utilização de rádios de comunicação presentes nas máquinas de pátio da mineradora pesquisada.

A empresa Vale é um marco da mineração no Brasil com atividades de aquisição de jazidas de minério de ferro situada em Itabira interior de Minas Gerais. A empresa é umas das maiores mineradoras e companhias do setor privado negociadas no mundo, sendo a maior produtora mundial de minério de ferro e pelotas, além de produzir manganês, ferro liga, carvão térmico e metalúrgico, cobre, metais do grupo da platina, ouro, prata, cobalto, potássio, fosfatos e outros nutrientes fertilizantes, produtos fundamentais para a indústria e a agricultura mundial (VALE, 2019).

Segundo Bardin (2000), análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análise comunicativa, com o desígnio da obtenção de indicadores que podem ser quantitativos ou qualitativos, através da utilização de procedimentos sistemáticos e objetivos de uma pesquisa.

Complementa Gil (2008), que unidades de análise são respostas adquiridas que devem ser organizadas e classificadas em padrões, partindo de vários elementos de pesquisa.

A análise ou interpretação dos dados é referente à pesquisa qualitativa e tem como finalidade a organização dos dados que proporcionaram as respostas ao problema proposto neste trabalho.

A utilização da análise de conteúdo nesta pesquisa teve como fases essenciais: a pré-análise, fase em que ocorreu a organização das ideias com procedimentos bem estruturados submetidos à análise com escolha dos objetivos e a indicação de interpretação dos dados; na segunda fase a exploração do material por meio das informações adquiridas na coleta de dados; e a terceira fase com o tratamento dos resultados através da análise e interpretação das informações coletadas.

4.9 Limitações da Pesquisa

O autor Gil (2008), destaca que existem limitações em todo método de pesquisa.

O objetivo de limitar a pesquisa esta no fato de antever as críticas do leitor, sendo identificadas como principais limitações desta pesquisa, o levantamento de dados documental que foram analisados pela indisponibilidade de tempo devido as atividades exercidas e troca de turnos dos colabores do setor pesquisado durante o período de coleta de dados.

Entretanto estas limitações não impediram que a pesquisa fosse realizada e que os objetivos fossem respondidos, como apresentados no próximo capítulo com informações do estudo de caso desta pesquisa.

5 ESTUDO DE CASO

A partir da metodologia descrita, este capítulo responde ao objetivo geral e aos objetivos específicos deste trabalho, através da análise e compreensão dos dados que foram adquiridos por meio de pesquisa documental e observação não participante, realizadas nos meses de novembro e dezembro de 2018 e janeiro e fevereiro de 2019, analisados de forma qualitativa descritiva.

Para Análise documental foram utilizados os documentos (que utiliza a sigla Doc para designar documento), Doc 1 referente ao *Plant Information Management System* (PIMS) um sistema que contém informações das células de produção, por meio da aquisição de diversas fontes, como PLC's, SCADA, LIMSe SDCD's, armazenando uma base de dados em tempo real. Do Doc 2 referente ao *PI data link* um suplemento PIMS para o *Microsoft Excel*, que permite a conexão com o *PI Server* para computar os dados obtidos em uma planilha, sendo necessária uma conexão com o servidor da unidade referente. E o Doc 3 o manual do fabricante, visando a obtenção de dados para a pesquisa juntamente as observações não participativas dos pesquisadores com embasamento teórico de autores citados no marco teórico.

A estrutura deste capítulo baseou-se em cada um dos objetivos específicos, divididos em tópicos. O primeiro referente ao levantamento de possíveis causas de falha de comunicação entre rádios ethernet com informação; no segundo são descritas a comunicação por rede ethernet, comunicação wireless e as características e configurações dos rádios de comunicação da empresa pesquisada. O terceiro tópico apresenta a viabilidade e eficácia de implementação da rede Mesh.

O problema em questão ocorreu em uma empresa do setor de mineração na cidade de Itabira no interior de Minas Gerais cuja principal produção na mina é o minério de ferro. Este produto após ser tratado na usina de beneficiamento é estocado em um pátio denominado pátio inferior.

Os pátios de estocagem da mineradora pesquisada, tem como objetivo a armazenagem, com separação por tipos minério, em formato de pilhas de 5 em 5 metros produzidos por meio da planta de concentração do complexo. O pátio possui a função de estocagem do material para garantir o carregamento em caso de queda de produção com uma grande área física.

Na estocagem/recuperação dos materiais oriundos da planta de beneficiamento são disponibilizados pela mineradora ao pátio de estocagem. Os sistemas de recuperação e transportadores de correia com transferência móveis que transporta os materiais recuperados de qualquer um dos pátios a um dos silos de carregamento, cada um com capacidade de 500 t/h com flexibilidade significativa da operação que reflete no aumento da capacidade horária de carregamento.

O técnico do Controle de Qualidade após a definição da qualidade do material direciona aos operadores das empilhadeiras e/ou empilhadeira/recuperadoras o local do pátio, no qual o material deverá ser estocado por meio de balizas, considerando as posições inferior e superior para recuperação, com a criação de planilhas e mapas de “Controle de Pátios” informações de identificação, com o nome do produto, pilhas, ao número da baliza, posição de estocagem e quantidade de material.

Para melhor entendimento e análise dos dados obtidos das máquinas utilizadas para a estocagem de material no pátio. Cada empilhadeira analisada será identificada em uma ordem, através da sigla EM para as empilhadeiras e ER para as recuperadoras seguidas pela numeração de identificação. O produto estocado é retirado do pátio por duas máquinas de identificação: ER061500 e ER062100 (empilhadeiras recuperadoras). Logo após é transportado em correias até silos onde são carregados vagões para escoar a produção até o porto onde o material é levado ao cliente final. Os carregamentos obedecem a uma programação diária que considera o material estocado, a produção e os pedidos dos clientes. Essas máquinas (denominadas máquinas de pátio) se comunicam com a sala de controle através de rede *ethernet*. Sendo que a empilhadeira EM061800 funciona em automático.

Devido à grande movimentação das mesmas, como giro em 360°, por exemplo, uma rede via cabos é dificultada. Portanto, são utilizados rádios *ethernet* para implementação de uma rede *wireless* dessas máquinas.

As falhas de comunicação das empilhadeiras podem ocasionar em falta de material no pátio para ser carregado e falhas nas empilhadeiras recuperadoras podem ocasionar interrupção no carregamento e graves prejuízos financeiros. Falhas nesta comunicação ocorrem devido a vários fatores como aponta o próximo tópico relativo ao levantamento das possíveis causas de falhas de comunicação entre rádio *ethernet*.

5.1 Levantar possíveis causas de falha de comunicação entre rádios ethernet

O presente tópico tem como objetivo apresentar o levantamento das possíveis causas de falha de comunicação entre rádios *ethernet* da empresa mineradora pesquisada. Como falha tem-se a distância das máquinas de *Access Point*, como segue no subtópico seguinte.

5.1.1 Distância das máquinas as Access Point

O presente subtópico apresenta uma das causas de falha de comunicação entre rádios *ethernet*, a partir da análise documental e observação não participante.

Pela análise do documento (Doc 1) referente ao *Plant Information Management System* (PIMS) que utiliza o *software Ping Monitor*, e o (Doc 2) *PI data link*, dispõem de informações do histórico das máquinas com menção de que a comunicação das máquinas eram realizadas pelo uso de um rádio *Access Point*, localizados estrategicamente no início do pátio. A utilização desse rádio AP era feita com o intuito de se evitar perdas de sinal devido a distância das máquinas. Mas, mesmo diante dessas medidas percebeu-se pela análise documental que quando as máquinas se distanciavam do ponto de acesso ocorriam pequenas falhas no sinal do *link*. E ainda, apontou a limitação na comunicação pela tecnologia *handover*, ou seja, quando havia perda de sinal do AP, o tempo de migração de um programa para o outro era alto, cerca de 5 a 10 segundos, com ocorrência de pequenas paradas das máquinas, fazendo com que elas demorassem a estabilizar o empilhamento.

Pela observação não participante, percebeu-se que foi possível visualizar a instalação de um painel de controle que trabalha como um monitor de computador, cujos operadores são profissionais qualificados que podem personalizar esses monitores da forma que considerar melhor, para a execução de suas atividades de monitoramento das máquinas de pátio. A função deste painel é apenas facilitar a visualização das informações que são disponibilizadas em tempo real. Notou-se ainda, todo o histórico das máquinas são disponibilizados aos funcionários que em caso de falhas do equipamento podem visualizar todas as informações para facilitação da identificação e solução dessa falha.

O alcance de uma rede *wireless* é um fator primordial que define o bom funcionamento de seus dispositivos. A potência de transmissão é a grande

responsável pela distância que as redes RF podem se comunicar, outros fatores são a sensibilidade do receptor e o caminho por onde se propaga. Porém, estão sujeitas a absorção, reflexão, interferência e ruído. Os principais fatores que afetam a propagação de sinal são: a frequência que influencia nas características de propagação; a potência de transmissão, quanto maior a potência maior o alcance, limitado às leis do país, maior também será o consumo da bateria; ; sinais refletidos, tornando o sinal fraco e com interferência; fontes de interferência, outros dispositivos podem atrapalhar o sinal por trabalharem na mesma frequência (MORAES, 2010).

No levantamento das causas das falhas de comunicação das máquinas do pátio inferior são apontados ainda, os obstáculos físicos entre as antenas, como apresentado na sequência.

5.1.2 Obstáculos físicos entre as antenas

Pela análise do documento (Doc 1) referente ao *Plant Information Management System* (PIMS) que utiliza o *software Ping Monitor*, o sistema emite relatórios de todas as máquinas quando há algum tipo de falha de comunicação, há informações com apontamento da localização da máquina, momento de ocorrência da falha e momento de reestabelecimento da comunicação com a máquina. Ao detectada a falha é encaminhada aos responsáveis para verificação, análise e solução da mesma o mais rápido possível, para evitar possíveis paradas das máquinas e conseqüentemente atrasos ou paradas no processo produtivo.

O (Doc 2)- *PI data link* é um programa utilizado para o preenchimento de planilhas, constando todas as informações sobre a ocorrência das falhas e dados das máquinas e de seus componentes para futuras consultas e acesso mais rápido e detalhado dessas informações constatou que ocorreu falhas com perda de comunicação entre as máquinas e a rede.

Pela observação não participante, percebeu-se pela verificação do local, a instalação de antenas do tipo omnidirecional. Além, da frequente necessidade de observação quanto dos colabores responsáveis pelo balanceamento entre o *Uplink* e o *Downlink*, não adiantando ter muita potência para um lado e para o outro ter baixa potência, uma vez que a comunicação chegava até a máquina e não retornava para

o AP. Nota-se por meio da Figura 17, que as próprias máquinas servem como obstáculos de comunicação umas às outras.

FIGURA 17 - Posicionamento das máquinas no pátio



Fonte: Dados do autor (2019)

A figura 17 apresenta máquinas de pátio que devido à própria estrutura de grande porte e proximidade umas da outras, pode interromper o sinal de comunicação.

No referencial teórico selecionado, Olenewa (2007), apresenta que as antenas utilizadas nos rádios instalados nas máquinas do tipo omnidirecional, transmitem e recebem sinais em todas as direções, mas em situação de relevo ou obstáculos devem ser utilizadas antenas maiores.

Pela análise documental, observação não participante e a visão do autor supracitado, observou-se que a antena omnidirecional apresenta um ganho comunicacional, mas que deve ter o local de instalação com dimensionamento adequado do *link*, para evitar-se falhas provocadas pelas próprias máquinas como obstáculos dessas com o link. Outra falha apresentada é referente à vida útil de itens dos rádios *ethernet*, como trata o próximo subtópico.

5.1.3 Vida útil dos rádios

Segundo o (Doc 3)- manual do fabricante, os rádios *ethernet* utilizados para comunicação das máquinas de pátio da empresa analisada são da marca Cisco, no qual consta um ano de garantia para defeitos de fabricação e que a empresa

fabricante disponibiliza um *software* com todo suporte técnico orientador com dados sobre instalação, infraestrutura, operação do equipamento por profissionais com treinamento adequado, com exclusão de assistência técnica devido a utilização inadequada do equipamento. Não dispõe de informações com previsão de vida útil dos itens do equipamento.

Conforme observação não participante o período de garantia dos rádios já foram ultrapassado. Portanto, não há como prever sua vida útil, mas a empresa tem uma expectativa de vida útil dos rádios estipulada em 10 anos. Pois, o ambiente onde os mesmos estão instalados, apesar da proteção dos painéis, como se pode ver na Figura 18, contribui para redução da vida útil dos aparelhos devido a presença de partículas de sílica, minério de ferro e outros materiais em suspensão.

FIGURA 18 - Rádio Ethernet Cisco



Fonte: Dados do autor (2019)

A Figura 18 apresenta o rádio da fabricante Cisco modelo AIRONET 350, que mesmo com uma proteção das intempéries, possui pequenos orifícios pelos quais podem penetrar pequenas partículas de materiais contaminantes, podendo causar danos ao equipamento ou a um de seus componentes.

Ainda por meio da observação não participante, notou-se que os cabos e antenas também são itens que merecem atenção e podem contribuir para falhas de comunicação. Os mesmos são instalados em locais não cobertos sujeitos a intempéries. Deste modo, cabos e antenas podem ficar úmidos e se não houver manutenções, estes causarão falhas no sistema de comunicação.

Moraes (2010) define que dentre os fatores que afetam a propagação de sinal está o tipo de construção, se possuir excesso de ferro, esse poderá interferir no sinal, sendo necessária colocação de mais rádios.

Se devido às causas supracitadas, não ocorrer soluções adequadas entre os transmissores e antenas (por umidade nos conectores, defeito nos cabos, cabos muito longos, dobras, etc.) esses equipamentos poderão sofrer danos, causando falhas na comunicação.

Respondendo ao objetivo específico desse tópico, foram levantados como falha de comunicação entre os rádios ethernet na empresa estudada que as falhas de comunicação entre rádios *ethernet* ocorrem devido à distância das máquinas as *Acces Point* (APs); em decorrência da grande área física do pátio, a estrutura física e proximidades das máquinas que podem interromper a comunicação umas das outras formando obstáculos entre as antenas; a exposição dos rádios às partículas contaminantes que podem diminuir sua vida útil.

5.2 Descrever a comunicação por rede *ethernet*, comunicação *wireless*, características e configurações dos rádios de comunicação na empresa pesquisada

O presente tópico tem como objetivo descrever a comunicação por rede *ethernet*, comunicação *wireless*, características e configurações dos rádios de comunicação na empresa pesquisada. O subtópico seguinte, apresenta o levantamento da frequência das ocorrências das falhas.

5.2.1 Levantamento da frequência das ocorrências das falhas

Percebeu-se por meio (Doc 2)- PI data link a constatação de falhas da rede *wireless*, por meio de dados relativos à interrupção no processo de carregamento de vagões pela parada das empilhadeiras/retomadoras decorrentes de falha na comunicação. Durante a ocorrência dos fatos, as ocorrência foram direcionados para os funcionários da empresa responsáveis pela manutenção corretiva elétrica das máquinas, que com base no histórico das máquinas e diante do travamento dos rádios que acarretou na interrupção da comunicação foram postos em modo “*reset*”.

Na observação não participante dos pesquisadores, observou-se a utilização do (Doc 1) *Plant Information Management System* (PIMS) e do Doc 2- *PI data link* foi possível perceber a importância do sistema para obtenção de informações sobre apontamento das falhas em tempo real, com possibilidade de consulta das falhas anteriores para agilizar o processo de manutenção das máquinas para solucionar as falhas da rede *wireless* que reflete na disponibilidade física das máquinas.

Bueno (2010) relata que a *Plant Information Management System* (PIMS) é um sistema de banco de dados que utiliza vários bancos de dados em uma base de dados *real time*, fazendo uma ligação entre os elementos do chão de fábrica da pirâmide de automação com o topo da pirâmide (elementos de gestão empresarial).

Os dados são apresentados em *tag's*, que são as variáveis numéricas ou alfa numéricas de um processo, como por exemplo: posição, valor de corrente de um motor, temperatura, pressão em um processo e outros. No caso em questão nos trará informações do funcionamento das máquinas de pátio (BUENO, 2010 *apud* SILVIS; SALVADOR, 2005).

Utilizando o *PI data link* se obtém dados como o funcionamento dos equipamentos, para se checar a influência de falhas da rede *wireless* na disponibilidade física dos equipamentos. Têm-se todos os recursos das planilhas do *Excel* para se trabalhar esses dados, montando gráficos e planilhas e realizando um constante monitoramento (BUENO, 2010).

Analisando a pesquisa documental, a observação não participante e a visão dos autores, verificou-se que a utilização do sistema *PI data link* é importante por fornecer dados sobre o funcionamento dos equipamentos, a influência de falhas da rede *wireless* e quanto a disponibilidade física das máquinas de pátio, com dados em tempo real e banco de dados com o histórico de todas as falhas e o índice de produtividade das máquinas o que possibilita, estabelecer ações de manutenção com solução das falhas com maior otimização dos processos.

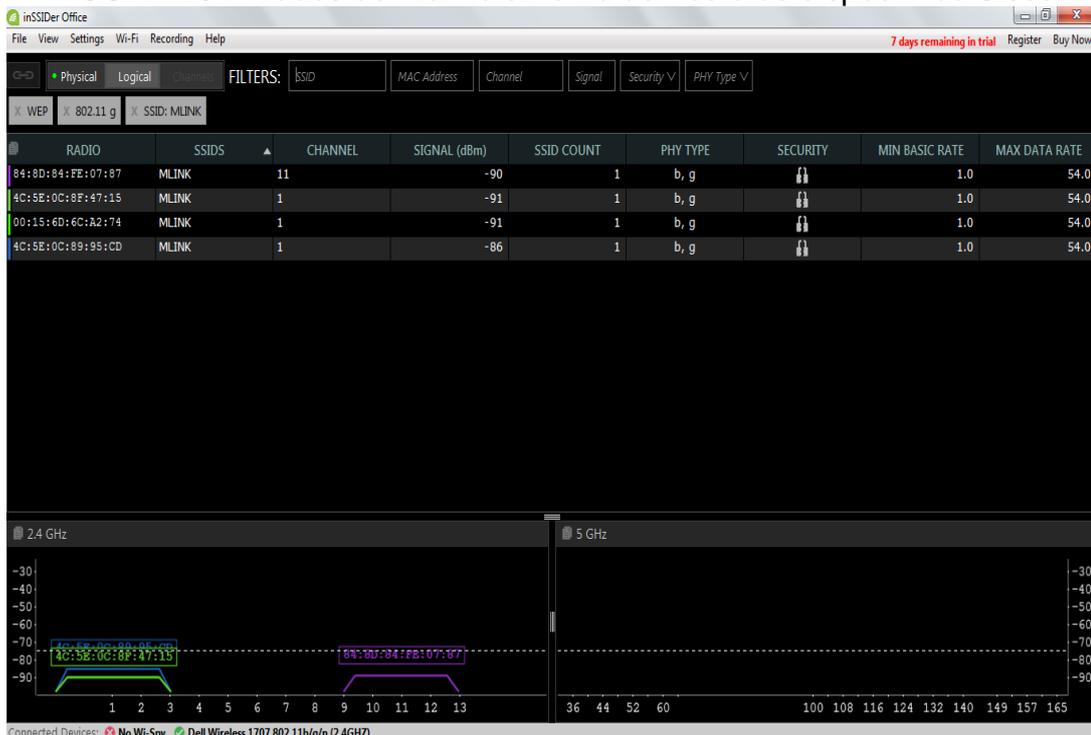
5.2.2 Monitoramento e medições

Notou-se a utilização de dois *softwares* para realizar diagnósticos dos rádios *ethernet* cisco e da rede de comunicação *wireless* estabelecidos por eles.

O primeiro *software* a ser citado é o *inSSIDer Office*. É uma ferramenta para *Windows* que possibilita detectar redes sem fio, intensidade de sinal, verificar se a

rede está configurada da maneira correta, encontrar locais com má cobertura na *WLAN* ou redes que possam estar causando interferência na rede testada. De posse de um notebook com o programa citado monitorando a rede, foi percorrido todo pátio em linha reta (totalizando 300 metros), procedimento denominado *site survey*, que é um método para identificar obstáculos na transmissão de dados em um ambiente *wireless*. Conforme o resultado apresentado na Figura 19.

FIGURA 19 – Dados de monitoramento de Teste de dispositivos Cisco



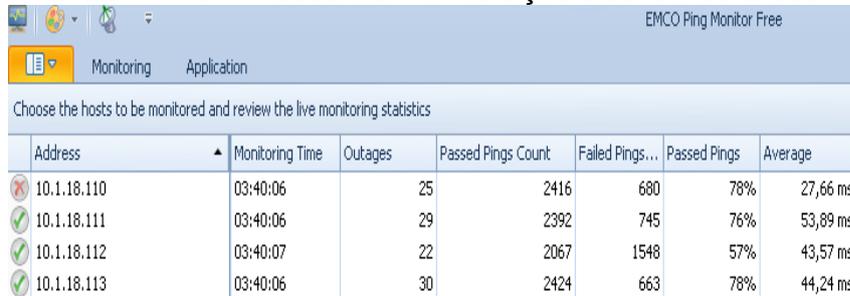
Fonte: Print Screen da Tela inSSIDer Office (2019)

A Figura 19 possibilita identificar a rede do pátio inferior pelo *SSID* (nome da rede) por *MLINK*. Pode-se observar que o AP se comunica pelo canal 11 e os demais dispositivos pelo canal 1. O sinal mais elevado medido foi de -91 dB (quanto mais negativo, pior é o sinal), conectado ao AP cuja frequência é 2,4 GHz, identificado pelo MAC de sua placa de rede.

Foi utilizado, ainda o software “*Ping Monitor*” que é uma ferramenta para monitorar vários dispositivos simultaneamente através dos IPs, fornecendo informações estatísticas de conexão e falhas no envio de *pings*. O Ping monitor foi utilizado para monitorar a comunicação *wireless* dos rádios e gerar dados para serem analisados. Foi utilizado um notebook para monitorar os dispositivos

instalados (rádios Cisco) durante três horas consecutivas, com o resultado mostrado por meio da Figura 20.

FIGURA 20 – Dados da monitoração dos rádios Cisco



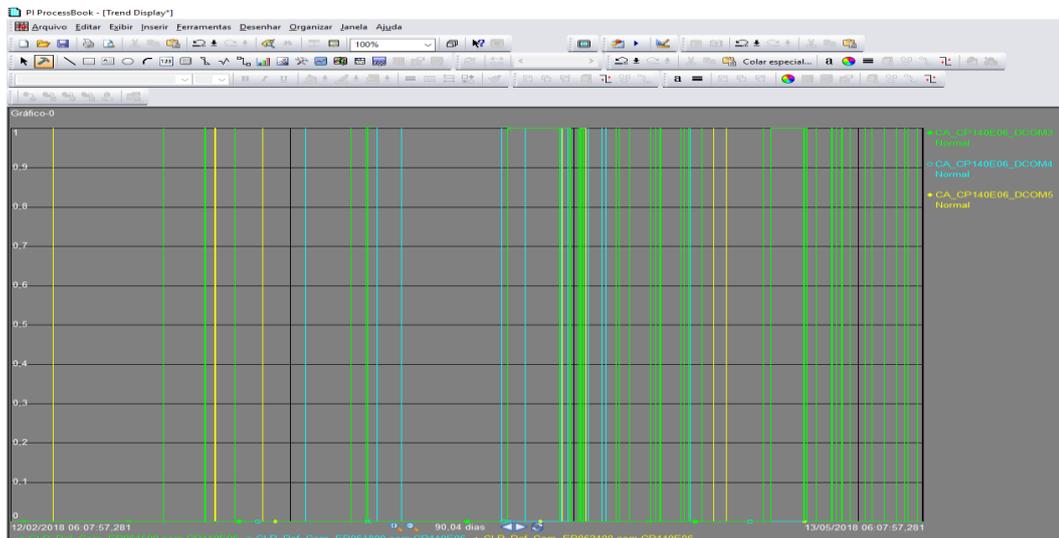
Address	Monitoring Time	Outages	Passed Pings Count	Failed Pings...	Passed Pings	Average
10.1.18.110	03:40:06	25	2416	680	78%	27,66 ms
10.1.18.111	03:40:06	29	2392	745	76%	53,89 ms
10.1.18.112	03:40:07	22	2067	1548	57%	43,57 ms
10.1.18.113	03:40:06	30	2424	663	78%	44,24 ms

Fonte: *Print Screen* da Tela Ping Monitor (2019)

Verifica-se por meio da Figura 20, que se durante o tempo em que a rede foi monitorada (três horas, quarenta minutos e seis segundos) do total de *pings* enviados para o dispositivo de IP: 10.1.18.110 (tomado como exemplo), houve 25 interrupções, 2416 *pings* que chegaram ao destino (representando 78% do total), 680 que falharam (representando 22% do total), com tempo médio de 27,66 ms. Média de falhas no envio de *pings* de 72,25%.

Os dados apontam falhas consideráveis no envio de *pings*, acusando comunicação não muito confiável na rede. Devido utilização de um programa gratuito, só houve a possibilidade de monitorar quatro dispositivos simultaneamente. Na Figura 21 observa-se uma tela do *PI data link* em um período de 90 dias, do dia 12/02/2018 a 13/05/2018.

FIGURA 21 – Gráfico de dados de análise de falhas rede *wireless*



Fonte: *Print Screen* da Tela PI data link (2019)

A Figura 21 apresenta o “status” da comunicação dos rádios *ethernet* Cisco. Em uma primeira análise comprova-se o quanto era instável essa comunicação. Deve-se salientar que o gráfico apresenta a comunicação dos três rádios instalados nas respectivas máquinas, onde a cada linha vertical representa falhas.

5.3 Apresentar a viabilidade e eficácia para solução de falhas de comunicação por meio de implementação da rede *Mesh* em uma mineradora no interior de Minas Gerais

Este tópico apresenta testes e resultados da implementação de melhoria através da rede *Mesh*.

5.3.1 Implementação da melhoria

Para resolver os problemas de falhas de comunicação da rede *wireless* com rádios *ethernet* Cisco, onde existe somente uma frequência e uma antena, ou seja, não tem diversidade de frequências, ou de polarização, foi implantada uma rede *Mesh*. Esse tipo de rede possui como benefício: melhor utilização do espectro de frequência, redução de falhas por perda de visada, redução do número de equipamentos, uma vez que todos os usuários podem ser utilizados como repetidores e roteadores, rede mais robusta e trabalhando em malha, proteção contra colisão entre outros. Como a empresa em estudo já possuía os rádios, optou-se por utilizar rádios *Bread Crumb* da Rajant.

5.3.2 Características dos rádios Rajant *Bread Crumb*

Os dispositivos Rajant *Bread Crumb* utilizados formam uma rede *Mesh* com protocolos de padrão aberto IEEE 802a /b/g. Podem ser transmitidos dados de voz, áudio e imagem. Por sua estrutura robusta pode ser instalado em condições severas (o mesmo não se aplica a rádios Cisco), essa característica é ideal para área de mineração. Devido ao protocolo utilizado, pode comunicar com diversos dispositivos como *Laptops*, câmeras e outros dispositivos IP, sensores entre outros.

Podem operar em várias configurações simultaneamente: 900 MHz; 2,4 GHz; 4.9 GHz e 5GHZ. Para isso cada dispositivo possui quatro antenas de comunicação,

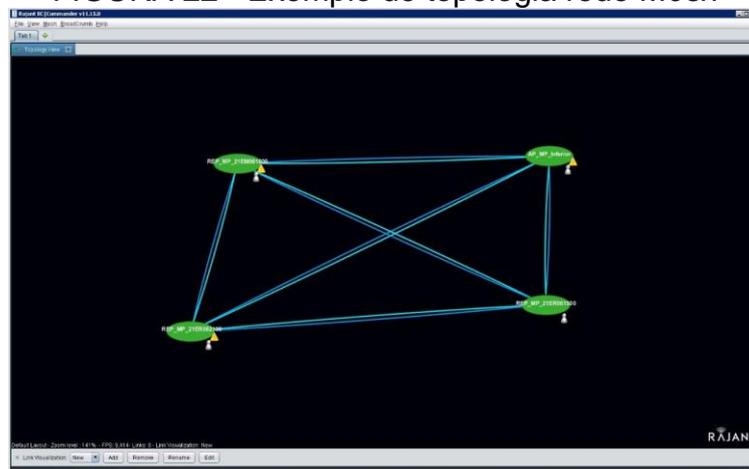
comportando centenas de nós com o protocolo *Insta Mesh* onde a rede se adapta aos nós rapidamente, em caso de grande mobilidade dos nós (como é o caso das máquinas de pátio). Este protocolo é uma tecnologia desenvolvida pelo fabricante que permite a mobilidade da rede, sem falhas e é assegurado a não necessidade de manutenção. A configuração dos dispositivos é de fácil implementação e a criptografia garante a segurança (RAJANT, 2014).

Há canais padrão para comunicação dos rádios Rajant *Bread Crumb* baseados nas frequências dos mesmos: 900 MHz canal padrão 5; 2,4 GHz canal padrão 11; 4,9 GHz canal padrão 20 e 5 GHz canal padrão 152. Existe um procedimento para escolha desses canais, que será detalhado posteriormente.

A interferência de alguns dispositivos podem prejudicar o desempenho da rede (dispositivos de micro-ondas, estações de telefone sem fio, transmissores de rádio, outras redes sem fio, etc.). Os rádios *Rajant Bread Crumb* comunicam em todas as frequências, filtrando a informação de acordo com sua chegada, em seguida, a distribui até o objetivo final. Sendo assim, a frequência com menor perda no trajeto fará a troca de dados. Não existe então uma frequência específica. A que sofre menos com as interferências no nosso cenário é 900 MHz e há mais interferências na frequência de 2,4 MHz, por haver mais dispositivos se comunicando através dela.

O *software* para configuração permite também a monitoração da rede *Mesh* através da exibição de topologia que mostra em tempo real os parâmetros dos dispositivos. A Figura 22 retrata um exemplo de topologia dos rádios *Bread Crumb*, que podem ser visualizadas no *software* de configuração dos mesmos.

FIGURA 22 - Exemplo de topologia rede *Mesh*



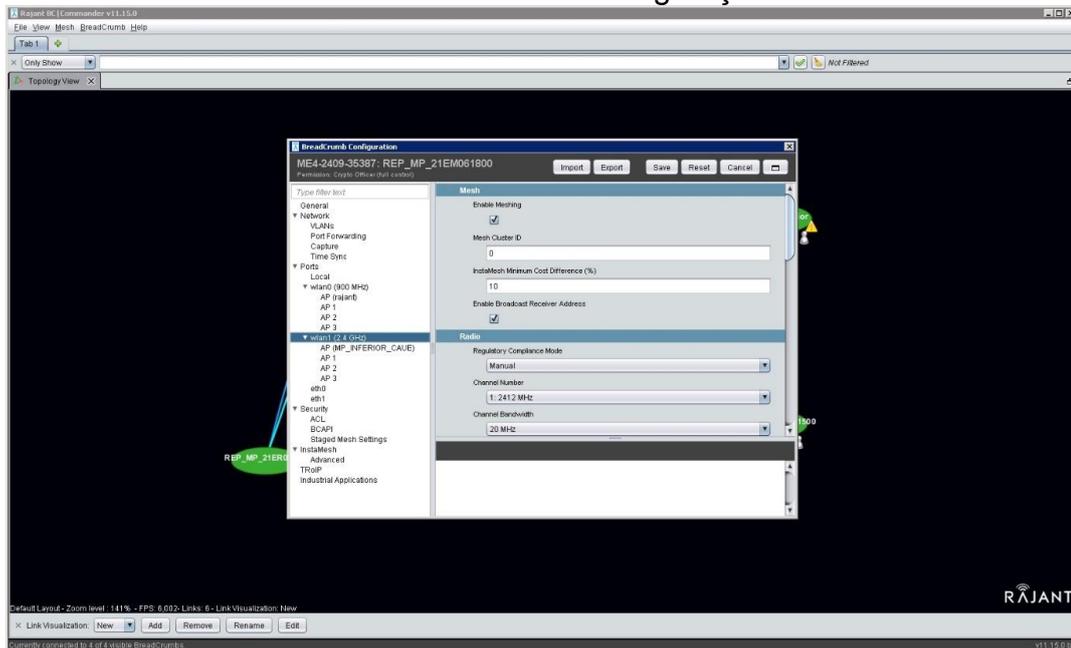
Fonte: Adaptado, Rajant (2019)

A Figura 22 apresenta um modelo de topologia dos rádios *Bread Crumb*, com utilização do *software* de configuração do fabricante.

5.3.3 Configuração e instalação dos rádios

Para configurar os rádios Rajant Bread Crumb foi utilizado *software* fornecido pelo representante dos mesmos, como demonstra a Figura 23.

FIGURA 23 – *Print Screen* da Tela de configuração rádio Bread Crumb



Fonte: Adaptado, Rajant (2019)

A Figura 23 mostra uma tela, na qual se pode visualizar a configuração do Wlan2 (2,4 GHz) por meio de um *software* disponibilizado pela fabricante Rajant.

O processo foi feito em bancada, logo após os rádios foram instalados nas máquinas. Objetivou-se em fazer as instalações em pontos mais elevados nas máquinas. Ao todo foram quatro unidades nas respectivas máquinas: AP Inferior, EM061800, ER061500 e ER062100. As Figuras 24, 25, 26 e 27 ilustram a instalação em algumas máquinas.

FIGURA 24 - Instalação do rádio na ER061500



Fonte: Dados do autor (2019)

FIGURA 25 - Instalação do rádio na EM061800



Fonte: Dados do autor (2019)

Figura 26 - Instalação do rádio na ER062100



Fonte: Dados do autor (2019)

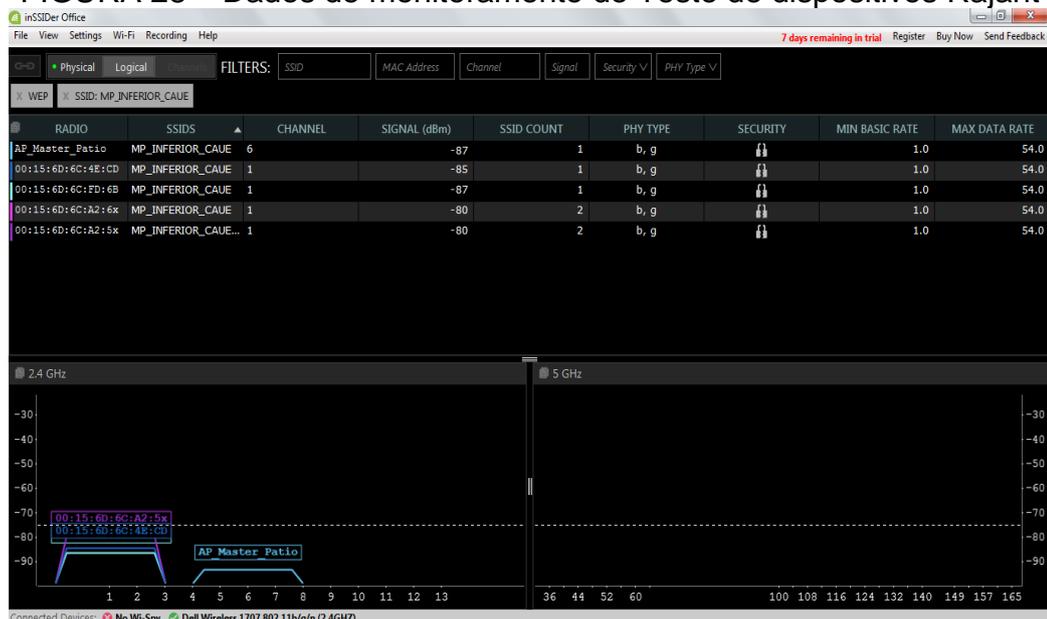
FIGURA 27 - Instalação do rádio *Access Point*

Fonte: Dados do autor (2019)

5.3.4 Análise dos resultados obtidos

Realizando novamente o *site survey*, foram percorridos novamente 300 metros. Monitorando o AP Rajant *Bread Crumb* da rede *Mesh* instalada. Na qual, se identifica a rede do pátio inferior pelo SSID: *MP_Inferior_Caue* (Rajant) e seu MAC. Os dados apresentados representam a frequência de 2,4 GHz para melhor comparação com o rádio substituído, já que os novos rádios comunicam-se em até quatro frequências. Na Figura 28 pode se observar um sinal do teste de dispositivos Rajant.

FIGURA 28 – Dados de monitoramento de Teste de dispositivos Rajant



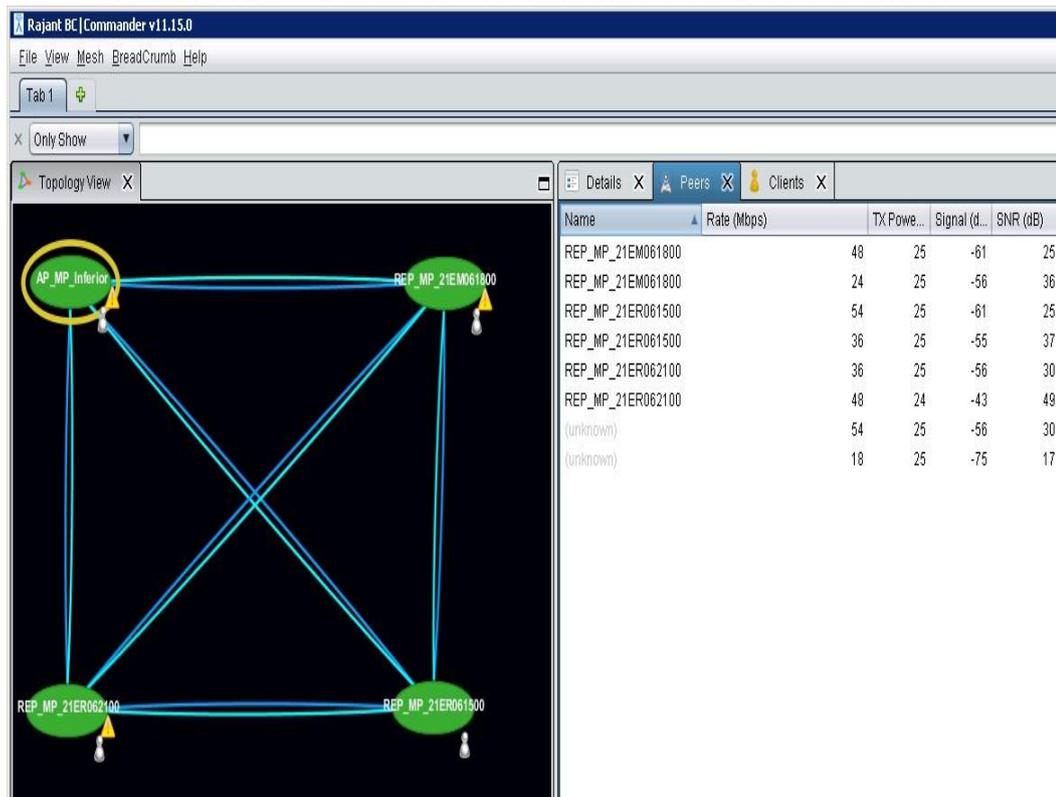
Fonte: Print Screen da Tela do inSSID office (2019)

A partir da Figura 28 observa-se um sinal do teste de dispositivos Rajant, cujo sinal mais elevado medido foi de -87 dB contra -91 dB do rádio substituído, lembrando que quanto mais negativo, pior é o sinal.

Este procedimento com o *inSSID office* é utilizado ainda, para se determinar em qual canal cada frequência irá comunicar. Como o programa informa dispositivos que se comunicam nos respectivos canais, pode-se escolher canais menos congestionados para comunicação de cada frequência.

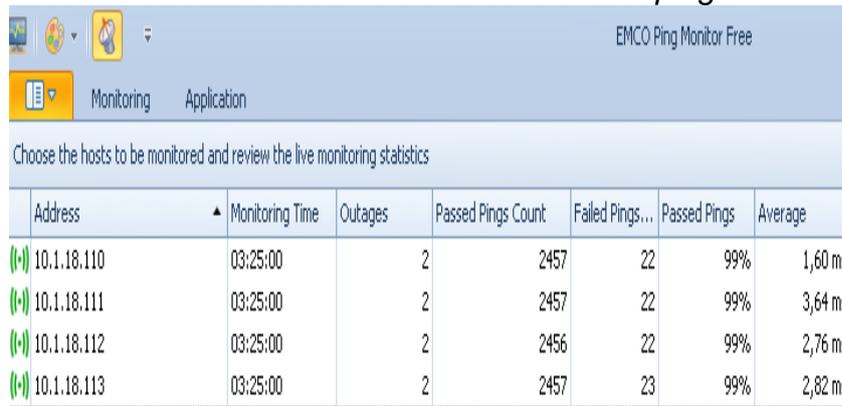
Ainda, por meio de uma análise da qualidade de sinal da rede através do programa *Bread Crumber*, pertencente aos novos rádios instalados, foi possível visualizar valores de nível de sinal e da relação sinal ruído de cada dispositivo, o que antes não era possível na topologia antiga, como mostrado na Figura 29.

FIGURA 29 – Dados de monitoramento do *Bread Crumber*



Fonte: Adaptado, Rajant (2019)

Foi novamente realizado o monitoramento por *ping* utilizando um *notebook* posicionado no mesmo local do teste *ping monitor* anterior, conforme os dados visualizados na Figura 30.

FIGURA 30 – Dados de monitoramento do *ping monitor*


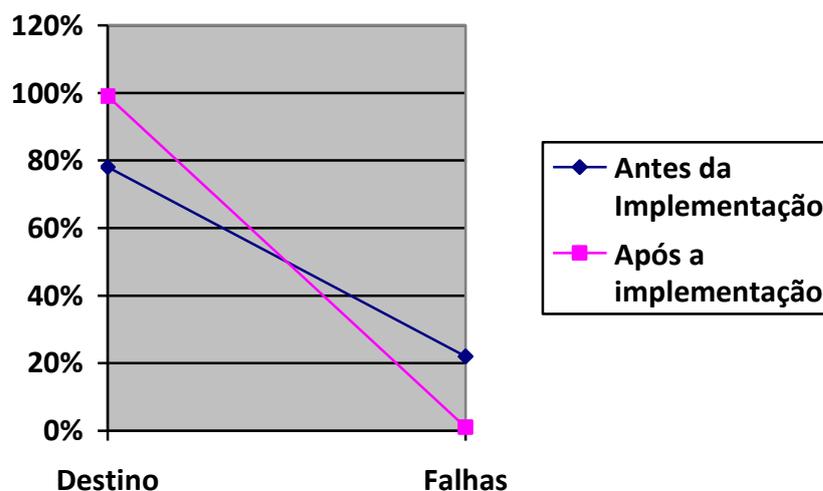
Address	Monitoring Time	Outages	Passed Pings Count	Failed Pings...	Passed Pings	Average
10.1.18.110	03:25:00	2	2457	22	99%	1,60 ms
10.1.18.111	03:25:00	2	2457	22	99%	3,64 ms
10.1.18.112	03:25:00	2	2456	22	99%	2,76 ms
10.1.18.113	03:25:00	2	2457	23	99%	2,82 ms

Fonte: *Print Screen* da Tela do Ping Monitor (2019)

A Figura 30 apresenta dados da rede que foi monitorada durante três horas, vinte e cinco minutos e seis segundos. Do total de *pings* enviados, tomando novamente como exemplo o dispositivo de IP: 10.1.18.110, ocorreram duas interrupções, 2457 *pings* que chegaram ao destino (99% do total), 22 que falharam (1% do total), com tempo médio de 1,60 ms. Média de falhas no envio de *pings* de 72,25%.

Os dados apontam grande melhoria no envio de *pings*, e conseqüentemente maior confiabilidade e eficácia da rede *Mesh* com utilização dos rádios Rajant Bread Crumb.

FIGURA 31 – Comparação dos resultados de desempenho

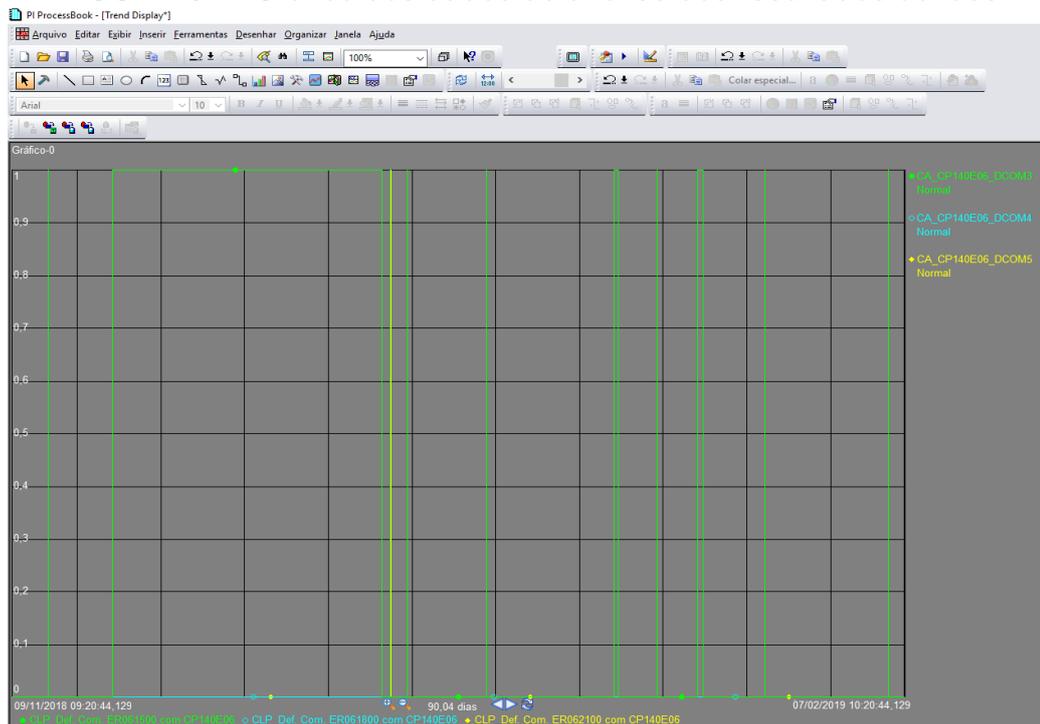


Fonte: Dados do autor (2019)

Novamente foram analisados os gráficos gerados pelo *PI data link* e constatado a melhoria na comunicação das máquinas na rede *ethernet* através meio *wireless*.

Os dados foram coletados das três máquinas em um período de 90 dias, como foi feito anteriormente com os rádios Cisco, conforme resultados apresentados pela sequência de imagens, respectivamente, pela Figura 32 e Figura 33.

FIGURA 32 - Gráfico dos dados de análise dos resultados obtidos

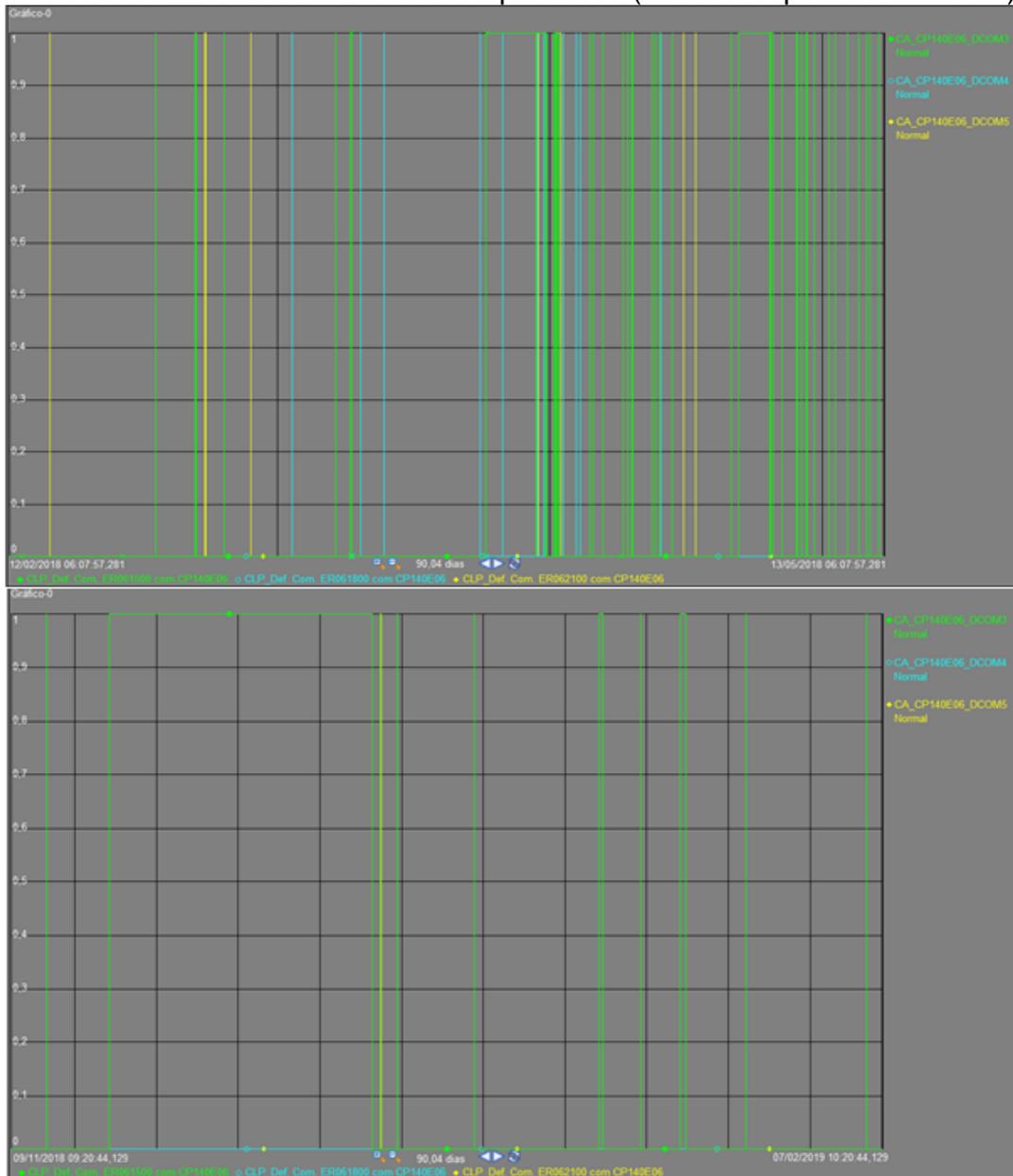


Fonte: Print Screen da Tela do *PI data link* (2019)

Em um mesmo intervalo de tempo ocorreu um número muito menor de falhas.

Na Figura 33 comparam-se os dois gráficos simultaneamente. Deve se salientar que nestes gráficos nem todos os pontos de falhas mostrados no *PI* são necessariamente falhas de comunicação, podem ser paradas programadas e/ou corretiva da máquina por falha mecânica ou outras. Observa-se melhor nesta sobreposição o ganho no sentido de melhoria na comunicação *ethernet*, via meio *wireless* das máquinas de pátio inferior. No *PI data link*, se pesquisa por *Tag*, e estão cadastrados os rádios *ethernet* de cada máquina.

FIGURA 33 – Gráfico de dados comparativos (antes e depois da melhoria)



Fonte: Print Screen da Tela do PI data link (2019)

Em resposta ao terceiro objetivo específico, notou-se que as falhas de comunicação da rede *wireless* que utilizava rádios *ethernet* da fabricante Cisco com uma frequência e uma antena foi resolvida com a implementação da rede *Mesh* cujas melhorias pontuadas foram: a melhor utilização do espectro de frequência, redução de falhas por perda de visada, redução do número de equipamentos, pois todos os usuários podem ser utilizados como repetidores e roteadores, rede mais robusta com trabalho em malha, proteção contra colisão entre outras características, com utilização de rádios *Bread Crumb* da Rajant com protocolos de padrão aberto IEEE 802a /b/g. Possibilitando comunicação em todas as frequências com ainda,

com transmissão de dados de voz, áudio e imagem, podendo ser instalado em condições severas, o que torna viável para a empresa estudada, permitindo ainda a comunicação à outros dispositivos como *Laptops*, câmeras e outros dispositivos IP, sensores dentre outros sem a necessidade de manutenção devido a tecnologia disponibilizada pela fabricante que disponibiliza monitoramento de todas as informações em tempo real.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram levantados os tipos de pesquisa no qual se enquadra o referido trabalho. Diante disso, construiu-se uma base teórica que serviu de suporte para entender o problema e determinar uma solução.

O estudo teórico sobre redes *ethernet*, redes *wireless*, comunicação “mestre escravo” e redes *Mesh*, proporcionou uma base de aprendizagem para o estudo prático do trabalho.

O processo de beneficiamento e estocagem de minério acarretou maior entendimento sobre a importância do bom funcionamento das máquinas de pátio, que exercem influência direta na produção de minério de ferro.

Através da utilização de *softwares* dedicados, fornecidos pelo fabricante dos equipamentos, executou-se a configuração dos dispositivos da rede *ethernet* implementados no trabalho em estudo e com o auxílio de *softwares* importantes para diagnósticos e buscas de informações no campo, executou-se testes para comprovação dos ganhos e resultados.

Foi implantada uma tecnologia de rede *wireless*, relativamente nova, pois surgiu como citado no trabalho, durante a guerra do Iraque. Após a configuração dos dispositivos executou-se os mesmos testes que apontaram defeitos na rede, outrora utilizada para comprovar a eficácia da rede *Mesh* instalada. Os resultados foram analisados detalhadamente no terceiro tópico do capítulo referente ao estudo de caso.

Devido a essa importância e o impacto do mau funcionamento das redes se justifica facilmente o investimento na tecnologia da rede *Mesh* devido aos benefícios que ela comprovadamente dispõe para comunicação de máquinas de pátio, com menor gasto de tempo com a manutenção dos equipamentos utilizados para estocagem de minério de ferro, o que proporciona menores custos e conseqüentemente torna a empresa mais competitiva no mercado devido a otimização de seus processos, e ainda ganhos intangíveis como aprendizado e motivação das equipes envolvidas na operação e manutenção da planta.

Assim espera-se que este estudo possa servir de apoio para outros novos trabalhos, com maior aprofundamento ou até mesmo como continuação deste tema.

6.1 Proposta para Trabalhos Futuros

Como proposta para trabalhos futuros tem-se a implementação da rede *Mesh* para monitoramento de caminhões fora de estrada (localização, telemetria, etc.) a ser utilizado em uma mina de extração de minério de ferro que justifica-se devido à grande mobilidade dos caminhões, as velocidade alcançada pelos mesmos, distância dos dispositivos de acesso à rede e a grandes obstáculos, como montanhas, matas, outras máquinas.

REFERÊNCIAS

ABELÉM, Antônio Jorge Gomes et al. *Redes Mesh: mobilidade, qualidade de serviço e comunicação em grupo*.

ABELÉM, Antônio Jorge Gomes. et al. *Redes Mesh: mobilidade, qualidade de serviço e comunicação em grupo*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Celio_Albuquerque/publication/255639685_Redex_Mesh_Mobilidade_Qualidade_de_Servico_e_Comunicacao_em_Grupo/links/54b952840cf24e50e93cb27e/Redes-Mesh-Mobilidade-Qualidade-de-Servico-e-Comunicacao-em-Grupo.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2018.

ANTTALAINEN, Tarmo. *Introduction to telecommunications network engineering*. Boston: Artech House, 1999.

APPOLINARIO, Fábio. *Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa*. São Paulo: Thomson, 2006.

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. 2. ed. Lisboa: Edições 70, 2000.

BEUREN, Ilse Maria. *Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e pratica*. São Paulo: Atlas, 2010.

BUENO, Talita B. *Automatização de uma empilhadeira de minérios utilizando um controlador lógico programável*. 2010. 100 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle de Automação) – Universidade de Ouro Preto. Colegiado do Curso de Engenharia de Controle e Automação. Ouro Preto, 2010.

CARNEIRO, H. P. *Automação Inteligente da Operação de Máquinas de Pátio em Modo Recuperação de Minério do Terminal Portuário de Ponta da Madeira – VALE*. 2009. Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.

CHAVES, A. P.; FERREIRA, F. M. *Apostila Estocagem e homogeneização*. São Paulo, 2006.

CRUZ, A. V. A. *Otimização de planejamento com restrições de precedência usando algoritmos genéticos e co-evolução cooperativa*. Rio de Janeiro: PUC-RJ, 2003.

FLICKENGER, Rob. *Redes sem fio no Mundo em Desenvolvimento*. 2. Ed. Primeira tradução para o português por Cesar Brod, outubro de 2007. Disponível em: <<http://wndw.net/pdf/wndw-pt/wndw-pt-ebook.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

FORTES, Fabiana Fonseca; PEREIRA, Carlos Alberto. Manuseio, estocagem e Qualidade do Minério de Ferro. *Tecnol. Metal. Mater. Miner.*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 117-122, abr.-jun. 2012. Disponível em: <<http://tecnologiammm.com.br/files/v9n2/v9n2a06.pdf> > Acesso em: 14 ago2018.

GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GHACHALLA, W. F. Avaliação dos reflexos das operações do virador de vagões em produção e na fila de trens para descarga de produtos. Belo Horizonte: UFMG, 2012.

JÚNIOR, S. R.; CURI, W. T. S. A. *A produção de minério de ferro no Brasil no período2000/2003*. São Paulo: EPUSP, 2004.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Metodologia científica*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MATTAR, F. N. *Pesquisa de marketing*. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MORAES, Alexandre Fernandes de. *Redes Sem Fio: Fundamentos*. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2010. 284 p.

OLENEWA, Jorge; CIAMPA, Mark. *Wireless Guide To Wireless Communications*. 2. Ed. United States of America: Boston: Course Technology, 2007. 506 p.

RAJANT, Bread Crumb. *Rajant Data Sheets*. 2019. Disponível em: <<http://www.rajant.com/company/resource-library/data-sheets>>. Acesso em: 23 Jul. 2014.

SCHAWARZ, Uwe; MAGNUS, Nils. Exploring IEEE 802.11s mesh networking. *Linux Magazine*, ed. 98, 2009.

STALLINGS, William. *Redes e Sistemas de Comunicação: teorias e aplicações corporativas*. Traduzido por Business data communications 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; Campus 2005. 449 p.

TANENBAUM, Andrew S; WHETHERALL, David. *Redes de Computadores*. 5. Ed. Traduzido por: Daniel Vieira. São Paulo: Pearson 2011. 582 p.

TEIXEIRA, Edson Rodrigues Duffles. *Tutoriais Banda Larga: Wireless Mesh Networks*. 2004. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwmn/default.asp>> Acesso em: 04 ago2018.

TELECO. *Seção: Tutoriais de redes ópticas: Redes sem fio*. Disponível em: <www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredesemfio1/pagina_1.asp>. Acesso em: 04 de mai. 2018.

TIPLER, Paul A; MOSCA, Gene. *Física para Cientistas e Engenheiros*. V. 2. 6. ed. Traduzido por: Naira Maria Balzarette. LTC 2009. 556 p.

TORRES, Gabriel. *Redes de Computadores: curso completo*. 1. Ed. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora, 2001. 664p.

VALE BRASIL. *Investidores*. 2019. Disponível em: <<http://www.vale.com/brasil/PT/investors/company/fact-sheet>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e Relatórios de pesquisa em Administração*. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

YIN, Roberto K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE A- Roteiro de Pesquisa Documental

Consulta documental referentes aos documentos:

DOC 1- Sistema *Plant Information Management System* (PIMS).

DOC 2- *PI data link*

DOC 3- Manual do fabricante os rádios *ethernet*

Bloco I – Levantar possíveis causas de falhas de comunicação entre rádios *ethernet*

a) Processos referentes as falhas de comunicação entre rádios *ethernet* entre máquinas e equipamentos de pátio da mineradora estudada.

b) Relatórios decorrentes do processo de falhas de comunicação entre rádios *ethernet* entre máquinas e equipamentos de pátio da mineradora pesquisada.

c) Procedimentos de levantamento de falhas de comunicação entre rádios na empresa analisada.

Bloco II – Descrever a comunicação por rede *ethernet*, comunicação *wireless* e características dos rádios de comunicação

a) Processos referentes à comunicação das máquinas de pátio da mineradora estudada.

b) Relatórios decorrentes do processo de comunicação por rede *ethernet*, comunicação *wireless* e rádios entre máquinas e equipamentos de pátio da mineradora pesquisada.

c) Procedimentos referentes comunicação por rede *ethernet*, comunicação *wireless* e rádios entre máquinas e equipamentos de pátio da mineradora analisada, com o apontamento do distanciamento do ponto de acesso da rede dos rádios e dimensionamento do link.

d) Caracterização e vida útil de equipamentos e máquinas de pátio de estocagem de minério de ferro e de equipamentos de comunicação utilizados na mineradora.

Bloco III – Analisar a configuração dos rádios mestre e escravo

Processos, relatórios, procedimentos e sistema de configuração dos rádios mestre e escravo, utilizados no processo de comunicação entre as máquinas de pátio utilizados no processo de estocagem de minério de ferro e a rede na empresa estudada.

APÊNDICE B – Roteiro de observação não participante

O presente roteiro tem como objetivo nortear as observações do pesquisador, para fins de coleta de dados, numa mineradora situada no município de Itabira interior de Minas Gerais, da pesquisa intitulada “Implementação de rede *Mesh* para comunicação *wireless* entre as máquinas de pátio de estocagem de minério de ferro: um estudo de caso em uma mineradora no interior de Minas Gerais”.

Serão feitas observações nos setores que contemplam os processos de comunicação entre as máquinas de pátio de estocagem de minério de ferro em relação aos seguintes tópicos:

a) Funcionamento de todo processo de comunicação de máquinas de pátio da empresa pesquisada, buscando evidenciar suas etapas, documentos, procedimentos, relatórios e sistema utilizados;

b) Apontamento de falhas no sistema de comunicação *wireless* das máquinas de pátio de estocagem da empresa analisada, buscando evidenciar suas etapas, documentos, procedimentos, relatórios e sistema informatizado utilizados.

c) Soluções identificadas pela empresa em estudo nas especificidades dos processos de comunicação *wireless* das máquinas de pátio.