

COMUNICAÇÃO WIRELESS (ISA100.11a) PARA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Leandro J. S. de Santana¹

¹Instituição/Empresa SENAI CIMATEC, E-mail: leandro.jssantana@hotmail.com

WIRELESS COMMUNICATION (ISA100.11a) FOR INDUSTRIAL AUTOMATION

Resumo: Com os avanços da tecnologia, a utilização de cabos de rede nas indústrias pode ser substituída por técnicas mais inovadoras. A tecnologia wireless (rede sem fio), por exemplo, pode substituir eficazmente os cabos de rede, pois, é capaz de unir terminais eletrônicos. Neste contexto, o padrão ISA100.11a trata-se de uma rede de comunicação sem fio que é direcionada para fornecer uma comunicação confiável e segura para a operação de controle em processos industriais. Dessa forma, este trabalho teve por objetivo analisar a utilização da tecnologia da rede de comunicação wireless ISA100.11a em uma fábrica de fertilizantes. Através dos experimentos, pode-se concluir que a comunicação implantada pode atender as necessidades da fábrica de forma flexível dentro de sua área de cobertura.

Palavras-Chaves: Indústria; ISA100.11a; Rede sem fio.

Abstract: From advances in technology, the use of network cables in industries can be replaced by more innovative techniques. The wireless technology (wireless network), for example, can effectively replace the network cables, since, it is able to connect to electronic terminals. In this context, the standard ISA100.11a it is a wireless communication network that is aimed to provide a reliable and secure communication to control operations in industrial processes. Thus, this study aimed to analyze the use of wireless communication ISA100.11a network technology in a fertilizer plant. Through the experiments, it can be concluded that the implanted communication can meet the needs of the flexible form factory within its coverage area.

Keywords: Industry; ISA100.11a; Wireless network.



1 INTRODUÇÃO

Uma fábrica de fertilizantes, assim como os processos industriais em geral, gira em torno de transformações de matérias-primas em bens de produção e de consumo com maior valor agregado. Por sua vez, estas transformações são obtidas através da aplicação do trabalho e do capital por meio de técnicas de monitoração e controle.

A comunicação entre dispositivos de campo e sistemas de controle começou com a comunicação analógica 4-20 mA, e tem evoluído através de sistemas de comunicação híbridos como HART, às tecnologias de comunicação digital, como Foundation Fieldbus e Profibus, e, finalmente, para a comunicação sem fio, como as com base no padrão ISA100.11a.

Dessa forma, a implantação de uma tecnologia wireless é uma opção viável e muito importante para um melhor funcionamento da monitoração, registro e controle das plantas industriais, pois permite a conexão entre diferentes pontos sem a necessidade do uso de cabos, seja ele coaxial ou óptico. Uma rede wireless permite ainda uma maior flexibilidade, como a redução do tempo de remanejamento de instrumentos, permite a instalação de equipamentos móveis e em lugares de difícil acesso. Ela também facilita a manutenção e a instalação dos instrumentos, já que não há necessidade de manutenção preventiva e/ou corretiva em cabos e conectores, não há preocupação quanto a loop de aterramento e/ou na blindagem eletromagnética e mecânica nos cabos, e os diagnósticos da rede e dos dispositivos podem ser obtidos de forma rápida, centralizada e remota.

Além do menor custo de instalação, com esse tipo de rede, pode-se obter uma economia nos custos totais de instalação, se comparado aos custos das redes cabeadas.

O padrão ISA100.11a foi escolhido para ser implantado na indústria de fertilizantes, pois se mostrou mais adequada para essa aplicação, onde abre novos horizontes de aplicação para a instrumentação e controle de processos, minimizando a mudança e estendendo os benefícios da automação para os usuários que anteriormente não poderiam justificar os custos associados com projetos típicos com instrumentação cabeada. Esta oportunidade e benefícios a longo prazo justificam a adição de novos usuários finais, incluindo a manutenção, segurança, meio ambiente e confiabilidade na concepção de novos projetos. Além disso, através da remoção das limitações físicas advindas da fiação, as redes sem fio possibilitam uma nova flexibilidade na execução do projeto, fornecendo soluções que possam mitigar o risco e melhorar cronogramas de projetos.

1.1 ISA100.11A

A norma ISA100.11a é um padrão multifuncional de redes de sensores e atuadores industriais. Ele permite uma operação confiável e segura de uma



infinidade de aplicações que abrange o acompanhamento de controle em malha fechada. Ela foi construída a partir do zero, sobre as condições das comunicações de dados aplicados através de diferentes protocolos dos sistemas de controle com fio ou outros sistemas existentes [1].

O padrão de tecnologia de rede ISA100.11a foi aprovado oficialmente pela Sociedade Internacional de Automação (ISA) em setembro de 2009. Este padrão refere-se a uma rede de comunicação sem fio que é direcionada para fornecer uma comunicação confiável, segura e para a operação de controle em processos industriais. O comitê ISA100 tem como foco o estabelecimento de padrões e informações relacionadas que definam procedimentos para a implementação de sistemas sem fio em ambientes de controle e automação. O ISA100.11a é o primeiro padrão da família ISA100 que tem a especificação para a automação de processos industriais, incluindo o gerenciamento e segurança da cobertura [2].

Este padrão fornece especificações de acordo com o modelo OSI de referência básica para definir as especificações dos conjuntos de protocolos, além das especificações para as funções de segurança, gerenciamento, gateway e provisionamento para uma rede sem fio que servirão às classes de aplicação de sistemas de automação industrial de 1 até 5, conforme Tabela 1. [3]. As camadas do modelo OSI implementadas pelo padrão são:

- Camada física (PhL do inglês *Physical Layer*);
- Camada de enlace de dados (DL do inglês *Data-link Layer*);
- Camada de rede (NL do inglês *Network Layer*);
- Camada de transporte (TL do inglês *Transport Layer*);
- Camada de aplicação (AL do inglês *Application Layer*).

TABELA 1. Classes de Uso do Comitê ISA100

ISA100	Segurança	Classe 0: ação de emergência (Sempre crítico)
	Controle	Classe 1: controle regulamentar em malha fechada (muitas vezes crítico)
		Classe 2: controle de supervisão em malha fechada (geralmente não crítica)
		Classe 3: controle em malha fechada (humano no circuito)
	Monitoração	Classe 4: Sinalização
Classe 5: Registro e download/upload		

Fonte: Adaptado de YAMAMOTO, EMORI e TAKAI, 2010 [4].

O ISA100.11a define as funções das camadas de protocolo, gerenciamento de sistemas e de segurança para serem utilizadas em baixo consumo de energia, ou seja, redes sem fio de baixa taxa (atualmente IEEE



802.15.4). O ISA100.11a especifica apenas ferramentas para a construção de uma interface. Logo, ele não é capaz de especificar um protocolo de camada de aplicação de automação ou uma interface para um protocolo já existente. As camadas de rede e de transporte são baseadas em 6LoWPAN, IPv6 e normas UDP [5].

Para Nixon (2012, p. 10 [5], tradução nossa):

ISA100.11a destina-se a fazer parte de uma família de padrões destinadas a apoiar uma vasta gama de aplicações sem fio para plantas industriais, incluindo automação de processos, automação industrial e RFID. [...] Os critérios de concepção ISA100.11a incluem: flexibilidade, suporte a múltiplos protocolos, uso de padrões abertos, suporte para várias aplicações, confiabilidade (detecção de erros, de salto de canal), determinismo (TDMA, suporte QoS) e segurança.

2 METODOLOGIA

O diagrama 1, a seguir, representa o delineamento da pesquisa com o propósito de explicar de forma detalhada a maneira como o estudo foi desenvolvido.

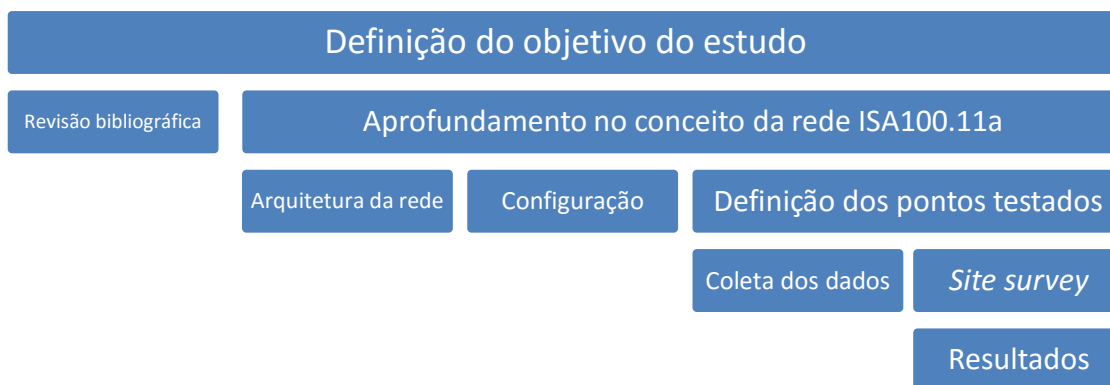
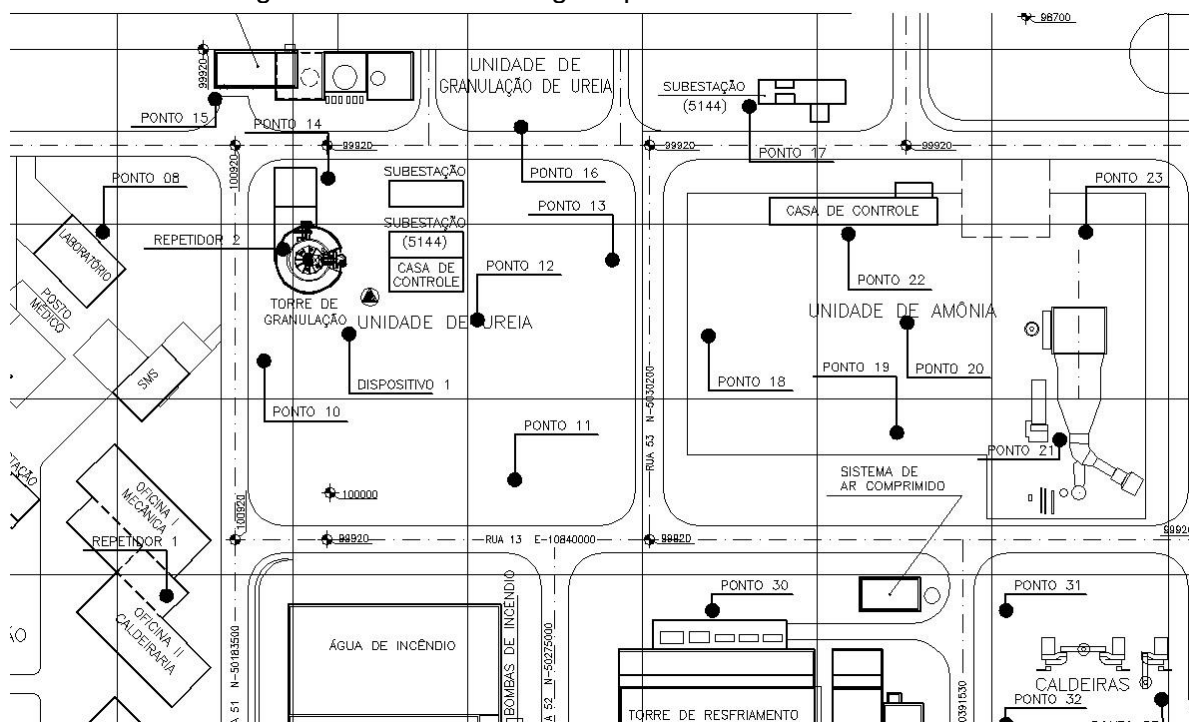


Diagrama 1. Delineamento da pesquisa.

Para a elaboração do planejamento dos pontos testados, foi necessário realizar entrevistas aos profissionais para conhecer a arquitetura da rede implantada, após isto, com o uso da documentação da planta geral da fábrica foram escolhidos 33 pontos de testes distribuídos de forma a abranger todo espaço da fábrica. Foram escolhidos, por exemplo, locais de difícil acesso para encaminhar cabos de rede de comunicação; locais próximos a equipamentos de pequeno e grande porte como compressores, bombas, vasos, tanques, permutadores, reator; em locais abertos e fechados, que no futuro poderão vim a instalar instrumentos dessa tecnologia para fazer medições das variáveis do processo da fábrica. Na figura 1 abaixo mostra um corte da planta para visualização.



FIGURA 1 - Planta geral da fábrica com alguns pontos testados



Fonte: SANTANA, Leandro. Arquivo pessoal. 2016.

A planta geral da fábrica, e as documentações que indicam as localizações onde os roteadores foram instalados, ajudaram a calcular a distância entre os pontos testados e os dispositivos de roteamento. O cálculo foi realizado utilizando a equação de Pitágoras:

$$D^2 = X^2 + Y^2 \quad (1)$$

Onde, D representa a distância real, X a distância na horizontal e Y a distância na vertical, as distâncias foram calculadas em metros (m).

O *software* do tipo CAD, AutoCAD versão 2016 criado e comercializado pela Autodesk, foi utilizado para medir o X da Equação (1). A planta geral da fábrica em escala foi carregada no *software*, em seguida, foi dado o comando 'dist' no AutoCAD, o ponto testado foi selecionado até o local do roteador que o dispositivo foi conectado. Os valores de Y foram obtidos através de documentações específicas da fábrica. De posse dos valores de X e Y, para cada ponto, foi realizado o cálculo de D por meio da Equação (1).

A fábrica disponibilizou para a realização dos testes, um dispositivo de entrada/saída (I/O) do tipo transmissor de pressão diferencial do modelo EJX110B do fabricante Yokogawa Electric Corporation. Para tanto, foi necessário a configuração desse dispositivo, para incorporá-lo à rede sem fio da fábrica.

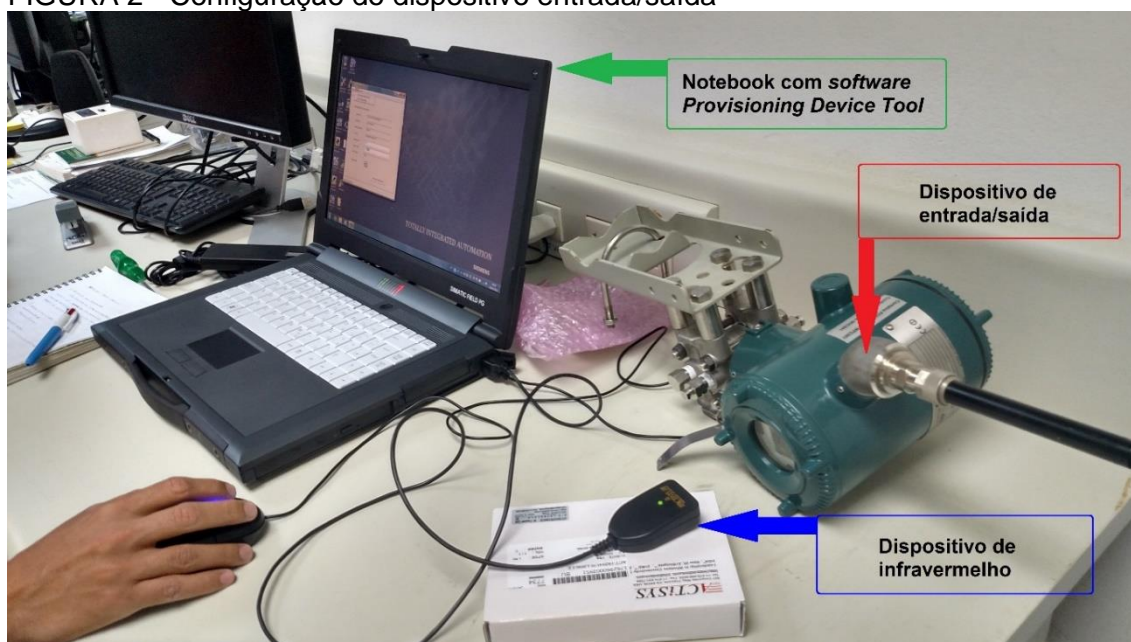
Antes da configuração, foi necessário alimentar o dispositivo I/O. Esta alimentação foi feita através de baterias portáteis, também fabricadas pela Yokogawa. Para inserimos a bateria no dispositivo, foi desenroscada a tampa inferior para o encaixe das baterias.



Após ligar o dispositivo I/O, a configuração foi realizada utilizando, além do próprio dispositivo I/O, um dispositivo de infravermelho IrDA InfraRed USB Adaptor modelo IR224UN certificada pela Yokogawa do fornecedor ACTiSYS e um notebook contendo o sistema operacional windows 7 enterprise da fabricante Microsoft Corporation e o *software* Provisioning Device Tool da fabricante Yokogawa. Essa preparação foi realizada antes de se conectar o dispositivo na rede sem fio.

O dispositivo I/O não necessitou estar conectado diretamente a um cabo físico, colocou-se apenas o dispositivo de infravermelho (apresentado com a seta azul na figura 2) a uma distância de aproximadamente 30 cm do visor do dispositivo (exibido na figura 2 com a seta vermelha). Utilizou-se o notebook (mostrado com a seta verde na figura 2) para realizar a configuração.

FIGURA 2 - Configuração do dispositivo entrada/saída



Fonte: SANTANA, Leandro. Arquivo pessoal. 2016.

Após toda montagem física, abriu-se o *software* *Provisioning Device Tool* e foi dado o comando *Get Device Information*, que carregou as informações de fábrica do dispositivo. Em seguida, informou-se o ID da rede e o tag do dispositivo que foi chamado de LT-TESTE, após o preenchimento dessas informações, foi dado o comando de *Star Provisioning*, enviando as informações para o dispositivo de entrada/saída. Por fim, o arquivo da configuração do dispositivo foi exportado para uma mídia de CD.

Este procedimento é chamado de provisionamento; através dele foram definidas as informações de provisionamento e a criação de um arquivo com essas informações.

Logo após o provisionamento, a mídia de CD gravada foi levada até o computador de configuração da rede sem fio, onde se inseriu a mídia de CD no computador. Em seguida, abriu-se o navegador de internet Windows Internet Explorer versão 9.0 e na barra de endereço escreveu-se o IP do gateway para acessar o *software* *Field wireless management console* versão R1.03.01



fabricado pela Yokogawa. Foi escolhida a opção *configurator*, em seguida, selecionou-se no campo Field Wireless Networks onde está contida a rede da fábrica, que corresponde a Network ID: 100. Com a rede selecionada, clicou-se em *Import Provisioning File* e buscou-se o arquivo exportado na mídia de CD para fazer a importação do arquivo do dispositivo I/O LT-TESTE.

Depois da importação do LT-TESTE na rede sem fio da fábrica, necessitou-se fazer com que a rede sem fio se comunicasse com o sistema SDCD. Esta comunicação foi configurada pelo engenheiro da empresa Yokogawa. Através dessa comunicação foi possível monitorar os testes de velocidade da transmissão do sinal em radiofrequência da rede.

Com o dispositivo I/O configurado e pronto para se conectar na rede sem fio da fábrica, utilizou-se a documentação da planta geral para guiar na locação dele em cada um dos seus pontos, para dar início aos testes do alcance espacial da rede (*site survey*).

O experimento foi realizado de 20 de julho a 03 de setembro de 2016, nos quais, de segunda a sexta-feira, foram testados dois pontos diferentes por dia. O teste foi realizado mantendo o dispositivo I/O por 4 horas em cada ponto, após esse período de tempo as informações obtidas foram anotadas em um portfólio e registradas através de *print screen* (captura de tela) do *software* de monitoramento da rede *Field Wireless Management Console Monitor* versão R1.03.01.

Para diferenciar qual o melhor modo para se comunicar em cada um dos pontos, foi realizada a alteração na topologia da rede, para tanto, foi alterado o modo da função dos dispositivos I/O utilizados pela fábrica para I/O + roteamento. Esta alteração foi realizada do seguinte modo, abriu-se o *software Field wireless management console* na opção *configurator*, selecionou-se a Network ID que corresponde à rede sem fio da fábrica e, com nesta opção marcada, era escolhido o dispositivo para alteração da função na opção *Edit*, se alterando o campo *Device Role* de "IO" para "IO+Router". Através disso, pode-se diferenciar qual o melhor modo no qual o dispositivo I/O pode se comunicar com a rede sem fio da fábrica.

Para a realização dos testes da velocidade de transmissão do sinal em radiofrequência em cada um dos pontos, utilizou-se o mesmo notebook e o dispositivo de infravermelho que foi utilizado na configuração do dispositivo I/O. O modo para conectar o dispositivo I/O na área operacional também foi o mesmo. O *software FieldMate Advance with Verification Tool* versão 2.06 elaborada pela Yokogawa foi utilizado para fazer as alterações dos valores em porcentagem do dispositivo I/O entrando em modo de simulação para que ele se comportasse como uma variável de processos de nível.

O procedimento para a alteração do valor foi realizado da seguinte maneira. Com o notebook e o dispositivo de infravermelho no local do teste, que foi montado da mesma maneira como na configuração do dispositivo I/O, após isto, abriu-se o *software FieldMate Advance with Verification Tool*, marcando a opção ISA100 (Infrared) na aba de *Segment Viewer*, em seguida, na barra de menus foi clicado no menu *View* e comandado o *Update*, carregando assim as informações do *DTM Works* do LT-TESTE.



Para colocar em modo de simulação selecionou-se a opção Menu (online)/Process Variable/AI1Temp e, em seguida, a opção Process Variable. O software carregou a aba Dynamic Variables, onde no campo Simulation Switch foi escolhido a opção *activated* para ativar o modo de simulação.

Com o modo de simulação ativado, os valores em porcentagem para variação das informações recebidas pelo dispositivo I/O foram selecionados de 0, 25, 50 e 100 %. A hora exata para cada alteração de valor no display do dispositivo I/O foi registrada com o auxílio de um relógio, para depois verificamos a hora que o sistema SDCD recebeu a informação da troca da variável.

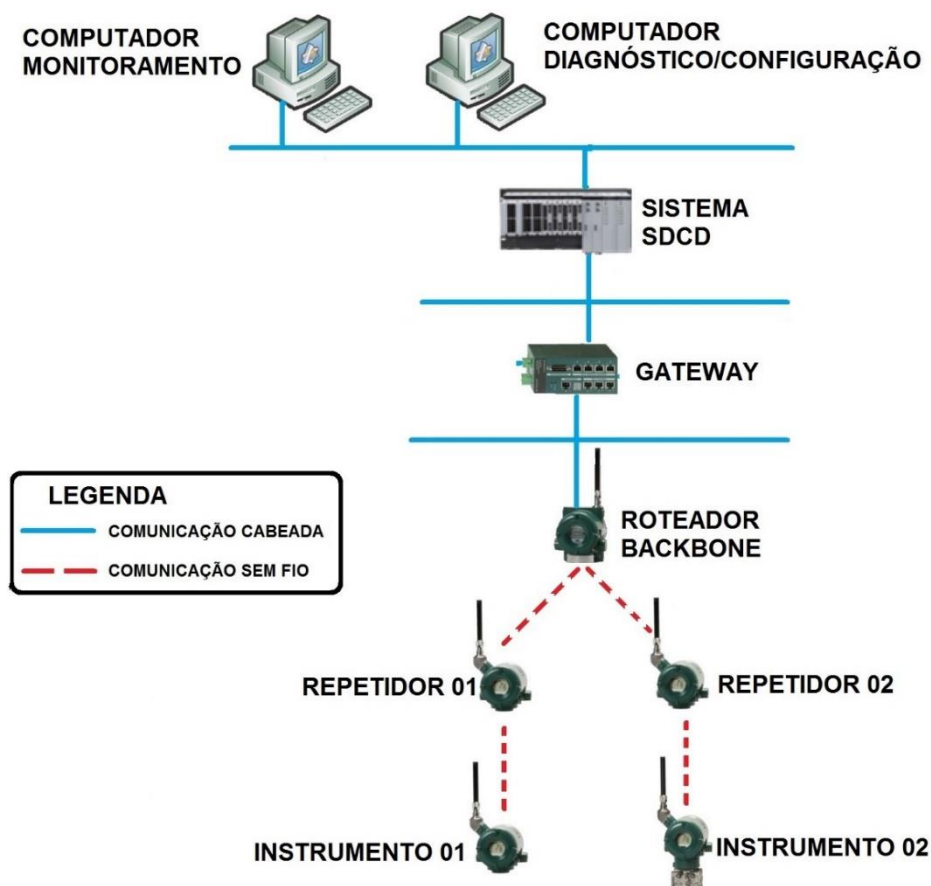
Todas as informações foram coletadas para análises posteriores, a fim de gerar os resultados dos testes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ARQUITETURA DA REDE SEM FIO DA FÁBRICA

A partir das informações obtidas através nas entrevistas foi possível detalhar, na figura 3, o modo da comunicação dos dispositivos de I/O até o gerenciador do sistema e a comunicação com o SDCD.

FIGURA 3 – Dispositivos da rede de comunicação da fábrica



Fonte: SANTANA, Leandro. Arquivo pessoal. 2016.



Notou-se que esta rede foi implantada somente visando atender os dois instrumentos medidores de vazão. Veremos a seguir se esta rede abrange todo o espaço da fábrica.

3.2 CÁLCULO DAS DISTÂNCIAS DO DISPOSITIVO

Foram realizados os cálculos das distâncias entre os pontos testados e os dispositivos de roteamento. Na tabela abaixo estão descritas as distâncias calculadas.

Foi possível observar que não basta afirmar qual a distância limite para a conexão, visto que, houveram pontos com distâncias abaixo de 80 m que o dispositivo não se conectou. A falta de conexão nestes pontos ocorreu, provavelmente, devido a presença de obstáculos físicos.

TABELA 1 – Distâncias entre o ponto de teste até os dispositivos de roteamento

Pontos	Repetidor 1	Repetidor 2	Backbone	Instrumento 1	Instrumento 2
1	320,8	389,5*	421,8	59,7	334,9*
2	304,4	379,0*	415,0	25,3	322,9*
3	264,2	334,1*	369,4*	22,0	280,6*
4	295,7	355,7*	386,1*	66,5	315,6*
5	266,4*	340,4*	371,9*	54,0	296,7*
6	231,2	289,4*	321,4*	79,2	247,3*
7	187,3	208,1*	231,3*	184,8	196,7*
8	94,1	105,4	144,2	248,3*	76,0*
9	277,5	165,1	119,4	479,6*	256,2*
10	86,2*	73,4	119,1	295,3*	25,6
11	123,6*	104,9	142,8	356,0*	63,3*
12	99,5*	119,0	163,4	310,8*	36,8
13	123,6*	160,0	202,7*	318,3*	78,0
14	83,6*	127,8*	173,9	254,4*	44,5
15	92,9*	142,9	185,4*	220,9*	77,1
16	110,8*	168,9*	214,0	272,3*	77,7
17	160,9*	217,6*	261,4*	313,8*	131,6*
18	147,7*	171,9	211,6	352,1*	102,8*
19	199,7*	213,8*	247,3*	408,7*	159,1*
20	196,6*	225,6*	262,7*	388,1*	159,4*
21	242,1*	259,1*	290,8*	442,8*	205,4*
22	180,4*	220,6*	260,9*	358,6*	145,5*
23	243,1*	282,6*	320,0*	410,7*	212,6*
24	300,7*	317,2*	346,3*	496,0*	266,7*
25	337,7*	347,5*	373,2*	538,6*	303,6*
26	344,6*	394,1*	431,5*	475,7*	321,2*
27a	177,1	113,5	128,4*	426,1*	128,5*
27b	177,5	113,9	128,8*	426,5*	128,9
28	216,8*	146,2*	149,8*	469,4*	171,0*
29	237,5*	148,8*	213,2*	482,8*	193,4*
30	179,0*	156,0	182,6	416,5*	130,4*
31	244,3*	239,8*	265,2*	467,1*	202,4*
32	259,6*	242,5*	262,8*	491,9*	218,1*



33	292,9*	285,7*	307,3*	515,7*	254,5*
----	--------	--------	--------	--------	--------

Nota: O símbolo (*) na tabela representam os pontos que não obtiveram conexão com o roteador especificado.

Fonte: SANTANA, Leandro. Arquivo pessoal. 2016.

3.3 ALCANCE ESPACIAL DA REDE (SITE SURVEY)

3.3.1 Topologia 1

Com o auxílio da planta geral, contendo os pontos definidos para realização dos testes, foi definido o tipo de topologia, chamando-a de topologia 1. A topologia 1 foi aplicada em 33 pontos da fábrica utilizando os instrumentos de roteamento backbone, repetidor 1 e repetidor 2, no entanto apenas os resultados dos pontos que se conectaram na rede, estão descritos na tabela 2. Para esta topologia os dispositivos puderam se conectar tanto como roteador primário quanto como roteador secundário.

A escolha de qual roteador, primário ou secundário, o dispositivo usaria para se conectar à rede se deu de forma automática, assim, a rede considerou como conexão primária o que apresentou o maior valor de RSSI.

TABELA 2 – Informações da comunicação da topologia 1

Ponto	Conexão primária			Conexão secundária			Tempo bateria dias
	Roteador primário	RSSI ^a dBm	PER ^b %	Roteador secundário	RSSI ^a dBm	PER ^b %	
1	Repetidor 1	-77	36	Backbone	-22	100	1619
2	Backbone	-75	100	Repetidor 1	-79	45	1643
3	Repetidor 1	-80	61	*	*	*	1635
6	Repetidor 1	-77	40	*	*	*	1011
7	Repetidor 1	-79	32	*	*	*	1650
8	Backbone	-84	100	Repetidor 1	-78	48	1629
9	Repetidor 1	-74	21	Backbone	-78	41	1623
10	Repetidor 2	-76	15	Backbone	-83	100	1664
11	Repetidor 2	-76	11	Backbone	-80	14	1642
27	Repetidor 2	-82	82	Repetidor 1	-82	83	1641
30	Repetidor 2	-79	32	Backbone	-84	99	1620

Notas: ^aIndicação de intensidade do sinal recebido. ^bTaxa da perda de pacote.

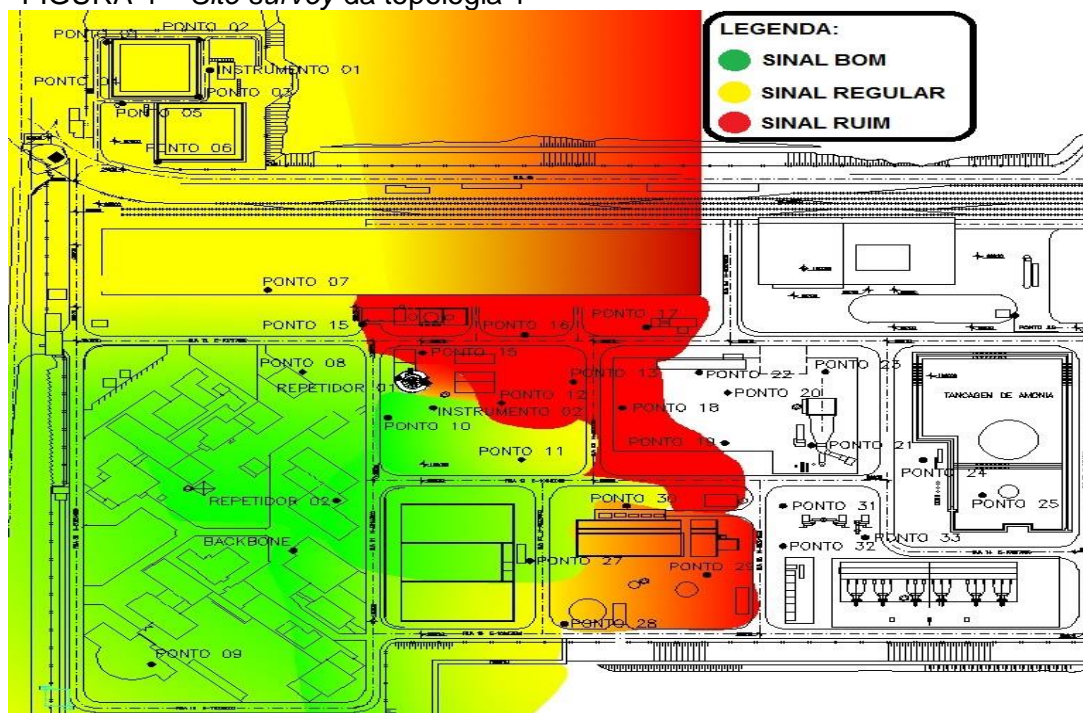
O símbolo (*) significa que não houve conexão.

Fonte: SANTANA, Leandro. Arquivo pessoal. 2016.

Através das informações da tabela 2, foi possível elaborar o mapa do levantamento do *site survey* da topologia 1, demonstrado na figura 4.



FIGURA 4 – Site survey da topologia 1



Fonte: SANTANA, Leandro. Arquivo pessoal. 2016.

3.3.2 Topologia 2

Ao alterar a configuração para trabalharem como dispositivo de roteamento e de entrada e saída, os instrumentos 1 e 2 foram utilizados para realização de novos testes nos 33 pontos, através disso, a topologia da rede foi alterada, e foi chamada de topologia 2.

Os resultados obtidos através desses testes estão apresentados na tabela 8. Assim, pode-se observar que 15 pontos se conectaram utilizando esta nova topologia, onde o instrumento 1 foi utilizado apenas como roteador primário, o repetidor 1 e o *backbone* como roteador secundário, enquanto os outros dispositivos de roteamento atuaram tanto como roteador primário quanto como roteador secundário.

TABELA 3 – Informações da comunicação da topologia 2

Ponto	Conexão primária			Conexão secundária			Tempo bateria dias
	Roteador primário	RSSI ^a dBm	PER ^b %	Roteador secundário	RSSI ^a dBm	PER ^b %	
1	Instrumento 1	-73	4	Repetidor 1	-76	31	1552
2	Instrumento 1	-68	0	Repetidor 1	-79	49	1631
3	Instrumento 1	-60	0	Repetidor 1	-79	51	1643
4	Instrumento 1	-69	0	Repetidor 1	-82	71	1652
5	Instrumento 1	-61	0	*	*	*	1597
6	Instrumento 1	-75	0	Repetidor 1	-76	25	1692



7	Instrumento 1	-83	61	Repetidor 1	-78	33	1654
10	Repetidor 2	-76	6	Instrumento 2	-67	2	1494
12	Repetidor 2	-82	73	Backbone	-84	81	1540
13	Repetidor 2	-82	83	Instrumento 2	-82	81	1521
14	Instrumento 2	-82	46	Backbone	-86	100	1501
15	Instrumento 2	-84	57	Repetidor 2	-87	98	1625
16	Instrumento 2	-81	51	Backbone	-82	91	1631
18	Repetidor 2	-82	81	Backbone	-85	100	1632
27a	Repetidor 2	-82	86	Repetidor 1	-82	86	1625
27b	Repetidor 2	-75	12	Instrumento 2	-83	15	1619

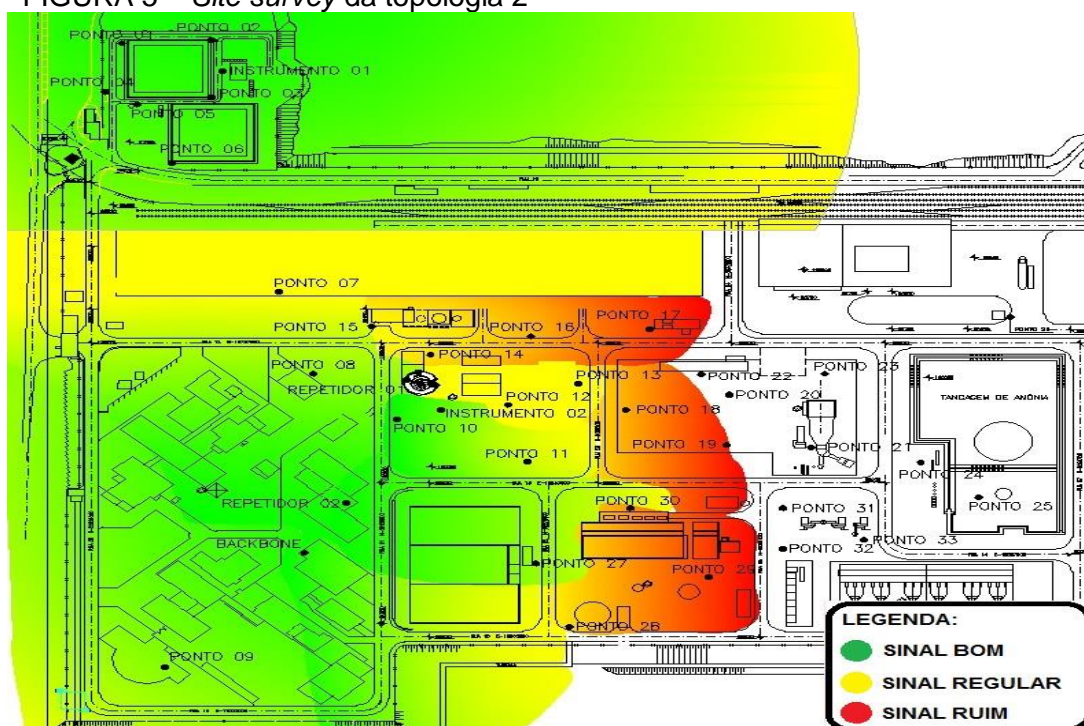
Nota: ^aIndicação de intensidade do sinal recebido. ^bTaxa da perda de pacote.

O símbolo (*) significa que não houve conexão.

Fonte: SANTANA, Leandro. Arquivo pessoal. 2016.

Com os dados da tabela 3, foi elaborado o mapa do *site survey* da topologia 2, apresentado na figura 5.

FIGURA 5 – Site survey da topologia 2



Fonte: SANTANA, Leandro. Arquivo pessoal. 2016.

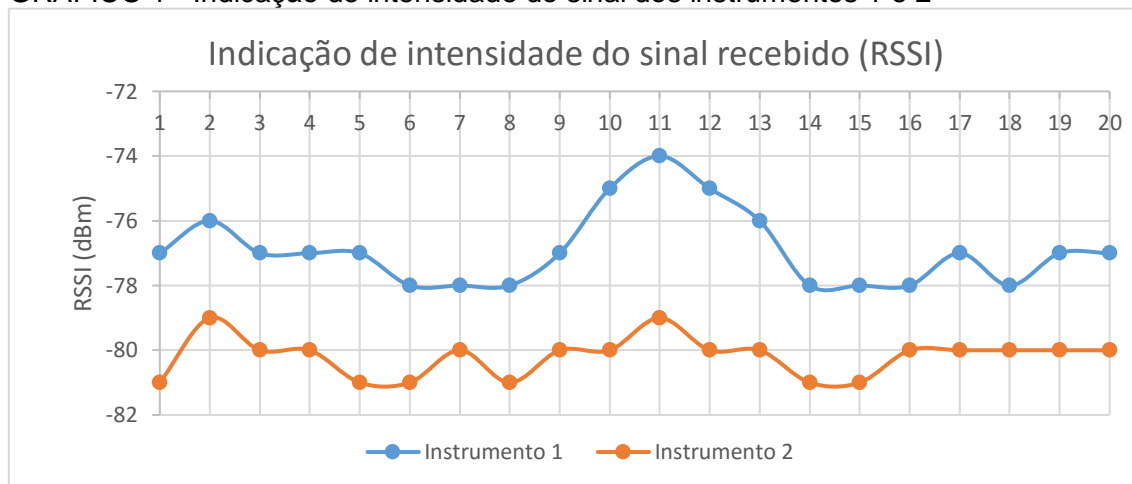
Além da análise do comportamento da rede, também verificou-se o seu comportamento na oscilação do sinal recebido através dos instrumentos fixos 1 e 2. Foram colhidos 20 amostras do RSSI e do PER, que são mostrados nos gráficos 1 e 2 abaixo.

Na linha azul no gráfico 1, nota-se os valores de RSSI do instrumento 1 que é recebido pelo repetidor 1 localizado a uma distância de 270,2 m, em uma



área sem obstáculos. Através dessas amostras notou-se que houve uma variação no RSSI de -5 dBm ao longo deste experimento, mantendo-se na maioria das vezes na faixa de -78 dBm, que segundo as recomendações da Yokogawa está de acordo com um sinal de RSSI satisfatório.

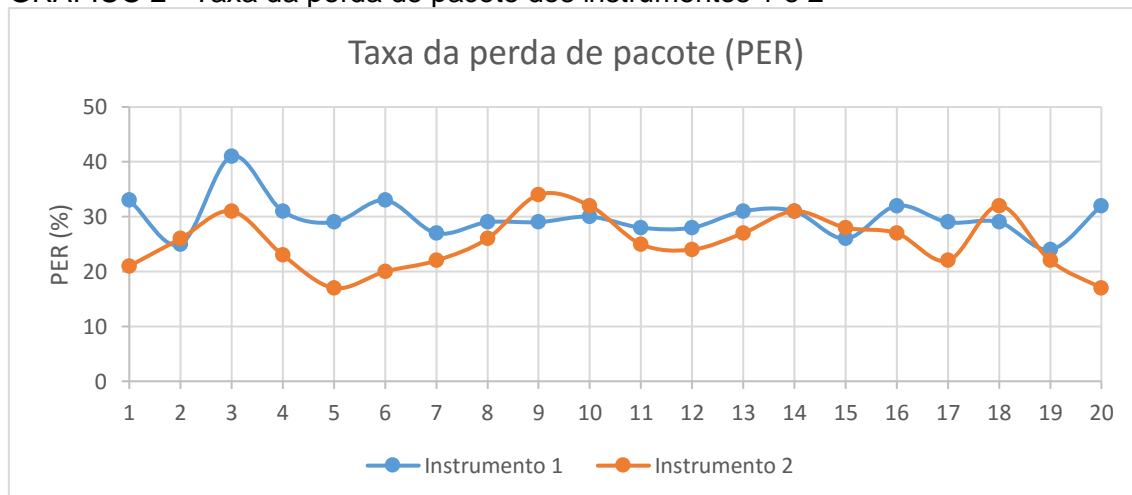
GRÁFICO 1 - Indicação de intensidade do sinal dos instrumentos 1 e 2



Fonte: SANTANA, Leandro. Arquivo pessoal. 2016.

Já o instrumento 2, representado no gráfico 1 pela linha laranja, é conectado através do repetidor 2 a uma distância 92,4 m, com vários obstáculos no caminho da comunicação. Diante do gráfico 1, pode-se observar que a variação do RSSI foi de -3 dBm, ficando na maioria das vezes na faixa de -80 dBm. Apesar de as recomendações da Yokogawa afirmar que a rede deve trabalhar com um RSSI maior que -80 dBm, notou-se que o sinal recebido pelo instrumento 2 ultrapassa o valor recomendado diversas vezes, concluindo assim, que essa comunicação está sendo realizada com uma qualidade mediana.

GRÁFICO 2 - Taxa da perda de pacote dos instrumentos 1 e 2



Fonte: SANTANA, Leandro. Arquivo pessoal. 2016.



No gráfico 2, notou-se que os dois instrumentos estavam trabalhando com a taxa da perda de pacote acima do valor recomendado, pois é recomendado que os instrumentos trabalhem com um valor de PER abaixo de 15%. A causa para os instrumentos estarem acima dos valores recomendados podem ser explicadas pela distância do instrumento 1 e pelos obstáculos encontrados pelo instrumento 2.

3.3.3 Ponto não conectado

Alguns pontos não se conectaram devido a outros fatores, tais como, a presença de obstáculos físicos das instalações da fábrica. Um exemplo pode ser observado na figura 6, pela presença de um tanque de armazenamento de compostos químicos localizado próximo ao ponto 5, onde o dispositivo I/O foi testado. Neste ponto, o dispositivo de roteamento mais próximo para que ele recebesse o sinal estava a uma distância de 289,3 m. No entanto, foi observado que a distância não foi a causa da falta de conectividade, pois, os pontos de 1 a 4 apresentaram distâncias superiores ao do ponto 5 e se conectaram normalmente. Assim, pode-se admitir que a causa foi decorrente da presença do tanque de armazenamento.

O ponto 5 foi escolhido visando a substituição do antigo medidor de nível do tanque, que não se comunica com o SDCD. No entanto, se a fábrica necessitar instalar um instrumento de comunicação sem fio neste ponto terá dificuldades para comunicação com a atual topologia implantada.

FIGURA 6 - Ponto de teste não conectado



Fonte: SANTANA, Leandro. Arquivo pessoal. 2016.



4 CONCLUSÃO

O presente trabalho, abordou a análise do protocolo de comunicação sem fio ISA100.11a utilizado para automação de uma fábrica de fertilizantes. A partir desse estudo pode-se destacar que, ao implantar este tipo de comunicação em pontos específicos da fábrica, foi possível verificar o recebimento do sinal de radiofrequência pelos dispositivos que permitem as medições das variáveis do processo para a fabricação de fertilizantes. Desse modo, a comunicação implantada pode atender as necessidades da fábrica de forma flexível dentro de sua área de cobertura. Além disso, a rede sem fio possui robustez, ela pode permanecer intacta diante de uma mudança em sua estrutura, como a retirada súbita de um dispositivo, e pode ser instalada rapidamente, evitando a passagem de cabos através de paredes, canaletas e forros.

Notou-se ainda que, a topologia da rede pode ser alterada de diversas maneiras, de forma rápida e prática, possibilitando atender a aplicações específicas de medições das variáveis do processo de fabricação de fertilizantes.

Dentre as topologias testadas neste estudo foi possível concluir que a topologia 2 apresentou um melhor sinal quando comparado com a topologia 1. A melhoria desse sinal se deu através dos próprios instrumentos de medições que compõem a rede, pois com a topologia 2 esses instrumentos também puderam ser utilizados como repetidores de sinal.

Contudo, apesar dos equipamentos de implantação de uma rede cabeada serem mais baratos, a rede sem fio se destaca na redução do custo agregado, pois ajudam a amenizar o tempo necessário para recuperar os recursos inicialmente empregados e demandam menores custos de instalação de infraestrutura, dentre outros fatores.

5. REFERÊNCIAS

¹ ZHANG, X.; WEI, M.; WANG, P.; KIM, Y. Research and Implementation of Security Mechanism in ISA100.11a Networks. In: The Ninth International Conference on Electronic Measurement & Instruments. **Anais**. 2009.

² WANG, G. **Comparison and Evaluation of Industrial Wireless Sensor Network Standards ISA100.11a and WirelessHART**. Master of Science Thesis, Communication Engineering. Chalmers University of Technology, 2011.

³ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). INTERNATIONAL STANDARD: Industrial networks – Wireless communication network and communication profiles – ISA 100.11a, **IEC 62734**. Genebra, Suíça, 2014. Edition 1.0.

⁴ YAMAMOTO, S; EMORI, T.; TAKAI, K. Field Wireless Solution Based on ISA100.11a to Innovate Instrumentation. **Yokogawa Technical Report English Edition**, v.53, n.2, 2010.



⁵ NIXON, M. A Comparison of WirelessHART™ and ISA100.11a. Round Rock, TX, USA, 2012. Revision 1.0, **Preliminary A**.

⁶ BORBA, D.L.S. **Análise de redes sem fio industriais WirelessHART e ISA100.11a**. Trabalho de curso de formação. Universidade Petrobras, 2013.