

**CENTRO UNIVERSITARIO DE BELO HORIZONTE
INSTITUTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA - IET**

MARIANA VIEIRA STOFFELLA

SISTEMA WIRELESS: verificação e adequação da instalação

**BELO HORIZONTE
DEZEMBRO - 2013**

MARIANA VIEIRA STOFFELLA

SISTEMA WIRELESS: verificação e adequação da instalação

Trabalho Final de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Engenharia e Tecnologia do Centro Universitário de Belo Horizonte, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica e Telecomunicações.

Área de Concentração: Sistemas Eletrônicos

Orientador(a): Prof. Ms. Mário Marco Brito Horta

Co-Orientador(a): Prof^(a). Dra Janaina Guernica Silva

BELO HORIZONTE

DEZEMBRO - 2013



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BELO HORIZONTE

Instituto de Engenharia e Tecnologia - IET

Campi Estoril

Trabalho Final de Conclusão de Curso intitulado SISTEMA WIRELESS: *verificação e adequação da instalação*, de autoria do(s) aluno(s) Mariana Vieira Stoffella, aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Ms. Mário Marco Brito Horta
Orientador

Prof. Ms/Dr/PhD. (nome do membro da banca)

Prof. Ms/Dr/PhD. (nome do membro da banca)

Belo Horizonte, 15 de dezembro de 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu capacidade e sabedoria.

Aos meus pais e familiares que são fontes de apoio.

Ao meu amor, Rômulo, pelo companheirismo e paciência.

Ao meu orientador, Mário Horta, pelo incentivo e ensinamentos.

Aos meus colegas de trabalho pela compreensão e ajuda.

Aos meus amigos pela união e amizade neste tempo que passamos juntos.

Obrigada a todos que contribuíram de alguma forma para a conclusão desta etapa.

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade”.

[\(Albert Einstein\)](#)

RESUMO

A quantidade de informações trafegadas dentro de um processo industrial vem crescendo a cada dia com o passar dos anos, desta forma, há a necessidade da criação de novos sistemas de comunicação na busca de minimizar a complexidade das interligações entre dispositivos e equipamentos do sistema. Sendo assim, a utilização dos sistemas sem fio, Wireless, vem se destacando e se expandindo, com a finalidade de aperfeiçoar a ligação física entre os diversos equipamentos, aumentando a confiabilidade das informações transmitidas. Este trabalho pretende apresentar os parâmetros que devem ser levados em consideração em um projeto de adequação da instalação de um sistema Wireless para a melhoria do processo de comunicação trafegada. Para isso, deverá ser realizada a análise e verificação da instalação do sistema Wireless existente identificando os problemas e propondo as melhorias necessárias para o perfeito funcionamento do processo industrial. Baseando-se nos resultados obtidos e executando as melhorias propostas, será possível demonstrar a importância de se desenvolver o projeto corretamente sem trazer futuros prejuízos para o cronograma da empresa.

Palavras Chave: Wireless, processo de comunicação, processos industriais.

ABSTRACT

The amount of information trafficked within an industrial process is growing every day with the passing of years , thus there is the need to create new systems of communication in seeking to minimize the complexity of interconnections between devices and system equipment . Thus, the use of wireless systems, Wireless, has been emphasizing and expanding, with the purpose of improving the physical connection between pieces of equipment, increasing reliability of the information transmitted. This work aims to present the parameters that must be considered on a project appropriateness of installing a wireless system to improve the communication process trafficked. For this, the analysis and verification of system installation should be performed Wireless identifying existing problems and propose the necessary improvements for the perfect functioning of the industrial process. Based on the results obtained and executing the proposed improvements will be possible to demonstrate the importance of developing the project properly without bringing further damage to the schedule of the company.

Keywords: Wireless, Innovations, communication process, industrial processes.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1: Mapa da evolução dos padrões Wireless..... | 15 |
| Figura 2: As classificações de redes sem fio..... | 19 |
| Figura 3: Diagrama de ganho de uma antena omnidirecional e de uma direcional...21 | |
| Figura 4: Topologias de rede..... | 23 |
| Figura 5: Grupos ativos de redes 802 do IEEE para redes wireless | 27 |
| Figura 6: Possíveis topologias de rede suportadas pelo WirelessHART™ | 38 |
| Figura 7: Vista aérea de uma Usina Siderúrgica..... | 41 |
| Figura 8: Teste de "ping" | 42 |
| Figura 9: Teste de operação do sistema através do software de configuração e análise..... | 43 |
| Figura 10: Ligação do cabo coaxial do rádio no conector de proteção contra descarga atmosférica | 44 |
| Figura 11: Cabo coaxial instalado com medidas inadequadas..... | 44 |
| Figura 12: Instalação de Switch não gerenciável no Painel | 45 |
| Figura 13: Ligação correta do rádio ao amplificador | 46 |
| Figura 14: Comunicação do Switch gerenciável..... | 47 |
| Figura 15: Teste de "ping" | 47 |
| Figura 16: Teste de operação do sistema através do software de configuração e análise..... | 48 |
| Figura 17: Análise do Link Status..... | 48 |

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DSL – Digital Subscriber Line

DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum

FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum

HART – Highway Addressable Remote Transducer

IEEE – Institute of Electrical and Electronic Engineers

ISA – International Society of Automation

LAN – Local Area Network

MAN – Metropolitan Area Network

MIMO – Multiple Input Multiple Output

OFDM – Ortogonal Frequency Division Multiplexing

OSI – Open Systems Interconnection

PAN – Personal Area Network

TDMA – Time Division Multiple Access

TI – Tecnologia de Informação

UWB – Ultra Wide Band

WAN – Wide Area Network

Wi-Fi – Wireless Fidelity

WiMAX – Worldwide Interoperability for Microwave Access Forum

WLAN – Wireless Local Area Network

WMAN – Wireless Metropolitan Area Network

WPAN – Wireless Personal Area Network

WWAN – Wireless Wide Area Network

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1. Problema de Pesquisa..... | 12 |
| 1.2. Objetivos..... | 12 |
| 1.2.1. Objetivo geral | 12 |
| 1.2.2. Objetivos específicos | 12 |
| 1.3. Justificativa | 12 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 14 |
| 2.1. A evolução das redes sem fio..... | 14 |
| 2.2. A tecnologia Wireless | 16 |
| 2.3. Classificação das Redes Wireless..... | 18 |
| 2.4. Estrutura de uma Rede Wireless | 20 |
| 2.4.1. Antenas | 20 |
| 2.4.2. Topologias das redes wireless | 22 |
| 2.5. Tecnologia de Transmissão de Sinais Wireless | 24 |
| 2.6. Padrões de Comunicação..... | 26 |
| 2.6.1. Padrão IEEE 802.11..... | 26 |
| 2.6.2. Padrão IEEE 802.15..... | 28 |
| 2.6.3. Padrão IEEE 802.16..... | 29 |
| 2.7. Tecnologias Wireless e Ambientes Industriais..... | 30 |
| 2.8. Vantagens e desvantagens das Redes sem fio..... | 32 |
| 2.8.1. Faixa de frequência..... | 32 |

| | |
|--|-----------|
| 2.8.2. Facilidade de instalação..... | 32 |
| 2.8.3. Atenuação do sinal transmitido | 33 |
| 2.8.4. Mobilidade..... | 33 |
| 2.8.5. Redução de custo | 33 |
| 2.8.6. Disponibilidade de menor banda de transmissão..... | 33 |
| 2.8.7. Taxas de erro | 34 |
| 2.8.8. Endereçamento..... | 34 |
| 2.8.9. Roteamento..... | 34 |
| 2.8.10. Dispositivos com poder computacional reduzidos..... | 34 |
| 2.8.11. Coexistência entre dispositivos de diferentes redes wireless..... | 35 |
| 2.8.12. Interferência causada por múltiplos caminhos (Multipath Interference) | 35 |
| 2.9. Padronização das Redes Wireless Industriais..... | 36 |
| 2.9.1. WirelessHART..... | 36 |
| 2.9.2. Norma ISA SP 100.11a..... | 37 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 41 |
| 4.1. Análise dos problemas encontrados no sistema instalado | 41 |
| 4.2. Correção dos problemas encontrados no sistema instalado | 46 |
| 5. CONCLUSÃO | 49 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 51 |

1. INTRODUÇÃO

Dentre as tecnologias associadas ao controle industrial, as redes de comunicação sofreram grandes evoluções nas últimas décadas e com isso se deu um crescimento significativo das tecnologias wireless, principalmente devido à necessidade de conectividade entre dispositivos entre seus diversos ambientes que, até então, as tecnologias focavam nos serviços de voz, Internet e transferência de dados em uma rede local.

Entretanto, em algumas áreas, como por exemplo, a área industrial, necessitavam de uma tecnologia que realizasse esta conectividade com um baixo consumo de energia, um baixo custo, simplicidade do protocolo e padronização. A crescente busca por essas novas tecnologias está disponibilizando o surgimento de soluções na tentativa de aumentar a velocidade de comunicação, a confiabilidade e a segurança dos processos industriais.

As inserções dos sistemas de comunicação sem fio são cada vez melhores e compatíveis com os sistemas cabeados, seja por custo seja por tecnologia embarcada, alcançando excelentes resultados e melhorias em processos industriais, permitindo a elaboração de um projeto adequado e reformulando os protocolos, o resultado disso é a redução das interferências eletromagnéticas e o aumento da confiabilidade das informações transmitidas.

1.1. Problema de Pesquisa

Quais parâmetros devem ser levados em consideração em um projeto de adequação da instalação de um sistema Wireless para a melhoria do processo de comunicação?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Determinar através de ensaios os parâmetros considerados em um projeto de adequação da instalação de um sistema Wireless para a melhoria do processo de comunicação.

1.2.2. Objetivos específicos

- Verificar a instalação física do sistema existente.
- Analisar as condições e operação do sistema.
- Corrigir as conexões dos cabos e rádio/amplificador e protetores contra descargas elétricas do sistema.
- Analisar a eficiência das correções propostas.

1.3. Justificativa

O desenvolvimento dos padrões de comunicação e das aplicações sem fio proporcionou à crescente utilização dessas tecnologias em diversas áreas. Nos ambientes industriais, o interesse pela utilização de tecnologias sem fio pode ser comprovado pelo surgimento de vários estudos de viabilidade de implementações. As tecnologias de comunicação sem fio podem constituir uma

solução para vários problemas tradicionais nos ambientes industriais que utilizam sistemas cabeados, acompanhada de uma série de outros benefícios.

Os principais benefícios relativos ao uso de comunicações sem fio nos ambientes industriais, dizem respeito aos menores custos de instalação e manutenção, os ganhos em flexibilidade, desempenho, confiabilidade e produtividade.

Entretanto, devido à alta quantidade de tecnologias e suas potencialidades nos ambientes industriais, muito esforço ainda deve ser demandado no estudo de quais dessas tecnologias de comunicação sem fios existentes podem ser utilizadas de forma adequada, a fim de que os requisitos dos ambientes industriais sejam satisfatórios.

Desta forma, será demonstrada para as Empresas a importância da análise e verificação dos parâmetros de um projeto de instalação implementado de sistema Wireless em seu processo industrial, assim evitando futuras falhas na comunicação e transmissão de dados e prejuízos das atividades.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A evolução das redes sem fio

A ideia de comunicação sem fio surgiu em meados do século XIX e no decorrer dos anos, a partir de uma série de descobertas e avanços científicos, chegou-se à definição da tecnologia Wireless, com redes de comunicações globais, em uma diversidade de ambientes, possibilitando inúmeras aplicações e soluções. (SOBRINHO, 2012)

Os princípios da tecnologia podem ser determinados por uma série de descobertas que ocorreram devido à grande busca do conhecimento e desenvolvimento no decorrer dos séculos, em que se pode citar: (SOBRINHO, 2012)

- A descoberta de indução eletromagnética pelo físico inglês Michael Faraday em 1831;
- A produção da primeira onda de rádio, em 1888, por Heinrich Rudolf Hertz;
- A invenção do telégrafo sem fio por meio do envio de códigos Morse pelo Engenheiro Eletricista Italiano Guglielmo Marconi em 1901;
- Já no início do século XX, o inglês Jonh Ambrose Fleming e o norte-americano Lee De Forest tornaram possível modular e amplificar sinais sem fio para o envio de transmissão de voz e, dessa forma, vários outros marcos são utilizados como princípios e envolvem a contribuição de vários estudiosos, que não são menos ou mais importantes umas quanto às outras.

A aplicação de Tesla, em 1893, foi a primeira a utilizar o mecanismo da condução elétrica para finalidades de comunicação. Tesla utilizou receptores eletromagnéticos para comprovar os princípios da comunicação via rádio (envio de sinais de rádio para serem captados por receptores), os quais foram comprovados e amplamente conhecidos. (SOBRINHO, 2012)

Um grupo de pesquisadores sob a liderança de Norman Abramson, em 1971, na Universidade do Havaí, criou o pacote “First-switched” de rede de comunicação de rádio intitulado “Alohanet”, primeira rede local sem fio, a qual era composta de

sete computadores que comunicava à outra parte. Já em 1990, surgiu o Grupo de Trabalho 802.11, que foi responsável por buscar uma norma sem fios para todos os computadores se comunicar. Em 1995, desenvolveu-se a primeira tecnologia Wireless, o Bluetooth, com objetivo de conectar telefones móveis e outros aparelhos por meio de ondas de rádio. Em 1997, o organismo regulador IEEE (Institute of Electrical Electronics Engineers) publicou o protocolo 802.11 e liberou as faixas de frequência 2.4Ghz ou 5Ghz. Foram utilizadas as mesmas ondas AM/FM na Internet sem fio. (SOBRINHO, 2012)

Em 1999, surgiu a Associação de empresas Wi-Fi Alliance, com o nome de Ethernet Compatibility Alliance (WECA) e, em 2003, passou a ser Wi-Fi. Eles trabalharam com o padrão 802.11 e licenciaram os produtos baseados na tecnologia sem fio. A partir daí, surgiram outras inúmeras associações e padrões buscando soluções e melhorias para adequar as redes sem fio à Ethernet e torná-las mais rápidas, mais confiáveis e seguras (Figura 1). (SOBRINHO, 2012)

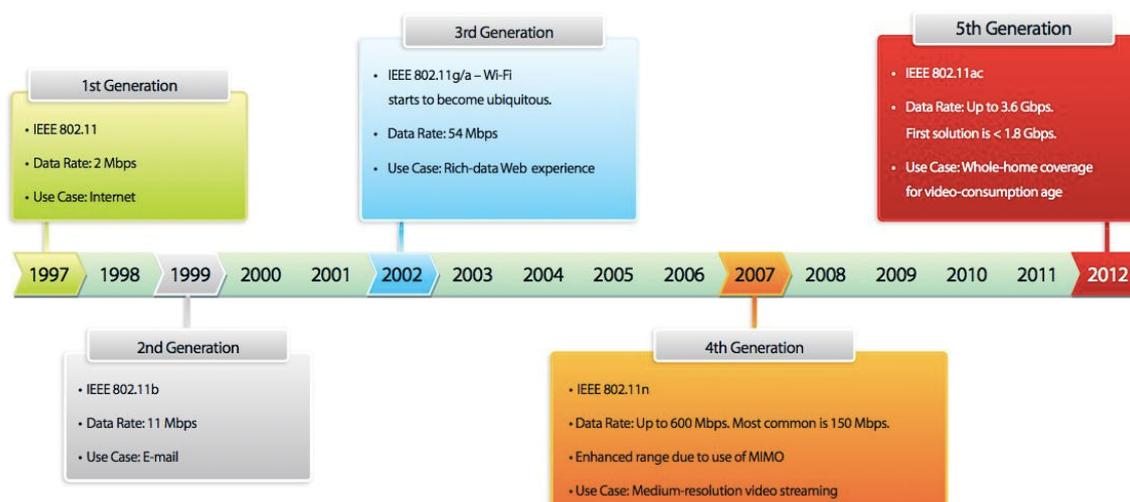


Figura 1: Mapa da evolução dos padrões Wireless

Fonte: <http://www.dltec.com.br/blog/cisco/ccna/acelerando-as-redes-sem-fio-com-os-padroes-802-11ac-e-802-11ad-parte-1/>

2.2. A tecnologia Wireless

Os primeiros resquícios do surgimento da tecnologia wireless foram identificados em 1941, quando a atriz Hedy Lamarr e o compositor George Antheil desenvolveram uma ideia para um sistema de comunicação que ficou conhecido como “Sistema de Comunicações Secretas”, utilizado na Segunda Guerra Mundial. Este sistema de comunicação consistia em guiar torpedos através de ondas de rádio utilizando 88 frequências diferentes, sendo quase impossível a invasão ou tentativa de espionagem. Esta tecnologia passou a ser uma peça importante para o uso militar. (NUNES, 2002)

Posteriormente chamada de “Espectro Espalhado”, foi sendo desenvolvida e aperfeiçoada. Em 1981, 40 anos após sua criação, esta tecnologia passou a ser liberada em domínio público. Em meados dos anos 90, a tecnologia começou a ser mais divulgada, sendo usada nos celulares com tecnologia digital da época, substituindo os antigos celulares de sinais analógicos. (NUNES, 2002)

As redes wireless locais, Wireless Local Area Networks (WLAN), começaram a aparecer no final dos anos 90 e passaram a ser utilizadas em diversos ambientes, sejam estes industriais, caseiros, governamentais, entre outros. Como a tradução do próprio nome se evidencia, wireless significa sem fio em português, esta tecnologia surgiu com o propósito de ser uma alternativa às redes convencionais, conhecidas como redes cabeadas, por ser de fácil implantação e fornecerem as mesmas funcionalidades. (GUASTI, 2012)

Toda a comunicação sem fio é baseada no seguinte princípio: quando os elétrons se movem, criam ondas eletromagnéticas que podem se propagar através do espaço livre. O número de oscilações por segundo de uma onda eletromagnética é chamado de frequência que é medida em Hz (Hertz). Quando se instala uma antena com o tamanho apropriado, as ondas eletromagnéticas podem ser transmitidas e recebidas com eficiência por receptores/transmissores localizados a uma distância que depende de vários fatores, como por exemplo: frequência, potência do transmissor, etc. (TANENBAUM, 1997).

Dependendo da aplicação a que é submetida uma rede wireless, esta pode realizar a comunicação entre os seus equipamentos através de diferentes tipos de transmissão de sinais. Os sinais podem ser transmitidos por infravermelho,

laser, radiofrequência e micro-ondas, cada um com suas vantagens e limitações.
(GUASTI, 2012)

2.3. Classificação das Redes Wireless

O grupo 802 é uma seção do IEEE relacionado à rede e tecnologia de porte médio e local, estabelecendo os protocolos de comunicação em rede. Este grupo define alguns outros subgrupos que especificam as redes que utilizam comunicação sem fio de acordo com o alcance e a taxa de transferência empregada nas tecnologias sem fio. Destaca-se a existência de quatro grandes grupos, em que as duas primeiras tendem a ser bem exploradas para o ambiente industrial, com inúmeras soluções e aplicações (Figura 2). (SOBRINHO, 2012)

a) WPAN – Wireless Personal Área Network – é uma tecnologia de pequeno alcance (entre 10 e 100 metros) e de baixa taxa de transmissão. É um padrão para redes que interligam dispositivos pessoais ou redes de sensores sem fio, definido pelo IEEE 802.15. Entre esses padrões, destacam-se o IEEE 802.15.1 (Bluetooth), IEEE 802.15.3 (UWB) e o IEEE 802.15.4 (ZigBee, Wireless Hart e ISA100);

b) WLAN – Wireless Local Área Network – Tecnologias sem fio destinadas à interligação de redes locais com alcance entre 100 e 300 metros, também conhecidas com Wi-Fi (Wireless Fidelity). Trata-se de padrão existente como extensão ou alternativa para as redes com cabeamento convencional Ethernet (Par metálico ou fibra ótica), definido pelo IEEE 802.11x (onde o x equivale ao tipo de rede: a, b, g, i ou n);

c) WMAN – Wireless Metropolitan Área Network – Tecnologias que tratam dos acessos de banda larga para a última malha em redes metropolitanas, com alcance em torno de 6 km, definida pelo padrão IEEE 802.16 (Wimax);

d) WWAN – Wireless Wide Area Network – Tecnologias voltadas para as redes de longa distância em telecomunicações, atendendo aos serviços de voz e a alguns serviços de dados, definidas pelo padrão IEEE 802.20 (MBWA).

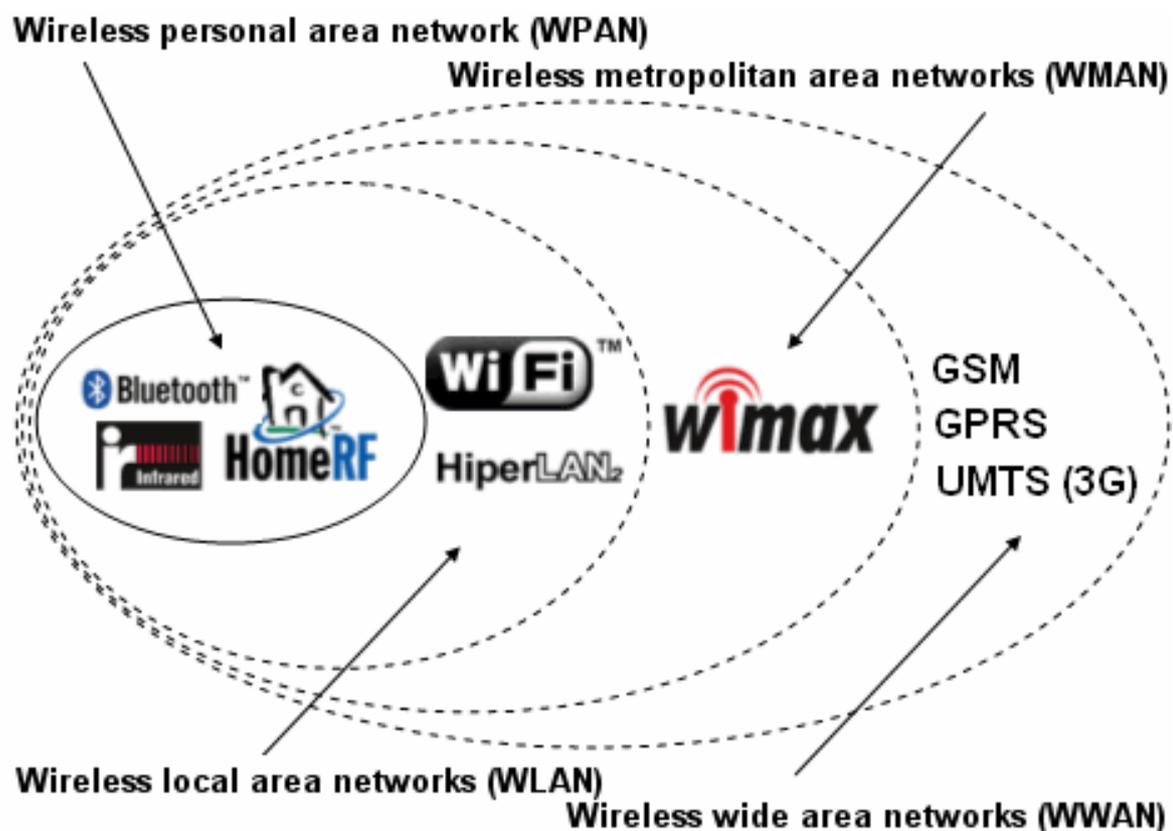


Figura 2: As classificações de redes sem fio

Fonte: <http://pt.kioskea.net/contents/819-redes-sem-fio-wireless-networks>

2.4. Estrutura de uma Rede Wireless

Para implantação de uma rede de comunicação *wireless*, se faz necessária a análise de diversos componentes que interferem no funcionamento deste tipo de rede. Além do local de implantação, da análise da tecnologia a ser utilizada, do estudo sobre a segurança, dentre outros empecilhos que afetam a integridade das redes sem fio, há também a escolha correta dos equipamentos a serem utilizados para transmitir e receber os sinais dos dados que trafegarão pela rede, como os captadores de dados, as antenas e os adaptadores. (GUASTI, 2012)

2.4.1. Antenas

A antena é um dos principais equipamentos utilizados para a comunicação das redes sem fio. Elas são utilizadas para captar e irradiar ondas eletromagnéticas, ou seja, se comparadas às redes cabeadas, as antenas são como os cabos de conexão de tais redes. Se não houver a instalação de uma antena em um projeto de rede *wireless*, os dispositivos sem fio geram sinais de radiofrequência com amplitude muito baixa, sendo impossível transmitir tais sinais. (GUASTI, 2012)

Para decidir qual antena é apropriada para uma rede sem fio a ser implantada, devem-se analisar diversos fatores, como: área de cobertura, distância máxima em que se pode instalar determinada antena, localização da antena relativamente aos outros equipamentos da rede *wireless*. Estes fatores influenciam muito na escolha da antena. No caso da distância a ser coberta pela antena sempre se faz necessário que se escolha uma antena com capacidade maior que a necessária, para que esta não trabalhe com sua capacidade máxima, o que acarretará em perda de sinais. (GUASTI, 2012)

Para as aplicações *wireless* há, basicamente, dois tipos de antenas: a omnidirecional e a direcional. As antenas omnidirecionais são bastante aceitas para trabalharem em áreas amplas e em aplicações multiponto. Elas possuem alcance de 360 graus no plano horizontal e geralmente são usadas nas estações base, disponibilizando a instalação de estações remotas ao seu redor. (GUASTI, 2012)

As antenas direcionais possuem a particularidade de concentrar o sinal em uma única direção. Normalmente utilizadas nas estações remotas, realizando a comunicação entre elas e uma ou mais estações base. Possuem seus sinais caracterizados por um alcance curto e amplo ou longo e estreito, devido à dependência entre estes dois fatores. (GUAISTI, 2012)

Portanto, o tipo de antena a ser utilizada deverá ser definido de acordo com a arquitetura de rede utilizada e sua função dentro dela. Em topologias como árvore e estrela é possível utilizar antenas omnidirecionais no *gateway* e antenas direcionais nos dispositivos, garantindo uma arquitetura com um menor consumo de energia e maior segurança (Figura 3). (RIEGO; GARCIA, 2009)

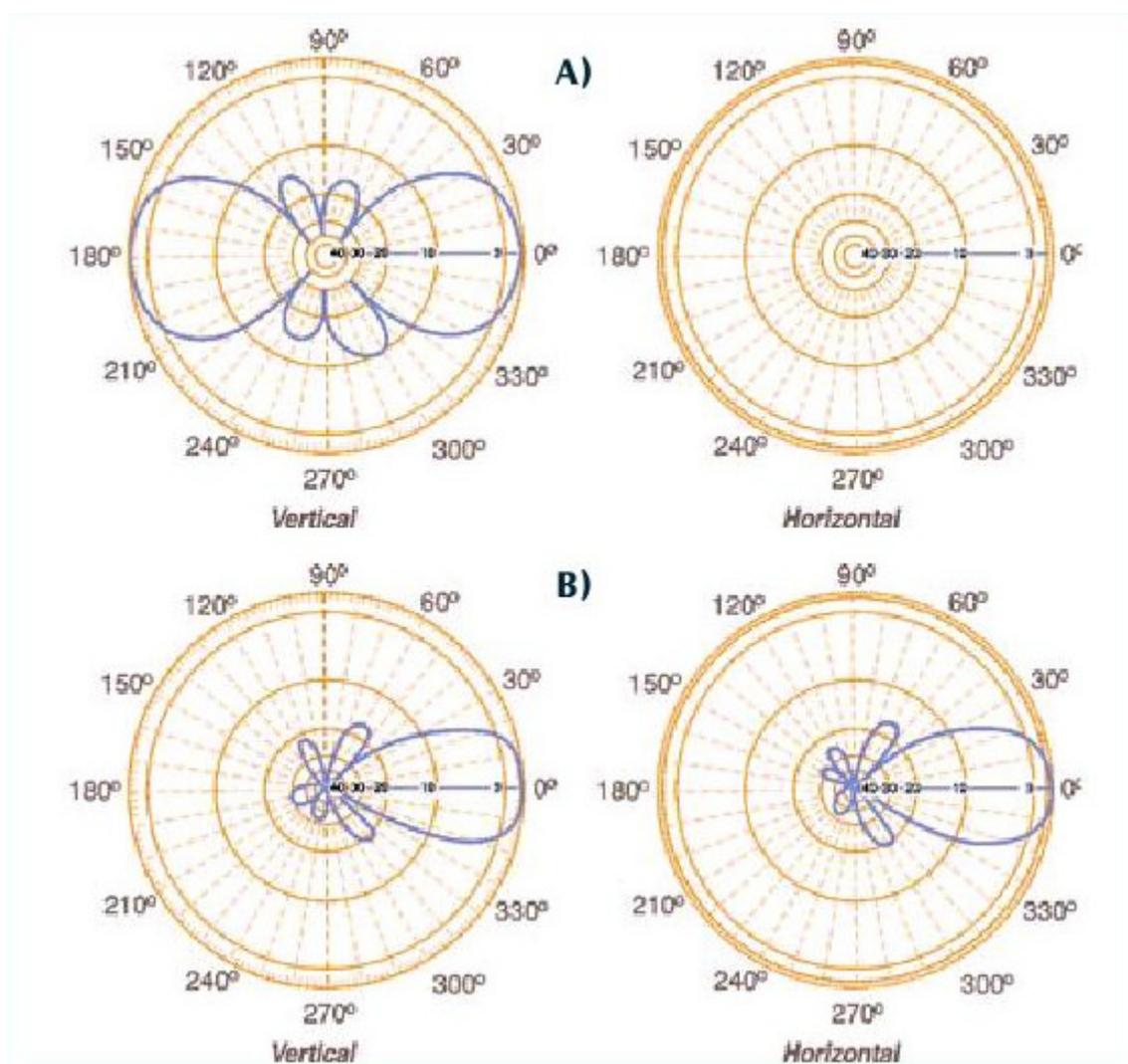


Figura 3: Diagrama de ganho de uma antena omnidirecional e de uma direcional
 Fonte: <http://www.mecatronicaatual.com.br/artigos/868-redes-wireless-em-cho-de-fbrica>

2.4.2. Topologias das redes wireless

Conforme as topologias há uma variedade na distribuição dos equipamentos que fazem parte das redes wireless, definindo as arquiteturas das redes. Estes equipamentos pertencentes à rede são os devices e os gateways. Estes últimos são os chamados pontos de acessos que possuem as funções de gerenciar o tráfego de rede e sua segurança, além de estabelecer o acesso dos devices à rede, os quais são dispositivos com funções de sensores-transdutores, que possuem uma unidade de processamento digital e capacidade de transmissão de sinais. (GUASTI, 2012)

Vale-se lembrar de que as topologias das redes wireless não são definidas pela estrutura física de conexão dos equipamentos, mas sim pela conexão lógica aos quais são submetidos. Neste caso, as topologias podem ser divididas por (Figura 4): (GUASTI, 2012)

a) Ponto a ponto: é caracterizada pela conexão direta entre dispositivos individuais. Todas as outras topologias se baseiam na ponto a ponto, sendo ramificações e ampliações desta topologia.

b) Estrela: se caracteriza por ser uma topologia de conexão multiponto, na qual os dispositivos se conectam somente com o sistema de controle. Possui certas vantagens por ser uma topologia de fácil manutenção, implementação e configuração, além de suportar a não comunicação de certo dispositivo com o provedor de acesso, fazendo com que o sistema não interrompa o seu funcionamento. Porém, um dos pontos negativos é que se o provedor de acesso parar de comunicar haverá a perda de toda a rede e outro ponto questionável é que essa topologia não suporta uma grande quantidade de equipamentos conectados.

c) Árvore: possui a mesma forma de comunicação da topologia estrela. Porém se caracteriza por possuir uma maior cobertura e não ter problemas de perda da rede inteira caso ocorra perda de um ponto de acesso. Mesmo assim, suas desvantagens são: custo elevado caso haja uma expansão da rede e diminuição da taxa de transferência entre os equipamentos da rede caso haja um aumento no número de ramificações.

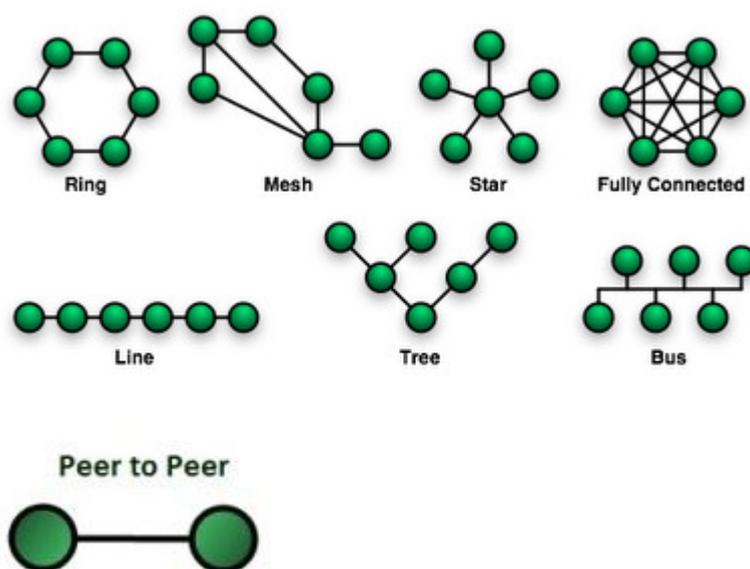


Figura 4: Topologias de rede

Fonte: <http://tecnosolution.blogspot.com.br/2012/10/topologias-de-rede-parte-01.html>

d) Mesh: as redes mesh são caracterizadas pelos seus dispositivos possuírem a capacidade de se comunicar diretamente com os dispositivos adjacentes, sem a necessidade a intervenção dos comandos dados pelo ponto de acesso. Esta topologia de rede possui algumas vantagens como a redução do custo de instalação, já que este custo se baseará, praticamente, apenas no valor do novo dispositivo a ser acrescentado na rede e, por possuir a função de auto roteamento, ou seja, ser um sistema redundante, esta rede é de alta confiabilidade. Seus pontos negativos são: devido à função de auto roteamento, há um aumento do consumo de energia e do tráfego de rede e, também, pode ocorrer o aumento do tempo de latência proporcionado pelo caminho encontrado para o novo roteamento.

e) Híbridas: As redes híbridas combinam instalações de redes sem fio com redes cabeadas. Elas utilizam qualquer uma das topologias descritas acima, sempre buscando utilizar as vantagens que cada uma pode proporcionar para um bom ambiente de rede. A topologia híbrida é a mais usada no ambiente industrial, devido ao fato da já haver a instalação de redes cabeadas nestes ambientes e, com isso, se ter a instalação parcial das redes wireless.

2.5. Tecnologia de Transmissão de Sinais Wireless

A tecnologia *wireless* utiliza sinais de radiofrequência para a transmissão de dados entre seus equipamentos. Este tipo de transmissão é pouco sensível a interferências do meio e possui uma grande largura de banda passante, o que o caracteriza como o tipo de transmissão ideal para as redes sem fio. (GUASTI, 2012)

Algumas técnicas de radiofrequência não são utilizadas pelos equipamentos *wireless*, devido ao fato de não serem adequados para a transmissão de dados ou possuir limitação bastante significativa no seu alcance por não conseguir atravessar objetos opacos, como a *narrow band* (sistema de rádio de banda estreita) e o infravermelho, respectivamente. (GUASTI, 2012)

Neste contexto, a comunicação *wireless* se baseia em três tipos de tecnologia de transmissão de dados que são o Espalhamento Espectral por Salto de Frequências, do inglês *Frequency Hopping Spread Spectrum* – FHSS; o Espalhamento Espectral com Sequenciamento Direto, do inglês *Direct Sequence Spread Spectrum* – DSSS; e a Multiplexação por Divisão de Frequência Ortogonal, do inglês *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* - OFDM. As duas primeiras se baseiam na tecnologia de espalhamento de espectro. Já a última se baseia na utilização da largura de banda de um canal de frequência, dividindo-a em vários sub-canais para realizar a transmissão dos dados. (GUASTI, 2012)

Na *Frequency Hopping Spread Spectrum* - FHSS, através de um padrão conhecido pelo transmissor e pelo receptor, há a utilização de uma portadora de banda estreita que realiza a alteração da frequência, ou seja, baseia-se no salto de uma frequência para outra rapidamente. Assim, o transmissor e o receptor mantêm um único canal lógico quando estão sincronizados adequadamente. Mudando a frequência de maneira rápida, na ordem de 400 milissegundos para se saltar de uma frequência para outra, esta tecnologia se torna mais segura contra invasores, que encontram dificuldades para identificar o canal de transmissão dos dados. A transmissão de dados através dessa tecnologia é enxergada como um ruído de curta duração por receptores que não conseguem obter a sua codificação. Porém, a FHSS utiliza a banda de forma ineficaz, pois por utilizar toda a banda para realizar o espalhamento espectral, acaba por perder velocidade de transmissão. (GUASTI, 2012)

Segundo Riego (2009), o *Direct Sequence Spread Spectrum* - DSSS consiste em espalhar a informação ao longo da faixa de frequência. Para tanto, realiza uma função XOR (função lógica que tem como resultado zero, se as entradas forem iguais e um, se forem diferentes) do sinal de entrada com uma função código, chamada *chipping code*. Esse novo sinal é então transmitido e deve ser decodificado na recepção, utilizando a mesma função código utilizado em sua criação.

As vantagens da tecnologia DSSS é que esta suporta taxa de dados variados, são resistentes à multi-rotas e à interferência. Contudo, como desvantagens apresenta-se fraca a sinais de ruído e possui um número limitado de acessos a um mesmo canal. (GUASTI, 2012)

Já a tecnologia *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* - OFDM, consiste na divisão do canal em diversas sub portadoras, realizando a transmissão destas sub portadoras paralelamente umas com as outras, sendo que cada uma possui um trecho da informação. Ela utiliza largura de banda maior que as outras tecnologias. Sendo assim, ela utiliza a técnica de transmissão de dados por multiplexação por divisão de frequência, que consiste na passagem por diversas frequências dos sinais que são enviados. Como vantagens apresentam elevada eficiência espectral, imunidade contra multi-rotas e filtragem de ruído simples. Já suas desvantagens são a dificuldade de sincronismo das portadoras e a sensibilidade aos desvios de frequência. (GUASTI, 2012)

2.6. Padrões de Comunicação

É de grande necessidade a padronização dos protocolos de comunicação em redes, pois só assim se torna possível a comunicação entre os equipamentos de diferentes fabricantes, facilitando o uso das redes, a sua manutenção e expansão.

Ao se escolher qual padrão de comunicação de rede wireless pode ser usado por determinada aplicação, deve-se sempre estar atento no que será exigido desta rede, como por exemplo, o alcance da rede, a velocidade que será necessária para o tráfego dos dados, os tipos de dados a serem transmitidos, a questão os ruídos e interferências e os níveis de segurança desejados. Esses itens todos também são vinculados ao custo-benefício desta rede sem fio. (GUASTI, 2012)

Conforme foi definida pelo Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE, que é uma associação profissional técnica formada por milhares de membros que desenvolvem os padrões técnicos que envolvem a engenharia elétrica e eletrônica, a norma IEEE 802 é a que se refere aos padrões de comunicação das redes wireless. Esta norma é utilizada para padronizar as camadas físicas e enlace do modelo Open Systems Interconnection - OSI, conhecidas como camadas 1 e 2, referentes a redes locais e redes de longa distância. Portanto, diversos padrões de redes sem fio são definidos baseados nesta norma, que são classificados de acordo com a distância de transmissão de dados que conseguem atingir (Figura 5).

2.6.1. Padrão IEEE 802.11

O IEEE 802.11 é caracterizado por ser uma família de protocolos de comunicação de redes wireless que foram e continuam sendo aperfeiçoados e aprovados com o intuito de se obter a comunicação entre os dispositivos sem fio de diversos fabricantes, não havendo mais problemas de compatibilidade entre estes equipamentos. Esta família de protocolos é dividida em vários sub-padrões, os quais os mais utilizados atualmente são o IEEE 802.11a, IEEE 802.11b e IEEE 802.11g que serão caracterizados a seguir. (GUASTI, 2012)

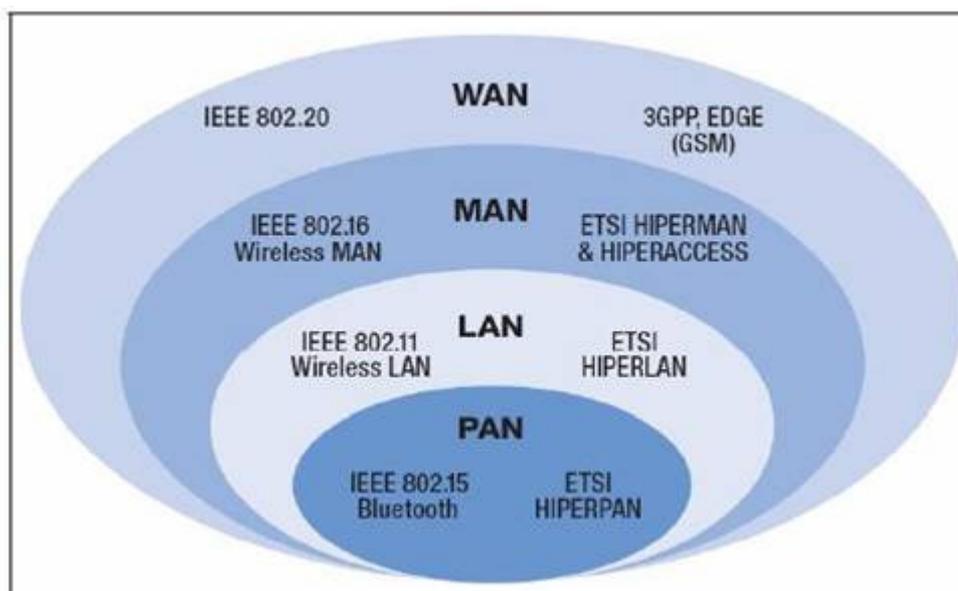


Figura 5: Grupos ativos de redes 802 do IEEE para redes wireless

Fonte: <http://www.vivasemfio.com/blog/ieee-institute-of-electrical-and-electronics-engineers/>

O padrão 802.11b foi o primeiro dos sub-padrões da família IEEE 802.11 a ser aprovado. Também conhecido como Wireless Fidelity (Wi-Fi), este padrão utiliza a técnica de espalhamento espectral DSSS para realizar a comunicação entre os dispositivos e opera na faixa de frequência da banda de 2,4 GHz. Utiliza quatro velocidades diferentes para a transmissão e recepção de dados, sendo elas de um, dois, 5,5 e 11 Mbps e, possibilita um número máximo de 32 clientes conectados. Teoricamente o seu alcance é de 400 metros e 50 metros em lugares abertos e fechados, respectivamente. (GUASTI, 2012)

O padrão IEEE 802.11a foi regulamentado em 1999 e possui como características trabalhar na banda de frequência de 5 GHz, sendo menos exposto a interferências do que o 802.11b. Sua velocidade de transmissão pode chegar a até 54 Mbps, porém, geralmente trabalha com a velocidade entre 24 e 27 Mbps. Utiliza a OFDM como técnica para a comunicação entre os dispositivos e suporta no máximo 64 clientes conectados. Contudo, não é um padrão muito utilizado, devido a sua incompatibilidade com o padrão 802.11b e se comparado a este, é mais veloz na transmissão de dados, mas deixa a desejar no alcance, já que o padrão 802.11b pode ter um alcance sete vezes maior do que o 802.11a. (GUASTI, 2012)

Segundo Tanenbaum (2003), uma versão aperfeiçoada do 802.11b, o 802.11g, foi aprovada pelo IEEE em novembro de 2001, depois de muitas disputas políticas sobre qual tecnologia patenteada seria usada. Ele utiliza o método de modulação OFDM do 802.11a, mas opera na banda ISM estreita de 2,4 GHz, juntamente com o 802.11b. Em tese, ele pode operar em até 54 Mbps. Sua principal vantagem é ser compatível com o padrão 802.11b. Este padrão também é chamado de Wi-Fi.

Em setembro de 2009, foi aprovada a versão final do protocolo IEEE 802.11n. Este padrão possui taxa de transferência de dados entre 65 Mbps e 600 Mbps, utiliza o método de transmissão MIMO (Multiple Input Multiple Output) – OFDM, ou seja, possui a capacidade de entradas e saídas múltiplas e pode trabalhar em duas bandas de frequência, de 2,4 GHz e de 5 GHz. Com esta tecnologia, consegue-se atingir velocidades maiores de transmissão, além de se ter um maior alcance e mais segurança nas redes wireless.

2.6.2. Padrão IEEE 802.15

O padrão IEEE 802.15 se referem às redes sem fio de curto alcance. Este padrão pertence às WPANs e suas tecnologias mais conhecidas são o Bluetooth e o Zigbee.

O Bluetooth é a tecnologia geralmente utilizada nos dispositivos portáteis e móveis, como telefones celulares, computadores pessoais e outros dispositivos, devido ao seu baixo consumo de energia. Utiliza o padrão IEEE 802.15.1 para a comunicação, operando em uma faixa de 2,4 GHz, porém, possui velocidades inferiores ao Wi-Fi. Devido a isto, é menos sujeito a interferências. Por ser um padrão de dispositivos de curto alcance, não é muito utilizado no meio industrial por equipamentos que necessitam de distâncias maiores para a comunicação. (GUAISTI, 2012)

De acordo com Mata (2006), o padrão IEEE 802.15.4, conhecido pelos dispositivos Zigbee, foi desenvolvido originalmente para aplicações em aquecimento, ventilação e condicionadores de ar como uma alternativa ao uso do Bluetooth. Esse padrão preza pelo baixo consumo, o que confere maior

autonomia para equipamentos alimentados por baterias. Além disso, foi desenvolvido para ser embarcado diretamente nos sensores e atuadores. Sua camada física possui também melhores características para operação em temperaturas extremas. Opera em taxas mais baixas, sendo bem mais robusto contra interferências no sinal que o Wi-Fi e o Bluetooth. Contudo, devido à baixa potência empregada pelos seus transmissores, a distância também é limitada a pouco mais de 100m.

2.6.3. Padrão IEEE 802.16

Este padrão de comunicação das redes *wireless*, pertencente às WMANs, foi desenvolvido com o intuito de alcançar longas distâncias para a transmissão de radiofrequência. Conhecido por WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access Forum*), pode transmitir sinais para grandes áreas, chegando a um raio de 50 km quando não se têm obstáculos. (GUASTI, 2012)

Como a utilização de cabos para se construir uma infra-estrutura de rede de longa distância possui custo muito elevado, o WiMAX passou a ter bastante aceitação no mercado, sendo uma tecnologia que visa um menor custo de implementação. (GUASTI, 2012)

Por trabalhar com um número maior de usuários do que o 802.11, o que implica em maior necessidade de largura de banda, opera na faixa de frequências de 10 a 66 GHz. Suas ondas são milimétricas, portanto o tratamento de erros nesse padrão merece mais cuidados do que no 802.11, já que esse tipo de onda é fortemente absorvido pela água (TANENBAUM, 2003).

Para fins industriais, o padrão IEEE 802.16 é uma boa alternativa para o acesso a dados que se situam em locais de difícil acesso e longes das centrais de controle, onde se torna inviável o uso de cabos para a infra-estrutura da rede.

2.7. Tecnologias Wireless e Ambientes Industriais

A tecnologia *wireless* tem demonstrado um grande potencial para aplicações industriais, comerciais e de consumo. Especificamente no monitoramento e controle de processos, obtendo e disponibilizando dados de processo (pressão, umidade, temperatura, vazão, nível, densidade, viscosidade, medições de intensidade de vibração, etc.), que podem ser coletados por meio de unidades de detecção e transferidos sem fio para um sistema de controle para a operação e gestão. (GUASTI, 2012)

Esta comunicação industrial é realizada através de um sistema de rádio altamente confiável chamado espectro espalhado. Sua confiabilidade se deve ao fato de não possuir rádios se comunicando na mesma frequência, considerando o mesmo período de tempo. No entanto, alguns obstáculos quanto ao uso da tecnologia *wireless* em ambientes industriais ainda têm de ser considerados e solucionados. Um desses obstáculos é a padronização dessas redes sem fio, processo que ainda está em andamento e dificulta um maior avanço desta tecnologia. (GUASTI, 2012)

A segurança continua sendo uma preocupação crítica no uso de redes sem fio em sistemas industriais. Estas redes transmitem dados através de sinais de rádio, o que os torna vulneráveis a acessos não autorizados. Em outras palavras, qualquer pessoa com equipamento adequado e localizado dentro da área de cobertura pode vir a se conectar. Redes sem fio possuem diversas ameaças relacionadas com a integridade dos dados, fazendo-se necessário assegurar a rede contra invasores e ataques do tipo *denial-of-service* (tentativa de tornar os recursos de um sistema indisponíveis para seus utilizadores). Vem daí a necessidade de seguir um padrão bem definido e com isso atingir os padrões de segurança e confiabilidade exigidos pelos órgãos reguladores (TRES; BECKER, 2009).

As empresas sempre buscam uma maior disponibilidade e flexibilidade das redes de campo. Estas duas características podem ser disponibilizadas pelas redes *wireless*, já que estas não possuem cabos para serem trocados caso estejam defeituosos, o que causa uma maior disponibilidade e caso houver uma mudança na estrutura física da rede, esta não necessitará de uma mudança na estrutura

dos cabos, oferecendo maior flexibilidade à rede. Algumas das principais vantagens do uso de redes sem fio em ambientes industriais são proporcionadas por uma série de características que estes tipos de rede tem se comparado às redes cabeadas. (GUSTI, 2012)

2.8. Vantagens e desvantagens das Redes sem fio

Com o avanço da comunicação nos últimos anos, possibilitou-se o surgimento de diversas tecnologias, atendendo a real necessidade dos usuários, com a melhor qualidade possível. A tecnologia apresenta-se como diferencial no mundo da automação e indústria, obtendo maior flexibilização da comunicação, mobilidade dos equipamentos instalados em campo e um menor custo de instalação e manutenção. Assim, são muitos os benefícios propiciados pelo uso desta tecnologia, desmobilizando uma gama de soluções para o ambiente industrial e facilitando, cada vez mais, o dia a dia operacional. (SOBRINHO, 2012)

A utilização das redes sem fio possui vantagens, desvantagens, e muitos paradigmas que ainda precisam ser quebrados para que essa tecnologia ganhe mais espaço dentro do ambiente industrial. Seguem vários pontos importantes quanto a vantagens e para utilização de uma rede sem fio nos ambientes industriais. (SOBRINHO, 2012)

2.8.1. Faixa de frequência

A faixa utilizada pelo dispositivo Wireless é a mesma conhecida como ISM (Industrial, Scientific and Medical), que apresenta faixas liberadas sem necessidade de licenciamento. Isso facilita a aplicação, porém obriga a convivência entre esses dispositivos com outras fontes de RF (Rádio Frequência) na mesma faixa, como exemplo: telefones sem fio, dispositivos Bluetooth e rádios. (SOBRINHO, 2012)

2.8.2. Facilidade de instalação

Sem requerer estrutura prévia, as redes sem fio podem ser instaladas de forma rápida e fácil. No caso das redes baseadas no padrão IEEE 802.11x, basta ser instalado um ponto de acesso (AP-Access point) que esteja conectado à rede cabeada do local ou à Internet; as estações podem ser adicionadas, posteriormente, de acordo com a necessidade. (SOBRINHO, 2012)

2.8.3. Atenuação do sinal transmitido

Os sinais transmitidos sofrem alguma forma de atenuação, seja a do espaço livre, sendo função da distância e da frequência, seja por absorção, quando o sinal atravessa algum material, seja por reflexões em obstáculos. O nível de sinal que chega à antena receptora deve ser suficiente para uma operação confiável e com a taxa de dados esperada. (SOBRINHO, 2012)

2.8.4. Mobilidade

Dentro de uma área de alcance limitada, os dispositivos podem se reposicionar a qualquer instante, permitindo acesso a informações e recursos computacionais, às posições de trabalho e às aplicações. (SOBRINHO, 2012)

2.8.5. Redução de custo

Em virtude da mobilidade, a eficiência dos funcionários de uma empresa aumenta pelo fato de poderem contar com os recursos dos quais precisam em qualquer lugar e instante; bem como diminuem os custos decorrentes da instalação e manutenção das redes, principalmente quando considerados os custos de instalação de redes cabeadas em locais que requerem obra civil ou regiões de difícil acesso. (SOBRINHO, 2012)

2.8.6. Disponibilidade de menor banda de transmissão

As redes sem fio em geral provêm enlaces com menor banda passante. Como exemplos podem citar as redes locais cabeadas Ethernet, que, hoje, atingem a taxa de transmissão da ordem de dezenas de Gbps, comparados às redes locais sem fio, que operam tipicamente até dezenas de Mbps ou menos. Este ponto está em pleno desenvolvimento, com grandes grupos de pesquisa buscando melhorar a taxa de transmissão das redes e dos dispositivos. (SOBRINHO, 2012)

2.8.7. Taxas de erro

As redes sem fio apresentam uma taxa de erro de bit (BER - Bit Error Rate) superior às redes com fio. No caso de um enlace de fibra ótica, o BER típico varia entre 10^{-8} e 10^{-9} , em um enlace sem fio, essa taxa cai na faixa de 10^{-4} a 10^{-6} , sendo necessário, portanto, o monitoramento constante dessas taxas e a adoção de mecanismos de controle de colisão de dados a fim de garantir o envio e o recebimento da informação. (SOBRINHO, 2012)

2.8.8. Endereçamento

Em uma rede cabeada, o endereço lógico de uma estação é usualmente vinculado ao endereço da rede na qual a estação está conectada. No caso de redes sem fio, devido à mobilidade das estações, o seu endereçamento fica mais complicado, não podendo depender da sua localização geográfica. (SOBRINHO, 2012)

2.8.9. Roteamento

No caso das redes sem fio, as suas estações movem de um lado a outro de forma não determinística, criando uma topologia dinâmica. Isso tem impacto direto, não somente no endereçamento, como foi mencionando anteriormente, mas também nos algoritmos e protocolos de roteamento. (SOBRINHO, 2012)

2.8.10. Dispositivos com poder computacional reduzidos

A perspectiva para um ambiente de computação móvel é que muitos dispositivos utilizados neste ambiente sempre serão computacionalmente mais escassos e simplificados em relação aos demais dispositivos, mas capazes de executar inúmeras aplicações. (SOBRINHO, 2012)

2.8.11. Coexistência entre dispositivos de diferentes redes wireless

Com a proliferação de diversos tipos de redes, torna-se um problema a coexistência destas redes em um mesmo ambiente. Isso pode gerar interferências e perda de dados entre elas. (SOBRINHO, 2012)

2.8.12. Interferência causada por múltiplos caminhos (Multipath Interference)

Quando um sinal de RF é emitido em um ambiente aberto, livre de obstáculos, apenas um sinal chega até a antena receptora (linha direta) e nenhuma interferência é observada. Ao emitir um sinal RF em um ambiente com obstáculos, como equipamentos, lajes, tetos, paredes, pessoas, diversos sinais chegam até a antena receptora. Dado que esses sinais trafegaram por caminhos diferentes, eles apresentam diferenças de amplitude. (SOBRINHO, 2012)

Além desses pontos citados, é importante, ao determinar um dispositivo para áreas industriais, atentar para as particularidades bastante específicas, sendo o ambiente sujeito a condições adversas, ou seja, a vapores corrosivos ou inflamáveis, partículas e poeira em suspensão, variações de temperatura extremas, vibração, interferências eletromagnéticas, barreiras físicas, entre outras possibilidades das plantas industriais. (SOBRINHO, 2012)

2.9. Padronização das Redes Wireless Industriais

A padronização das redes wireless industriais apresenta-se como uma grande vantagem para as indústrias. Através da padronização se consegue uma maior longevidade dos produtos e do mercado, aumenta a concorrência de fornecedores que oferecem o mesmo produto, o que implica em uma melhora do preço, possibilitando um aumento da credibilidade do mercado. (GUASTI, 2012)

As redes wireless industriais possuem alguns padrões para a comunicação. Dentre os principais estão o Zigbee (padrão IEEE 802.15.4), o WirelessHART e o padrão SP 100.11a, da International Society of Automation - ISA. Estes dois últimos são novos padrões que estão em desenvolvimento e estão cada vez mais sendo utilizados nas indústrias de processo. (GUASTI, 2012)

Vários são os pré-requisitos adotados na escolha de um protocolo de comunicação. Geralmente são consideradas todas as necessidades dos usuários, as quais incluem: tipo dos dados que serão transferidos, velocidade e alcance necessários na comunicação, o nível de segurança desejado, preocupações com ruídos e interferências, compatibilidade e custo. (GUASTI, 2012)

A principal característica que um protocolo de comunicação deve ter para ser aceito no meio industrial é a capacidade de se comunicar com os protocolos usados nas áreas de Tecnologia de Informação (TI) das indústrias. Os padrões dessas áreas geralmente são os IEEE e, portanto, para que haja comunicação e interligação entre o chão de fábrica e a área de TI de uma empresa, se faz necessário que os protocolos industriais tenham total poder de comunicação com os protocolos IEEE. (GUASTI, 2012)

2.9.1. WirelessHART

O WirelessHART™ é uma tecnologia que permite a comunicação sem fio em plantas de automação de processos. Este é construído através do conhecido e aprovado protocolo HART, combina esta tecnologia com mecanismos para aumentar a confiabilidade e a aplicabilidade da comunicação sem fio (MARQUES, 2010).

Segundo Riego (2009), os principais objetivos deste protocolo de comunicação são:

- Garantir que as redes implementadas tenham baixo tempo de latência;
- Definir aplicações e requisitos de gerenciamento de rede que sejam funcionais e que permitam o aumento de escala;
- Garantir robustez nas comunicações com presenças de interferências encontradas em ambientes industriais;
- Garantir a coexistência com outros protocolos de rede no mercado, assim como o protocolo cabeado HART;
- Garantir a interoperabilidade entre os dispositivos, para que dispositivos de diversos fabricantes operem na mesma rede.

O WirelessHART adota uma arquitetura utilizando uma rede mesh ou estrela (Figura 6) baseado no IEEE 802.15.4 (o mesmo utilizado pelo Zigbee) operando na faixa de 2,4 GHz. Os rádios utilizam o método de DSSS ou salto de canais FHSS para uma comunicação segura e confiável assim como comunicação sincronizada entre os dispositivos da rede utilizando Time Division Multiple Access – TDMA. (GUSTI, 2012)

2.9.2. Norma ISA SP 100.11a

De acordo com o comitê da ISA responsável pela norma SP100, há algumas classificações para o wireless e uma dessas classificações está dividida em cinco classes, as quais correspondem:

- Classe 5: Monitoramento sem consequências imediatas para a operação;
- Classe 4: Monitoramento com consequências de curto prazo para a operação;
- Classe 3: Controle de *loop* aberto;
- Classe 2: *Loop* fechado, controle supervisorio;

- Classe 1: *Loop* fechado, controle regulatório;
- Classe 0: Ação de emergência.

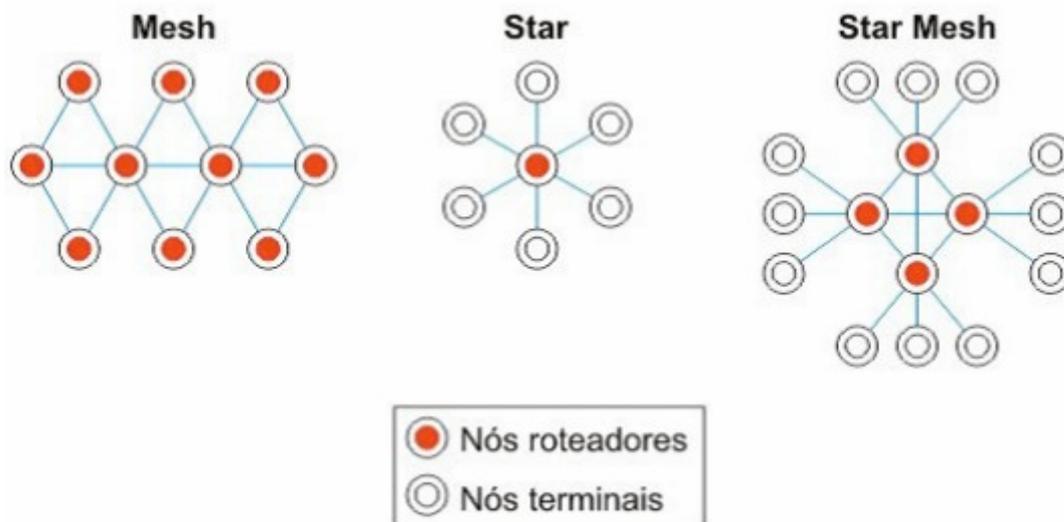


Figura 6: Possíveis topologias de rede suportadas pelo WirelessHART™

Fonte: <http://www.automacaoindustrial.info/redes-industriais/o-protocolo-wirelesshart-parte-2>

Neste contexto, a norma ISA SP 100.11a foi desenvolvida, a qual possui diversos objetivos, que serão apresentados.

De acordo com Riego (2009), os objetivos desta norma são:

- Garantir que os dispositivos tenham um baixo consumo de energia;
- Garantir que as redes implementadas tenham restrições ao tempo de latência;
- Definir infra-estrutura e interfaces, aplicações, segurança e requisitos de gerenciamento de rede que sejam funcionais e que permitam aumento de escala, em todas as classes de operação (1 a 5) definidas na norma;
- Garantir robustez nas comunicações com presenças de interferências encontradas em ambientes industriais;

- Garantir a coexistência com outros protocolos de rede no mercado, como o WirelessHART, o 802.11x entre outros protocolos cabeados ou não cabeados;
- Garantir a interoperabilidade entre os dispositivos, para que dispositivos de diversos fabricantes operem na mesma rede.

O protocolo ISA SP 100.11a possui diversas funções semelhantes com o protocolo WirelessHART, no que se diz respeito ao gerenciamento do sistema, monitoramento da rede e de seus dispositivos, configurações de comunicação, entre outros. No entanto, a principal mudança com relação a este outro protocolo se trata da segurança, no qual o gerenciador de segurança é inerente ao protocolo, diferente do WirelessHART, no qual o gerenciador de segurança existe somente como políticas de segurança contidas nas camadas de ligação, transporte e de aplicação. (GUASTI, 2012)

A arquitetura é proposta para intercomunicação dos dispositivos, onde está definido um *gateway* responsável pelo gerenciamento dos dispositivos que se comunicam na rede sem fio. Este *gateway* é responsável pelo acesso dos dispositivos aos sistemas de controle, podendo interligar todos os dispositivos compatíveis com a norma ISA SP 100.11a. Os dispositivos que comunicam-se através de Modbus, FOUNDATION Fieldbus, HART e Profibus serão compatíveis com a norma da ISA SP 100.11a, como proposto pela definição inicial do ISA SP 100 (ALMEIDA, 2009).

3. METODOLOGIA

A pesquisa se classifica, segundo Gil (1991), como uma pesquisa explicativa, pois visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de variáveis que afetam o processo permitindo explicar a razão dos problemas encontrados. Essa pesquisa aconteceu através de análise e verificação da instalação de um sistema Wireless existente com a finalidade de identificar os problemas e propor as melhorias necessárias para o perfeito funcionamento do processo de comunicação da Empresa. Os procedimentos metodológicos dividem-se em quatro etapas de pesquisa:

A primeira etapa constitui na revisão bibliográfica, que terá como finalidade propor um embasamento teórico e potencializar o conhecimento sobre o tema para a discussão dos resultados obtidos.

A segunda etapa consistirá em analisar e descrever os problemas encontrados no sistema instalado, identificando os motivos das falhas das informações transmitidas.

Na terceira etapa serão apresentadas as melhorias necessárias a serem executadas para que se obtenha o perfeito funcionamento do processo de comunicação além de realizar as correções no sistema instalado.

A quarta etapa irá descrever se o projeto proposto através dos resultados obtidos foi satisfatório para garantir que a melhoria do processo industrial de uma Empresa fosse alcançada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após receber o relato dos funcionários de uma determinada empresa de que havia falhas no sistema de comunicação, foi realizada uma visita técnica para análise das condições e operação do sistema e acompanhamento da instalação e funcionamento para a correção e melhoria do processo de comunicação.

4.1. Análise dos problemas encontrados no sistema instalado

A área de ambiente industrial onde serão instalados os equipamentos para comunicação sem fio, possui estruturas altas e metálicas que interferem na comunicação, desta forma impedindo a visada direta entre os pontos (Figura 7). A visada direta é considerada quando nenhum obstáculo interfere na comunicação entre dois pontos. O objetivo principal será eliminar tudo aquilo que causa perda no sistema como, cabos mal conectados, gerenciamento da rede e impedir que dados não desejados sejam trafegados através do rádio.

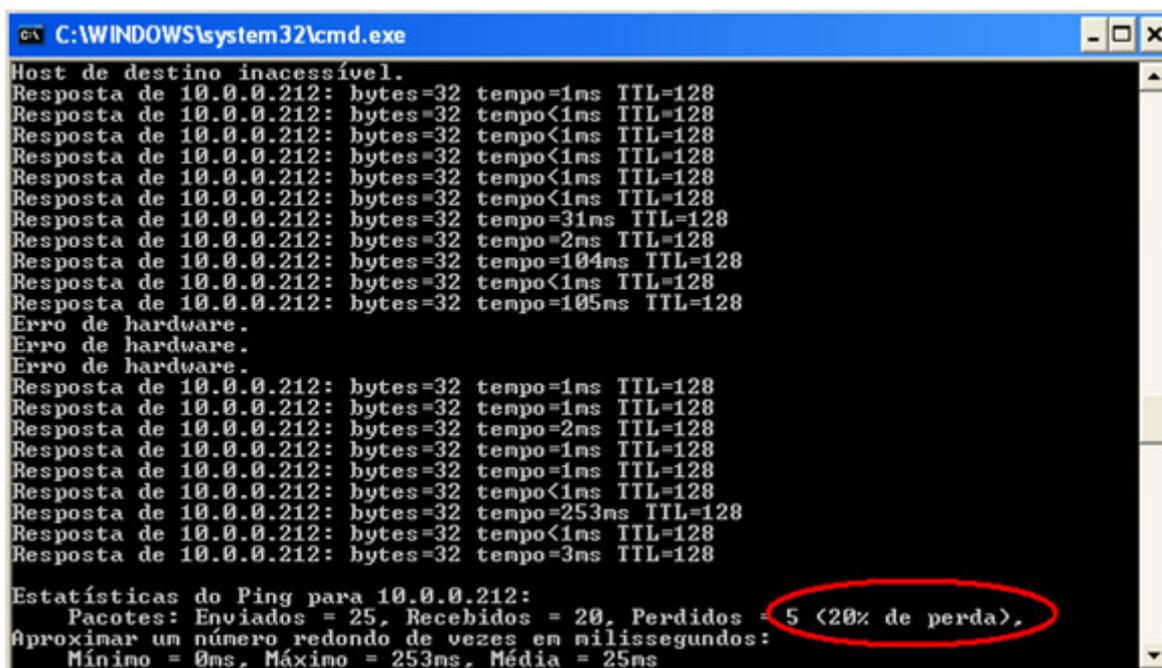


Figura 7: Vista aérea de uma Usina Siderúrgica

Fonte: <http://petroegas.com.br>

Durante a verificação da instalação do sistema existente foram identificadas falhas de comunicação. Para a identificação da falha na comunicação, foi realizado o “teste de ping” (Figura 8). O teste de Ping é realizado para

representar a estabilidade do sistema. Com este comando é capaz de medir quantos milissegundos (ms) um pacote de informações leva para ir até um destino e voltar. Durante o teste foi observado a perda de pacotes que pode ser causada por falhas na instalação física dos equipamentos ou até menos um nível de sinal ruim.



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Host de destino inacessível.
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=1ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo<1ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=31ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=2ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=104ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo<1ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=105ms TTL=128
Host de destino inacessível.
Erro de hardware.
Erro de hardware.
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=1ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=1ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=2ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=1ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=1ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo<1ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=253ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo<1ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=3ms TTL=128

Estatísticas do Ping para 10.0.0.212:
  Pacotes: Enviados = 25, Recebidos = 20, Perdidos = 5 <20% de perda>,
Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:
  Mínimo = 0ms, Máximo = 253ms, Média = 25ms
```

Figura 8: Teste de "ping"

Fonte: Teste realizado no sistema instalado

Também foram realizadas verificações através do software de configuração e análise fornecido pelo fabricante do rádio, desta forma foi possível observar que o mesmo estava operando com um nível de sinal bem abaixo do esperado (Figura 9):

Conforme será descrito abaixo, foram realizadas outras análises na instalação existente:

a) Modelos e potências das antenas inadequadas para a aplicação: O sistema inicialmente instalado contava com três antenas Omnidirecionais, o que causa uma grande perda de sinal, pois esse tipo de antena emite um sinal em 360°. De acordo com os locais de instalação e distância entre os rádios, a aplicação ideal deverá contar com duas antenas direcionais com ganho aproximado de 15dBi e uma omnidirecional com ganho também de 15dBi.

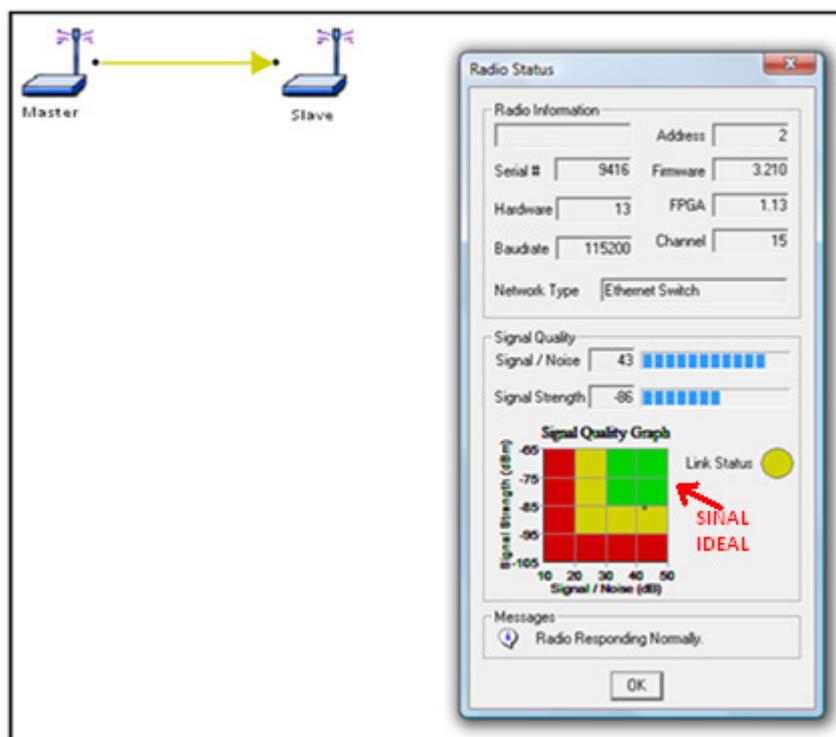


Figura 9: Teste de operação do sistema através do software de configuração e análise

Fonte: Teste do software de rádio

b) Conexões dos cabos com princípio de oxidação: Na instalação foi encontrado um conector do cabo coaxial com princípio de oxidação. Devido isso, deverão ser instalados novos cabos coaxiais, deverá ser feito um tipo de isolamento com fita de autofusão e isolante para garantir a vedação e evitar problemas futuros. A isolação deverá ser feita tanto na conexão com o protetor contra descarga atmosférica como também na conexão do cabo com a antena.

c) Ligação incorreta dos cabos do rádio e antena no amplificador de sinal: Em um dos painéis instalados em campo havia um amplificador de sinal e a conexão entre o rádio e o amplificador estava incorreta. O cabo coaxial do rádio estava ligado diretamente no conector de proteção contra descarga atmosférica quando deveria ser conectado no kit amplificador e do amplificador para o protetor contra descarga atmosférica (Figura 10).

d) Cabo coaxial com o tamanho inadequado para aplicação: Quando a instalação foi realizada um cabo coaxial foi instalado com medidas inadequadas para a aplicação. Com isso, essa sobra gera bastante perda ao sistema wireless (Figura 11).



Figura 10: Ligação do cabo coaxial do rádio no conector de proteção contra descarga atmosférica
Fonte: Sistema existente na determinada Empresa

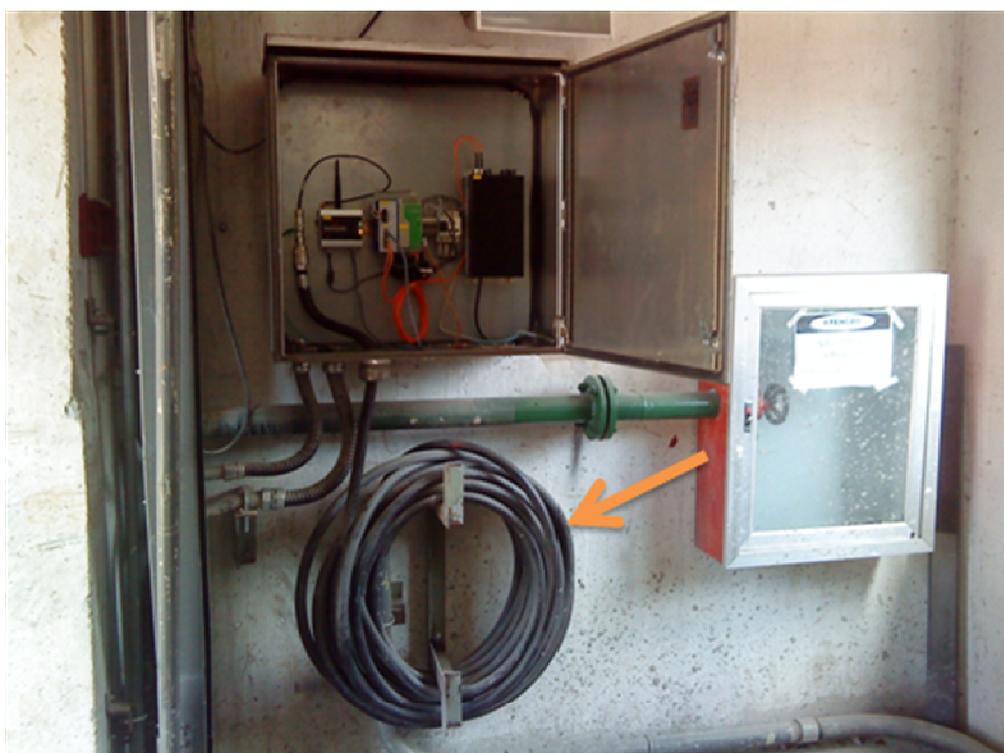


Figura 11: Cabo coaxial instalado com medidas inadequadas
Fonte: Sistema existente na determinada Empresa

e) Switch não gerenciável instalado nos painéis: Outra observação importante é o número de equipamentos ligados em um switch não-gerenciável. O switch não-gerenciável não possui a característica de criação de VLANs, portanto qualquer equipamento ligado em suas portas irá gerar tráfego na rede e

consequentemente esse tráfego irá ser enviado para o rádio. O rádio possui um limite máximo de dados a ser transmitido, quando esse limite é ultrapassado o sistema wireless começa a perder sua eficiência causando atraso de informações e em casos mais extremos a queda do link. Um switch gerenciável deverá ser instalado para a criação das VLANs que irá filtrar os dados a serem transmitidos pelo rádio (Figura 12).



Figura 12: Instalação de Switch não gerenciável no Painel
Fonte: Sistema existente na determinada Empresa

4.2. Correção dos problemas encontrados no sistema instalado

Após a verificação da instalação do sistema foram feitas as correções conforme descritas a seguir:

a) A ligação correta do rádio ao amplificador e o isolamento das conexões a fim de evitar oxidação: a situação ideal de montagem de ligação do Amplificador e protetor contra descarga atmosférica será mostrada conforme na figura 13.



Figura 13: Ligação correta do rádio ao amplificador

Fonte: Sistema existente na determinada Empresa

b) Nas estruturas verificadas das instalações dos cabos coaxiais do painel do rádio à antena, foi sugerida a troca imediata, pois, os cabos não foram dimensionados com as medidas corretas, tanto o comprimento quanto o diâmetro, obtendo assim perdas significativas do sistema wireless. Desta forma, as medições dos cabos coaxiais foram feitas para se obter o melhor dimensionamento e foram fornecidos os cabos de acordo com os padrões corretos para o perfeito funcionamento do sistema.

c) A troca do switch não gerenciável foi realizada. Um switch gerenciável foi instalado e criado as VLANS (gerenciamento das portas para direcionar as informações). Assim, a porta de comunicação do rádio irá comunicar somente com os equipamentos que deverão ser transmitidos via rádio. O gerenciamento do switch foi necessário já que o rádio possui uma taxa máxima de dados a ser transmitido. O excesso de dados transmitidos sobrecarrega o sistema causando atraso nas informações (Figura 14).

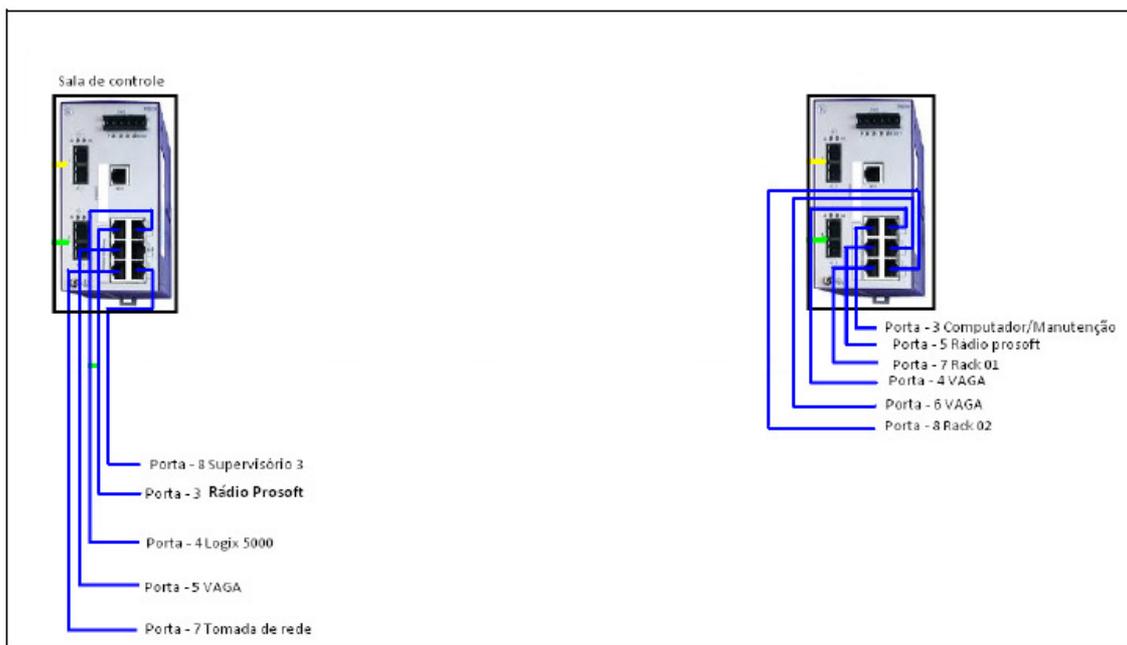


Figura 14: Comunicação do Switch gerenciável
 Fonte: Sistema existente na determinada Empresa

Após ter sido realizada a ligação correta dos cabos, troca do cabo por um de comprimento menor e o gerenciamento dos switches, ficou nítido o bom desempenho de Força de Sinal por Sinal Ruído, obtendo cem por cento de sinal na pior condição de visada. Os resultados foram comprovados de um novo “teste de ping” (Figura 15) e também pelo software de configuração (Figura 16, 17).

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=4ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=2ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=2ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=2ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=1ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=3ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=2ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=3ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo<1ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=2ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=2ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=3ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo<1ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=3ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=2ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=3ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo<1ms TTL=128
Resposta de 10.0.0.212: bytes=32 tempo=2ms TTL=128

Estatísticas do Ping para 10.0.0.212:
  Pacotes: Enviados = 20, Recebidos = 20, Perdidos = 0 <0% de perda>,
  Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:
  Mínimo = 0ms, Máximo = 100ms, Média = 6ms
Control-C
^C
  
```

Figura 15: Teste de "ping"
 Fonte: Teste realizado no sistema instalado

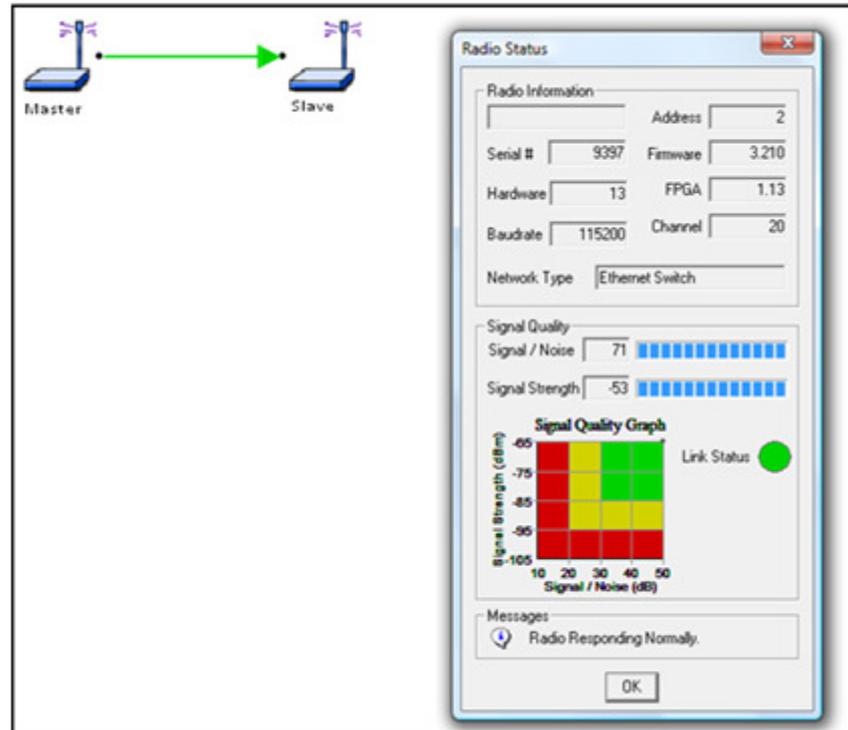


Figura 16: Teste de operação do sistema através do software de configuração e análise

Fonte: Teste do software de rádio

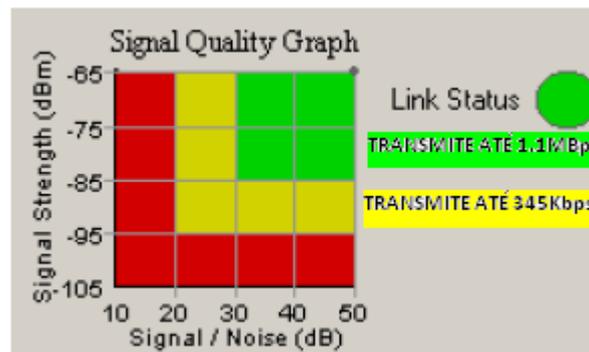


Figura 17: Análise do Link Status

Fonte: Teste do software de rádio

5. CONCLUSÃO

A tecnologia sem fio, Wireless, tem sido determinante como solução na tentativa de aumentar a velocidade de comunicação, a confiabilidade e a segurança na transmissão de dados dos processos industriais, e esta solução sendo sempre associada às necessidades específicas e inerentes de cada aplicação. Com isso, para a implantação de uma rede de comunicação wireless, se faz necessária a análise de diversos componentes que interferem no seu funcionamento. Além do local de implantação, da análise da tecnologia a ser utilizada, do estudo sobre a segurança, dentre outros empecilhos que afetam a integridade das redes sem fio, há também a escolha correta dos equipamentos a serem utilizados para transmitir e receber os sinais dos dados que trafegarão pela rede.

Desta forma, neste trabalho foram apresentados os parâmetros que devem ser levados em consideração a verificação e adequação de um sistema Wireless instalado na Empresa para a melhoria do seu processo de comunicação.

Com os questionamentos apresentados das falhas do sistema implantado, foi realizada uma visita técnica para verificação e análise da instalação para solucionar decorrentes problemas encontrados. Através da presença em campo de funcionários responsáveis, foi possível identificar falhas físicas como excesso de cabos, conexões mal feitas e excesso de dados transmitidos pelo rádio causando atraso e perda de informação. Desta maneira foram apresentadas as soluções para correção das falhas e a garantia do perfeito funcionamento do processo industrial.

Como melhorias foram solicitadas a troca dos cabos coaxiais e dos protetores contra descargas elétricas, a instalação de um novo Switch para gerenciamento da comunicação entre rádio e os equipamentos e a ligação correta dos amplificadores, sendo possível demonstrar nitidamente o desempenho do sistema Wireless.

Assim, pode-se concluir que a elaboração e implementação de um projeto adequado, além do acompanhamento e execução de instalação do sistema por profissionais são de grande importância para que o funcionamento do processo industrial obtenha os resultados esperados sem trazer futuros prejuízos para o cronograma da empresa.

Desta forma pode-se perceber o quanto é importante realizar as análises e testes antes e depois do processo de instalação de um sistema Wireless para garantir os resultados esperados do processo de comunicação de uma Empresa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, E.H.; NUNES, D. Redes TCP/IP sobre Espectro Espalhado. InterNexo, 2002. Disponível em: <http://www.rnp.br/_arquivo/sci/2002/comunicacao_radio.pdf>. Acessado em novembro de 2013.

Disponível em: www.abusar.org.br/ftp/pitanga/Redes/ApostilaWireless.doc. Acessado em Outubro de 2013.

Disponível em: <http://www.rnp.br/newsgen/9805/wireless.html>, Acessado em Outubro de 2013.

Disponível em: <http://www.oficinadanet.com.br/post/2961-o-que-e-wireless-e-como-funciona>, Acessado em Outubro de 2013.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

GUASTI, Rainer Mantovani. Solução wireless para redes de automação industrial. 2012. 78 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais).

Macrotec Ltda., Empresa, Relatórios de visitas técnicas.

MARQUES, D. C. Tecnologia sem fio na automação de processos WirelessHart. 2010. In: Congresso Internacional e Exposição Sul-Americana de Automação, Sistemas e Instrumentação, 14, 2010, São Paulo. Anais... São Paulo: ISA SHOW, 2010.

MATA, R.S. da. Automação Industrial Wireless – Parte 2. Revista Mecatrônica Atual. Ano 4 - N°28 - Jun/Jul/06.

RIEGO, Henrique Barros. Redes sem fio na indústria de processo: oportunidades e desafios. 2009. 100 p. Dissertação (Trabalho Final de Curso de Mestrado em Engenharia de Sistemas). Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle. Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, 2009.

Site da Internet: Inteligência em Telecomunicações. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialww1.pdf>. Acessado em Novembro de 2013.

SOBRINHO, Darlan Guilherme. Tecnologias wireless para automação industrial: wireless_hart, bluetooth, wisa, wi-fi, zigbee e sp-100, 2012. 11 p. Artigo (Trabalho de Conclusão de do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Eletroeletrônicos, Automação e Controle Industrial, pertencem ao Instituto Nacional de Telecomunicações – Inatel, Santa Rita do Sapucaí , Minas Gerais)

TANENBAUM, A. S. Redes de Computadores. 3ª. edição. Editora Campus, 1997.

TANENBAUM, A.S. Redes de Computadores. Tradução da Quarta Edição, (tradução Vandenberg D. Souza). Rio de Janeiro, 2003.

TRES, C.; BECKER, L. B. Desmistificando o Uso de Redes Sem Fio em Automação Industrial. In: Congresso Internacional e Exposição Sul-Americana de Automação, Sistemas e Instrumentação, 13, 2009, São Paulo. Anais... São Paulo: ISA SHOW, 2009.

WIRELESS. Classificação das redes wireless e seus principais componentes. 2009. Disponível em: < <http://pt.kioskea.net/contents/wireless/wlintro.php3>>. Acessado em novembro de 2013.