

# CONTROLE SEM FIO DE ATUADORES DE PLANTAS INDUSTRIAIS<sup>1</sup>

Marcos Dias de Paula<sup>2</sup>  
Anézio Neto Barbosa dos Santos<sup>3</sup>

## Resumo

Este artigo apresenta um uma revisão bibliográfica das tecnologias de redes industriais dando especial atenção aos sistemas de comunicação através de redes sem fio e suas principais características e aplicações e um estudo de caso feito em uma arquitetura de controle com um controlador lógico programável de 24 entradas digitais PNP, 16 saídas digitais (12 saídas a relé e 4 a transistores) transmitindo sinal digital para um transmissor sem fio de 2 entradas digitais e 2 saídas digitais, 2 saídas 4-20mA e 2 entradas 4-20 mA cujo sinal é enviado para o receptor sem fio de igual configuração e aciona um outro CLP, 10 saídas digitais a relé, 14 entradas digitais, PNP que controla um manipulador cartesiano de 3 eixos. O desempenho de sinais analógicos e digitais são demonstrados tendo como foco o ensaio o tempo de resposta de ambos em diferentes distâncias.

**Palavras-chave:** Automação industrial; Instrumentação e controle; Redes industriais; Redes sem fio.

## WIRELESS CONTROL ACTUATORS OF INDUSTRIAL PLANTS

### Abstract

This paper presents an a bibliographic network technologies with special emphasis on industrial communication systems through wireless networks and their main characteristics and applications and a case study on a control architecture with a programmable logic controller, 24 PNP digital inputs, 16 digital outputs (12 relay outputs and 4 transistors) transmitting digital signal to a wireless transmitter 2 digital inputs and 2 digital outputs, 2 outputs 4-20mA inputs and two 4-20 mA signal which is sent to the wireless receiver of the same configuration and triggers another PLC, 10 relay digital outputs, 14 digital inputs, PNP which controls a 3-axis Cartesian manipulator. The performance of analog and digital signals are presented focusing on testing the response time of both at different distances.

**Keywords:** Industrial automation; Instrumentation and control; Industrial networks; Wireless networks.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 17º Seminário de Automação e TI Industrial, 24 a 27 de setembro de 2013, Vitória, ES, Brasil.*

<sup>2</sup> *Analista de Sistemas. Coordenador Nacional da Rede SENAI Automação do Departamento Nacional do Senai, Brasília – DF, Brasil.*

<sup>3</sup> *Tecnólogo em Automação Industrial e Acadêmico de Engenharia Elétrica. Professor. Faculdade de Tecnologia Senai Ítalo Bologna, Goiânia-GO, Brasil.*

# 1 INTRODUÇÃO

A tecnologia moderna criou um novo conceito no ambiente industrial de produção com uma nova infra-estrutura de máquinas e equipamentos, o que, conseqüentemente, gerou a necessidade de novas formas de comunicação entre eles. Os recursos tecnológicos avançados trouxeram para o cotidiano industrial novos dispositivos de comunicação e nova forma de interconexão entre eles, permitindo o controle e o acionamento destes dispositivos sem a necessidade de condutores elétricos convencionais em toda a estrutura de acionamento, originando o conceito de redes industriais definida de acordo com Manges.<sup>(1)</sup>

Considerando que as redes citadas passaram gradativamente a existirem no ambiente industrial, justifica-se o estudo das tecnologias para prover a comunicação entre os equipamentos industriais visando a utilização de comunicação sem fio nestas redes como uma alternativa viável e segura.

Em uma análise do cenário da utilização de comunicação sem fio em redes industriais, onde predominam instrumentos de medição de campo, este artigo apresenta uma revisão bibliográfica das tecnologias de redes industriais dando especial atenção aos sistemas de comunicação através de redes sem fio e suas principais características e aplicações e discute os resultados de um estudo de caso feito em uma arquitetura de controle utilizando transmissão sem fio.

## 1.1 Breve Histórico

As tecnologias disponibilizadas ao longo do tempo para a transmissão e controle de sinais dentro de um processo industrial teve início com a transmissão pneumática, caracterizada por um controle puramente analógico e capaz de transmitir uma única informação do processo e acionada por meio de condutores elétricos conectados diretamente aos dispositivos. Essa tecnologia surgiu em meados dos anos 40 e predominou até o advento dos sinais digitais na década de 80 que trouxe consigo a padronização da transmissão eletrônica 4 a 20 mA, cuja evolução, segundo Riego,<sup>(2)</sup> ocorreu devido aos avanços da eletrônica, onde os sensores e a medição ganharam qualidade e robustez, fazendo com que atingissem a categoria de sensores micro processados inteligentes permitindo o controle e acionamento destes dispositivos eletronicamente.

Neste mesmo período surgiu o primeiro sinal digital nos instrumentos de campo, permitindo a comunicação entre os dispositivos para acionamento e controle através de um conjunto de regras específico denominado protocolo de comunicação, o primeiro protocolo desenvolvido foi o HART (*Highway Addressable Remote Transducer*), que possibilitou obter mais que uma única informação dos instrumentos de campo, tornando possível transmitir ao mesmo tempo informações como a identificação (*tag*) do instrumento, o fornecedor, o tipo de revisão, a série e a data da última revisão. Os protocolos industriais de campo, chamado *field buses*, também são datados dessa época, e deram origem às redes digitais de campo dentro do processo industrial.

Os protocolos de comunicação surgidos a partir das redes industriais foram desenvolvidos por consórcio de empresas a partir da necessidade de comunicação e portabilidade entre as máquinas e equipamentos fabricados pelas mesmas. Como exemplificado por Riego,<sup>(2)</sup> O protocolo *Foundation Fieldbus* possibilitou implementar o controle nas malhas de processo diretamente nos instrumentos de campo, diminuindo assim o tempo de resposta da malha e possibilitando uma redução dos

custos de implementação, tornando desnecessário o uso de CLP's (Controladores Lógico-Programáveis) ou de SDCD (Sistema Digital de Controle Distribuído) para controlá-los além de trazer um avanço na forma de interligação dos instrumentos permitindo variadas topologias.

O protocolo *Profibus-PA* é citado pelo autor Riego,<sup>(2)</sup> datado de 1989 e tem como principal característica a redução do custo de implantação de uma rede, reduzindo o número de *hardware* e a redução no tempo de comissionamento e partida das unidades do processo, chegando a 40% o impacto da redução quando comparado com instalações analógicas. Além da superioridade na velocidade de transmissão, que é de 31,25 kbps contra 1,25 kbps do protocolo *Foundation Fieldbus*, o protocolo *Profibus-PA* centraliza com exclusividade o controle da malha de processo por requerer a existência de um CLP ou SDCD para realizar esse controle.

O surgimento da tecnologia sem fio é datada no início dos anos 2000, tendo seu princípio de funcionamento baseado em um transmissor e um receptor inteligente, um concentrador de sinais e um sistema de tratamento de dados.

Para Rackley,<sup>(3)</sup> da década de 70 até o início dos anos 90, a crescente demanda por conectividade sem fio poderia apenas ser obtida por uma pequena alternativa de *hardwares* a preços elevados, baseados em tecnologia proprietária que não ofereciam interoperabilidade entre equipamentos de diferentes fabricantes além de não possuírem mecanismos eficientes de segurança. De acordo com R. Caro<sup>(4)</sup>, as mudanças das redes de dados ocorridas nos últimos cinco anos foram mais drásticas do que as ocorridas com o rádio no último século.

Esse novo cenário permitiu que as transmissões sem fio avançassem permitindo flexibilidade na implementação das redes industriais.

## 1.2 Perfis Industriais

O nível da tecnologia incorporada pela indústria é utilizado para classificar o desenvolvimento do país e sob esta percepção que a capacidade de geração e incorporação de tecnologias inovadoras é a maior virtude de uma sociedade industrial.

O surgimento de máquinas e equipamentos sofisticados trouxe consigo novas necessidades, como a de garantir agilidade e segurança na comunicação industrial e a estabilidade na forma de controle e acionamento dos atuadores do processo tanto na indústria de processos quanto na de manufatura. A primeira, segundo Riego,<sup>(2)</sup> não possui uma grande variedade de variáveis a serem monitoradas, basicamente quatro, que são vazão, temperatura, pressão e nível, necessitando entretanto de um tempo de resposta muito curto e um controle *just-in-time*, enquanto a segunda necessita de sensores e controladores dos mais variados tipos. No Quadro 1 pode-se observar essa relação.

**Quadro 1** - Tipos de indústrias

	Indústria de Manufatura	Indústria de Processos
Características	<ul style="list-style-type: none"><li>- Galpões fechados;</li><li>- Produtos acabados;</li><li>- Esteiras;</li><li>- Movimentação de Máquinas;</li><li>- Movimentação de produtos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Processo contínuo;</li><li>- Áreas externas;</li><li>- Produtos fluidizados;</li><li>- Transporte por tubos;</li><li>- Armazenagem em torres/tanques.</li></ul>
Variáveis	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sensores variados;</li><li>- Contadores;</li><li>- Posicionadores;</li><li>- Alinhadores.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- 4 grandes variáveis<ul style="list-style-type: none"><li>- temperatura</li><li>- pressão</li><li>- vazão</li><li>- nível</li></ul></li></ul>

### 1.3 Características da Comunicação sem Fio

A comunicação sem fio em redes industriais utiliza transmissões de rádio frequência que operam nas faixas de 915 MHz a 2,4 GHz e são caracterizadas como transmissões UHF (*Ultra High Frequency*), tendo o maior número de dispositivos em funcionamento utilizando o limite da faixa de transmissão (2,4 GHz). Essa ocorrência é favorecida por tratar-se de faixa de utilização não licenciada pelos órgãos reguladores, que no caso do Brasil é a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) e nos Estados Unidos é o FCC (Comissão Federal de Comunicação Americana).

Essa faixa de frequência é denominada de ISM (*Industry, Scientific and Medical band*), e, como os dispositivos que operam nesta faixa não são licenciados, qualquer possibilidade de interferência entre equipamentos dos mais diversos fabricantes são de responsabilidade dos mesmos.

Devido à possibilidade de interferência entre equipamentos que transmitem na faixa citada, surgiu a necessidade destas transmissões de sinais digitais sem fio serem projetadas visando minimizar essas interferências e aumentar a segurança dos dados, dentre as estratégias adotadas, as mais utilizadas são a de espalhamento espectral e a utilização de tipos específicos de antenas.

A técnica de espalhamento espectral foi largamente utilizada na Segunda Guerra Mundial e é detalhada por Rackley,<sup>(3)</sup> que consiste em espalhar a informação ao longo da faixa de frequência, resultando em uma largura de banda de 20 a 100 vezes maior do que a largura de banda da informação em aplicações industriais e de 1.000 a 1.000.000 de vezes maior em aplicações militares.

Dentre as várias formas de realizar o espalhamento espectral do sinal transmitido, duas são amplamente utilizadas. A primeira é chamada de DSSS (Espalhamento Espectral por Sequência Direta) onde a informação é espalhada ao longo da faixa de frequência, isso é feito combinando uma função XOR (função lógica que retorna 0 se as entradas forem iguais e 1 se forem diferentes) com uma função código chamada *chipping code*; o novo sinal gerado é transmitido e deve ser decodificado pelo receptor utilizando a mesma função código.

A segunda, o FHSS (Espalhamento Espectral por Salto de Frequência) consiste em transmitir o sinal alternando entre os vários canais da faixa de transmissão em uma sequência determinada por uma função código, assim como na DSSS, na recepção do sinal, o mesmo deve ser decodificado utilizando a mesma função código. Em ambos os casos o uso da função código aumenta significativamente a segurança da transmissão e impede as interferências.

Outra estratégia adotada para garantir a segurança na transmissão do sinal digital sem fio é o uso de antenas. Conforme Rackley<sup>(3)</sup> e Caro,<sup>(4)</sup> as antenas além de transmitirem os sinais de ondas eletromagnéticas, podem alterar a potência do sinal enviado.

Atualmente as transmissões utilizam dois tipos de antenas, as omnidirecionais, que transmitem o sinal em todas as direções (360°) e as antenas polarizadas, que direcionam o sinal para um local específico. O uso dessa última oferece como vantagens o aumento da disponibilidade do espaço, a possibilidade de transmissão de sinais simultâneos e a diminuição de consumo de energia. Uma desvantagem do uso de antenas direcionais está no fato de que dependendo da arquitetura de rede utilizada e a disposição dos instrumentos estes poderão ficar indisponíveis para comunicação caso não estejam na faixa de transmissão direcionada.

As arquiteturas de redes de comunicação com transmissão de sinais digitais sem fio são compostas de equipamentos distribuídos conforme a topologia utilizada. Dentre os equipamentos presentes em uma rede, temos:

a) Dispositivos (*devices*): instrumentos utilizados para aquisição e conversão de grandezas físicas analógicas em sinais elétricos, possuem a antena como unidade de recepção e transmissão do sinal. Este dispositivo pode atuar com uma única função de enviar sinais a um controlador ou pode atuar como controlador da rede na qual participa; quanto maior o número de funções maior será o consumo de energia.

b) *Gateway*: Ponto de acesso à rede sem fio e é responsável pela conexão entre todos os dispositivos pertencentes à rede que também funciona como o elo de ligação entre os dispositivos de campo e o barramento de controle (CLP's ou SDCD).

c) Gerenciador de Rede: Responsável pelo roteamento, repetição e redirecionamento de mensagens para outras sub-redes, além disso, executa também as funções chamadas de QoS (*Quality of Signal*) que garante o tempo de transmissão de um sinal.

d) Gerenciador de Segurança: É o dispositivo responsável pelas funções de segurança da rede, principalmente a autenticação e criptografia dos dados transmitidos.

No que diz respeito às topologias, as redes de comunicação utilizando transmissão digital sem fio se assemelham às redes convencionais que utilizam-se de condutores físicos (fios), com o diferencial de se basear, além da interconexão entre os dispositivos, levar em consideração também a conexão lógica entre eles. As topologias possíveis nesse tipo de rede são definidas abaixo:

- Ponto a Ponto: Caracterizada pela conexão direta entre os dispositivos individuais.
- Estrela: Utilizada principalmente pela facilidade de sua implementação. Nela, os dispositivos são interconectados com o provedor de acesso à rede sem se comunicarem entre si. Apresenta como vantagem a facilidade de manutenção, implementação e configuração e a manutenção da estabilidade da rede mesmo se um dos dispositivos parar de funcionar, por outro lado apresenta a desvantagem de aumento do consumo de energia e o aumento do tempo de latência caso aumente o número de dispositivos conectados e há perda da rede caso o provedor de acesso pare de funcionar. Destaca-se também nessa topologia a possibilidade da comunicação ocorrer diretamente, neste caso a taxa de transferência é mais elevada entre as topologias disponíveis e há possibilidade de aumentar a confiabilidade com a utilização de dois provedores de acesso instalados em modo de redundância.
- Árvore: Semelhante à anterior, onde os dispositivos se comunicam com o ponto de acesso que realiza a mesma função de provedor de acesso a rede e de gerenciador

de segurança. Nesta topologia, cada ponto de acesso se comunica com um grupo de dispositivos e sua utilização é recomendável quando há um grande número de instrumentos espalhados geograficamente e seja inviável utilização de topologias mais simples como estrela. Nas vantagens, destaca-se a estabilidade da rede mesmo quando um dispositivo ou provedor de acesso local pare de funcionar, como desvantagens, esta a diminuição da taxa de transferência e o tempo de latência com o aumento de ramificações.

- *Mesh*: É a principal diferença entre as redes que permitem controle e comunicação sem fio e as redes baseadas em cabeamento estruturado, nessa topologia os dispositivos podem comunicar-se diretamente com outros dispositivos adjacentes dispensando comandos de um centro de controle central, atribuindo o caráter dinâmico para esta topologia, permitindo adição e subtração de equipamentos e até mesmo não sofrendo paradas com a perda de comunicação com o ponto de acesso por qualquer dispositivo, o que configura uma grande vantagem, quanto à redução de custos. O auto-roteamento dos equipamentos aumenta a confiabilidade da rede, porém deve-se atentar quanto ao aumento de tráfego.
- Híbridas: Permite a implementação de transmissões com fio e sem fio em uma mesma rede, para tanto, pode-se utilizar quaisquer das topologias anteriormente mencionadas, avaliando suas vantagens e desvantagens. A adoção dessa topologia é ideal para implementação parcial de redes sem fio permitindo alteração gradativa na arquitetura da rede.

#### 1.4 Tecnologias Disponíveis

As tecnologias de transmissão de sinais digitais sem fio disponíveis e que tem merecido maior destaque por possuir o maior número de dispositivos desenvolvidos sob sua base são a WirelessHART, a ISA100.11a e o *ZigBee*.

As tecnologias disponíveis estão fundamentadas na norma IEEE 802.15.4 apresentada por Gutierrez<sup>(5)</sup> que foi desenvolvida sob a premissa de WPAN (*Wireless Personal Area Network*) possuindo como principal característica a definição de redes com baixo consumo de energia e baixo custo para aplicações industriais.

A norma atua apenas nas camadas Física e parcialmente na camada de Ligação do modelo ISO-OSI, definindo duas topologias padrão para operação dos dispositivos, a estrela e a ponto a ponto. A norma ainda orienta para que as topologias assumam duas configurações possíveis: a FFD (*Full Function Device*) na qual os dispositivos possuem capacidade total dentro da rede, inclusive funções de roteamento e coordenação e a RFD (*Reduced Function Device*) onde os dispositivos possuem capacidade restrita previamente fixada ou configurável, neste caso os dispositivos não possuem capacidade de roteamento e nem assumem a coordenação da rede caso o gerenciador de rede apresente falhas.

A norma ainda prevê funções que deverão estar presentes na rede como criptografia, chave de identificação de grupo, modo de operação síncrono ou assíncrono, níveis de segurança, auto-roteamento e auto-organização.

O papel de coordenador previsto pela norma refere-se ao controle dos dispositivos no momento de transmitirem seus dados através do CSMA-CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) permitindo, neste caso, operação da rede de modo assíncrono o que possibilita colisões ocasionais de pacotes de dados e retransmissões, ou ainda operar em modo síncrono, gerenciando o tráfego da rede, evitando colisões.

Outra característica prevista pela norma é a possibilidade dos dispositivos assumirem a função de hibernação independentemente do modo de transmissão, que é um *status* de baixo consumo de energia assumido pelos dispositivos sempre que não estiverem agendados para transmitir ou receber dados. Esse *status*, segundo Caro<sup>(4)</sup> é assumido pelos dispositivos em 97,5% do tempo.

O autor Gutierrez<sup>(5)</sup> ainda prevê propriedades específicas para as redes de com transmissão de dados sem fio, apresentadas no Quadro 2.

**Quadro 2** - Propriedades da tecnologia IEEE 802.15.4

Propriedades da tecnologia	
Taxa de Transferência	250 kbps
Alcance	10 a 300m
Frequência	ISM (900 MHz/2,4 GHz
Modo de Transmissão	DSSS / FHSS
Controle do tráfego	Síncrono / Assíncrono
Topologia	Estrela/Ponto a Ponto
Complexidade de Implementação	Baixa
Numero máximo de nós	Não definido
Tempo Latente	10 a 50 ms (nota 1)
Bateria (consumo de energia)	Baixo consumo (nota 2)

*Nota 1: Faixa de maior probabilidade, dependente do número de nós da rede; Nota 2: Dependente do tipo de aplicação e da função do dispositivo*

## 1.5 Requisitos da Transmissão sem Fio

A implementação de redes de comunicação utilizando transmissão digital sem fio tem a premissa de otimização de requisitos, trata-se neste caso dos seguintes requisitos: confiabilidade (capacidade de garantir que uma informação transmitida por um dispositivo chegue ao sistema de controle, passando por toda a estrutura da rede existente), tempo de latência (tempo decorrido entre o início da transmissão de uma informação e sua chegada ao sistema de controle, passando por toda a estrutura da rede existente), taxa de transferência (taxa média de transmissão de informações por um determinado período de tempo) e segurança (toda estrutura necessária para garantir a proteção, a autenticação e o sigilo dos dados transmitidos).

Para Riego<sup>(2)</sup> é importante ressaltar que, diferentemente das redes fiadas, um novo requisito se faz presente nas transmissões digitais sem fio: o consumo de energia, segundo o autor, a energia necessária para o funcionamento dos dispositivos, que antes era provida através de cabos, com a supressão dos mesmos, deve ser obtida de outra maneira. Fontes de energia como bateria, painel solar e outras fontes alternativas são defendidas pelo autor.

Destaca-se para efeito de foco deste estudo o requisito segurança, que no caso de redes sem fio, deve ser realizada sob um aspecto diferenciado da análise das redes convencionais, conforme preconiza a ANS/ISA 99.00.01.<sup>(6)</sup>

No que diz respeito à características, Riego<sup>(2)</sup> afirma que com um conceito que privilegia a disponibilidade da informação à sua confidencialidade, a rede industrial diferencia-se da rede convencional por não dispor de prerrogativa de negar o acesso a rede, ou mesmo, suspendê-la em casos extremos, pelo contrário, a rede industrial deve estar disponível em cem por cento das vezes.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo de caso foi elaborado com o objetivo de demonstrar o desempenho de uma arquitetura de comunicação sem fio para atuadores de plantas industriais, com o objetivo de controlar um manipulador eletropneumático cartesiano de 3 eixos comandado remotamente, monitorando os sinais analógicos e digitais, sendo o foco do ensaio o tempo de resposta de ambos os sinais.

Para o monitoramento do sinal analógico montou-se uma infraestrutura para transmissão com um ponto de emissão de sinal composto de um kit contendo um PLC controlador lógico programável de 24 entradas digitais PNP, 16 saídas digitais (12 saídas a relé e 4 a transistores) da marca Telemecanique modelo TWDLCAE40DRF energizado com corrente de 220v , utilizou-se deste mesmo kit o sinal de 24v que foi derivado para 2,5v utilizando um variador de resistência em série, o sinal obtido foi injetado na entrada analógica do transmissor sem fio TX/RX marca Phoenix Contact banda de operação ISM 902 a 928Mhz, padronizado pela norma IEEE 802.15.4 usa a *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS), usa um total de 79 canais. O canal individual muda a cada 0,625 milissegundos em acordo entre o transmissor e o receptor equivalente a uma certa frequência 1600 saltos por segundo, energizado a 24v, e o comum referenciado ao 0v da mesma fonte, que em seguida realizou a transmissão sem fio do sinal analógico. Um ponteiro do osciloscópio da marca Tektronix modelo TDS 1001B foi ligado na entrada analógica referenciada a uma tensão de 2,5v para realizar a medição do sinal transmitido.

No ponto de recepção do sinal sem fio a infraestrutura de controle foi composta por uma fonte variável marca MINIPA modelo MPL 3303 ajusta no valor de 24v, que teve seu ponto comum (0v) ligado em série com uma década resistiva marca MINIPA modelo MDR 611 que foi ajustada em 125 ohms que é o valor de impedância da transmissão do receptor sem Fio TX/RX marca Phoenix Contact ISM 900 MHz.

Na saída da década foi utilizado dois sinais, o primeiro foi acoplado ao ponteiro do osciloscópio da marca Tektronix modelo TDS 1001B no qual foi referenciado como Canal 02 para visualizar a recepção do sinal analógico.

Já o segundo foi acoplado à saída analógica do comum (0v) do receptor sem Fio. A saída de tensão da fonte variável foi ligada diretamente à saída analógica do receptor sem fio, esta configuração é definida pelo manual do fabricante para percepção do sinal analógico. O receptor sem fio é alimentado por uma fonte linear de 24v, utilizou-se a mesma fonte para energizar um controlador lógico programável de 10 saídas digitais a relé, 14 entradas digitais PNP da marca Telemecanique modelo TWDLCAE40DRF responsável pela comunicação com o manipulador cartesiano de 3 eixos. Na saída digital do receptor sem fio foi injetada uma tensão linear de 24v da fonte já citada, que após receber o sinal do transmissor sem fio, fecha um contato interno dando continuidade do sinal até a entrada digital do PLC responsável pelo acionamento do manipulador cartesiano de 3 eixos, que já esta com ligação na sua entrada comum (0v) e executa o programa armazenado para o controlar o manipulador.

Para monitorar o comportamento do sinal digital, a arquitetura foi a mesma da medição analógica descrita acima, no entanto foi incrementa com uma botoeira NA na infraestrutura de Transmissão, esta foi ligada à fonte a uma tensão de 24v e a outra extremidade ligada à entrada digital do transmissor sem fio. O ponteiro do osciloscópio foi ligado na entrada digital do transmissor sem fio, referenciado como

Canal 01 já o Canal 02 fez referência à ligação da outro ponteiro do osciloscópio ligado á saída digital do módulo receptor sem fio.

As medições foram realizadas estando os pontos de Transmissão e Recepção distantes em 3 posições; na primeira ocasião trasmissor e receptor estavam próximos, na segunda ocasião, afastados a uma distância de 50m e na terceira ocasião afastados a uma distância de 100m, em todos os casos, barreiras como paredes estavam presentes.

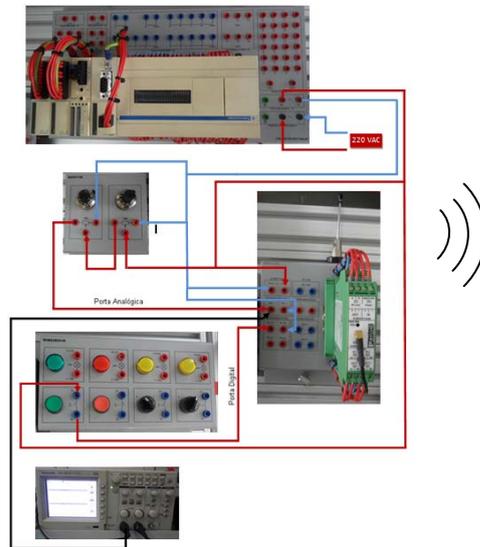


Figura 1 – Esquema lógico da infraestrutura da emissão.

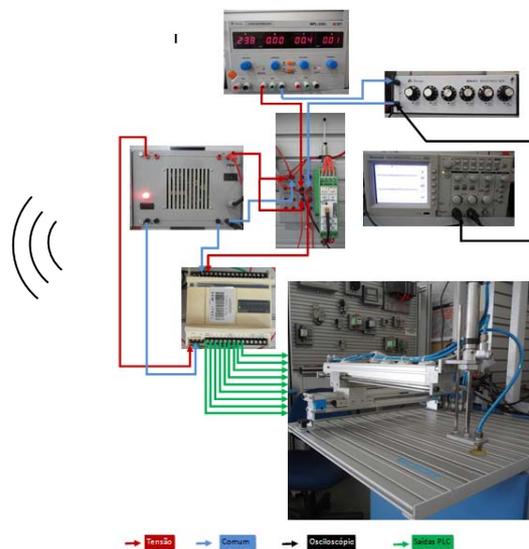
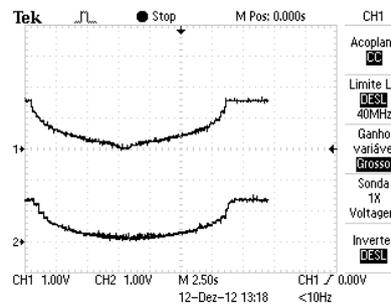


Figura 2 - Esquema lógico da infraestrutura da recepção.

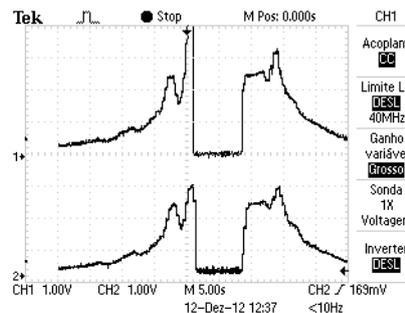
### 3 RESULTADOS

O sinal analógico monitorado é um pulso de 2,5v emitido a partir da arquitetura de Transmissão descrita no capítulo VII e é referenciado como Canal 01, sendo variado entre valor máximo (2,5v) e mínimo (0v) e depois retornando ao valor máximo em ritmo uniforme, inicialmente medidos com emissões contínuas e não intermitentes num curto espaço de tempo. Ao observar sinal de recepção demonstrado como Canal 02 percebe-se um resultado satisfatório quando a eficiência na transmissão

sem grandes perdas de sinal, como observado na Figura 3, cujo gráfico é praticamente idêntico tanto na emissão quanto na recepção. No segundo caso, o sinal analógico é variado entre valor mínimo (0v) e máximo (2,5v) e depois retornando ao valor mínimo bruscamente em picos, como demonstra a Figura 4, a proporcionalidade visível entre os canais demonstra o bom desempenho da transmissão.

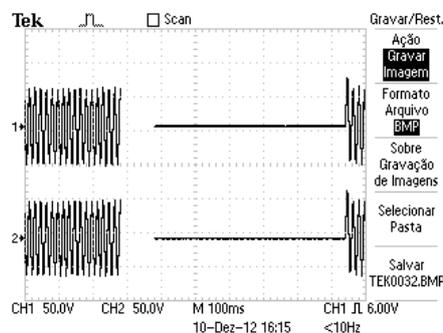


**Figura 3** – Desempenho do Sinal com variação uniforme.



**Figura 4** – Desempenho do sinal com variação brusca.

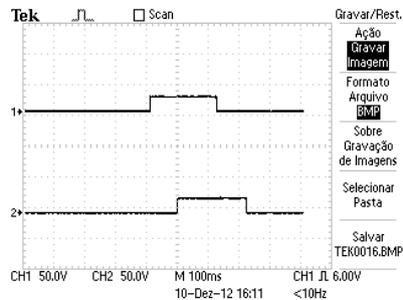
O mesmo sinal analógico quando emitido e variando entre o valor mínimo (0v) e máximo (2,5v) continuamente porém de forma intermitente em um curto espaço de tempo entre uma emissão e outra, apresenta desempenho igualmente satisfatório, como observa-se na Figura 5, não comprometendo a qualidade do sinal recebido.



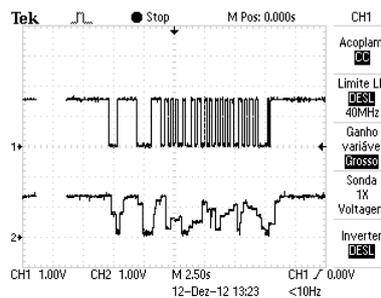
**Figura 5** – Desempenho do sinal analógico variado de forma intermitente.

O comportamento do sinal digital depois de emitido apresentou uniformidade no pulso, porém com no atraso na recepção do sinal ativo, apresentando tempo de resposta igual 80ms como se observa na Figura 6, em que aparece o sinal digital

emitido como Canal 01, que neste caso corresponde à pressão exercida pelo operador na botoeira e a recepção referenciada como Canal 02 que apresenta o estado da chegada do sinal no receptor sem fio, neste caso o acionamento ocorreu de forma uniforme sem intermitência. Quando o acionamento é intermitente, o tempo de resposta é mínimo porém apresenta distorção na qualidade do sinal recebido, como está mostrado na Figura 7.

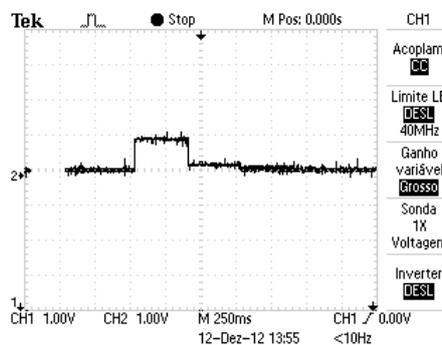


**Figura 6** – Sinal digital emitido sem intermitência.



**Figura 7**- Sinal digital emitido intermitentemente.

O desempenho na transmissão sem fio dos sinais analógicos e digitais permaneceu uniforme na arquitetura de emissão e recepção apresentada no capítulo VII mesmo quando os pontos foram afastados a uma distância de 50m e 100m com obstáculos, os resultados encontrados foram análogos aos apresentados até então, como está evidenciado na Figura 8 e na Figura 9.



**Figura 8** – Recepção dos sinais a uma distância de 50m .

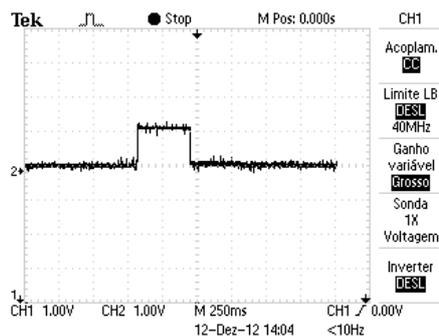


Figura 9 – Recepção dos sinais a uma distância de 100m.

## 4 DISCUSSÕES

Os resultados apresentados evidenciaram viabilidade na transmissão de sinais analógicos e digitais em arquiteturas de controle de atuadores industriais, uma vez que o estudo de caso discutido neste artigo apresenta o desempenho destes sinais em condições similares à do ambiente industrial, onde é comum a ocorrência de barreiras entre os dispositivos. Para fins de estudo, entende-se como arquitetura de controle a parte da planta industrial que é responsável por centralizar as informações dos atuadores de campo e fazer a intermediação com as camadas mais altas de um processo industrial automatizado, conforme cita Carvalho<sup>(7)</sup> o estudo aqui apresentado trouxe a luz dos ensaios descritos, a evidência da viabilidade da transmissão sem fio em nível de controle, é possível encontrar estudos feitos em malha de sensores sem fio com uma arquitetura de atuadores de campo ou até mesmo em nível de supervisão, cujos estudos de eficiência são oriundos de protocolos conhecidos e estudados largamente a exemplo do protocolo Ethernet® e TCP/IP®, entretanto é pouco comum estudos tão direcionados como o aqui apresentado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do estudo realizado pode-se observar que os recursos tecnológicos de comunicação que permitem o controle e acionamento baseado na tecnologia de rede cada vez mais adentram no ambiente industrial, com a finalidade de possibilitar um controle mais eficiente da produção industrial e a otimização dos custos com vistas ao aumento da competitividade industrial. As redes industriais já estão consolidadas nas indústrias de médio e de grande porte, porém a comunicação sem fio no ambiente industrial ainda enfrenta algumas barreiras, como a insegurança por parte dos industriários diante de uma tecnologia que tem suas aplicações industriais pouco difundidas. Estudos com dados substanciais, como os ensaiados neste artigo são importantes para contribuir no conhecimento e aplicação da tecnologia de transmissão sem fio.

## REFERÊNCIAS

- 1 W. W. Manges, ISA100.11a – Principles of Operation, Overview, Web Seminar, 11. Setembro. 2007.
- 2 H. B. Riego, "Redes sem fio na Indústria de Processos: Oportunidades e Ameaças" MSc. dissertação, Escola Politécnica, USP, 2009
- 3 S. Rackley, Wireless Networking Technology, Great Britain: Newnes, 2007, pp. 416.

- 4 R. Caro, Fieldbus: Where do we stand?. Intech Magazine, April, 2007.
- 5 J. Gutierrez, IEEE 802.15.4: A developing Standard for Low-Power Low-Cost Wireless Personal Area Network. IEEE Network. September/October, pp. 12-19, 2001.
- 6 American National Standard; International Society of Automation. ANS/ISA 99.00.01: Security for Industrial Automation and Control Systems – Part 1: Terminology, Concepts and Models, 2007.
- 7 Paulo C. de Carvalho, Mecatrônica Atual – Arquitetura de Sistemas de Automação Industrial Utilizando CLP, Editora Saber, São Paulo, 2009