

PABLO SANTOS LOPES

Qualidade da rede de comunicação Profibus dos acionamentos da recepção de cana em uma usina sucroalcooleira

Trabalho apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 402 – Projeto de Engenharia II – e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 05 de dezembro de 2023.

COMISSÃO EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

KETIA SOARES MOREIRA

Data: 12/12/2023 08:35:42-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dra. Ketia Moreira Soares - Orientadora
Universidade Federal de Viçosa



Documento assinado digitalmente

ANDRE GOMES TORRES

Data: 12/12/2023 09:02:14-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. André Gomes Tôrres - Membro
Universidade Federal de Viçosa



Documento assinado digitalmente

HEITOR SAMPAIO GUIMARAES

Data: 12/12/2023 14:54:31-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Heitor Sampaio Guimarães - Membro
Universidade Federal de Viçosa

Qualidade da rede de comunicação Profibus dos acionamentos da recepção de cana em uma usina sucroalcooleira

Pablo S. Lopes, Prof^a. Dra. Ketia S. Moreira
pablo.s.lopes@ufv.br, ketia@ufv.br
Universidade Federal de Viçosa

13 de dezembro de 2023

Resumo

A automação industrial revolucionou a indústria mundial e garantir a confiabilidade da rede de comunicação é essencial para os processos de produção de açúcar e etanol, neste artigo será abordado os principais conceitos da rede Profibus e como a análise gráfica pode auxiliar na identificação de falhas. Estes conceitos serão aplicados no sistema de acionamentos da recepção de cana em uma indústria sucroalcooleira.

1 Introdução

O Brasil conta com o maior setor sucroalcooleiro do mundo, a produção de açúcar e etanol se concentra na região sudeste, mais especificamente no estado de São Paulo [1]. Sendo este um setor centenário no país. Ao longo do tempo fábricas de açúcar se modernizaram, contando atualmente com sistemas complexos de automação.

A safra da cana perdura por aproximadamente nove meses sendo iniciada em março e finalizada entre os meses de novembro e dezembro, devido a limitação de tempo, garantir a confiabilidade do sistema é um papel crucial para a produção. Dentro da automação industrial um dos principais sistemas é o de comunicação, responsável por interligar os diversos dispositivos conectados à rede. No mercado há diferentes protocolos de comunicação, um dos principais e mais aplicados em sistemas de automação industrial é o protocolo Profibus, este protocolo utiliza a arquitetura de rede Fieldbus estabelecida em 1980 na IEC (*International Electrotechnical Commission*) no comitê técnico TC65C [2].

Esta rede possui grande aplicação na área industrial, auxiliando no controle e automação da planta, porém, a rede Profibus é sensível a alguns fatores, neste estudo iremos apresentar os principais conceitos ligados a rede Profibus e como a análise via *software* pode auxiliar na identificação de falhas na rede [2]. Estes conceitos foram aplicados em um centro de controle de motores em uma usina de produção de açúcar e etanol que ocorreram relatos de falhas no sistema de recepção de cana, que prejudicaram sua produção.

O objetivo principal deste trabalho é realizar a análise da qualidade da rede Profibus do sistema de acionamentos da recepção de cana de uma indústria sucroalcooleira. Os objetivos secundários são evidenciar

as causas das falhas e criar uma base sucinta em como realizar a análise dos gráficos obtidos por meio do *software*, auxiliando na identificação de desvios antes que eles impactem na produção.

2 Referencial Teórico

Nesta seção os conceitos teóricos utilizados no decorrer do trabalho serão apresentados, sendo eles a rede de comunicação Profibus, sua arquitetura, modelos gráficos que se apresentam a partir de desvios na rede e a importância do aterramento para o sistema.

2.1 Profibus

A rede Profibus é um protocolo de comunicação que faz parte das redes Fieldbus, esta é uma rede aberta que permite a integração de equipamentos de diferentes fabricantes. A rede Profibus DP (*Decentralised Periphery*) é um dos protocolos mais utilizados, garantindo uma alta velocidade de comunicação a um baixo custo. Este protocolo é utilizado em substituição a transmissão de sinal 4 a 20 mA, HART ou 24 V [3].

A diferenciação entre os dispositivos na rede Profibus se dá por meio de um sistema de escravos e mestres, o mestre determina a comunicação de dados no barramento e são chamados de estações ativas. Os dispositivos escravos são equipamentos como válvulas, módulos de entrada/saída, posicionadores, etc. Nestes equipamentos a transmissão de dados ocorre diretamente com dispositivo mestre, dessa forma enviam e reconhecem uma informação do mestre [3].

Apenas duas camadas são implementadas na rede Profibus, estas são baseadas no modelo ISO/OSI, são

elas a camada de enlace e camada física. É possível acessar a camada de enlace por meio do *Direct Data Link Mapper* (DDLMM), através dele é possível obter informações de parametrização, diagnóstico, configuração, entre outros dados da rede. As camadas são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1: Camadas Protocolo Profibus [3].

ISO/OSI	PROFIBUS DP
	Camada Usuário DDLMM <i>Direct Data Link Mapper</i>
Camadas 3 a 7	Não Implementadas
Camada 2 (Enlace)	FDL - <i>Fieldbus Data Link</i>
Camada 1 (Física)	RS-485 ou EIA-485 Fibra Ótica

2.2 Arquitetura Fieldbus

O Fieldbus é a base para padronização do sistema de rede, nele é expresso todos os requisitos necessários para garantir a comunicação entre dispositivos de diferentes fabricantes, estes requisitos são estabelecidos na ISO 7498. Considerado um modelo OSI (*Open System Interconnection*), pode-se dividir a rede em sete camadas, sendo elas: camada de aplicação, camada de apresentação, camada de sessão, camada de transporte, camada de rede, camada de dados e camada física [4]. Grande parte dos erros de comunicação se concentram na camada física e na camada de dados.

2.3 Camada física e de dados

A camada física e a de dados são responsáveis pela transferência de dados por meio de pulsos elétricos. A camada física lida com o meio físico da transferência de dados, os dados são transmitidos por meio de dois canais A e B, representados pelos níveis de tensão V_a e V_b que possuem polaridades opostas, na figura 1 é exemplificado a transmissão deste sinal. O sinal diferencial é obtido a partir destes dois canais e formam os *frames* de bit, um exemplo do sinal pode ser observado na figura 2 [3].

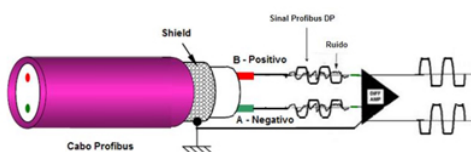


Figura 1: Canal A e B [5].

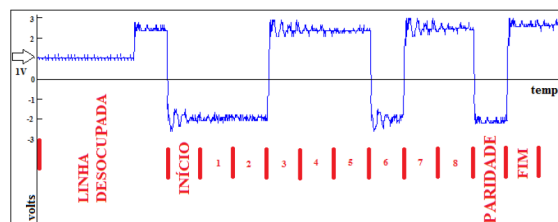


Figura 2: Frame de transmissão [3].

No protocolo Fieldbus a transferência de bits é regida pela união dos protocolos NRZ (*Non Return to Zero*) e UARTs (*Universal Asynchronous Receiver / Transmitter*). Os níveis de tensão são estabelecidos em 3 V, para representar o bit 1 e em -3 V, para representar o bit 0, a tensão 1 V é utilizada para a linha em repouso ou desocupada [4]. Desta forma, o protocolo UARTs define o conjunto de regras para a troca de dados entre dois dispositivos. O padrão RS-485 é utilizado para a transferência de dados por meio de pulsos elétricos, nele o conjunto de bits é formado por 8 bits contendo a informação desejada e um bit de paridade, este bit é capaz de suprir uma eventual falha na sequência binária [6].

Um bit característico do protocolo Fieldbus pode ser observado na figura 3, onde uma distorção é constatada no início do bit, esta distorção decorre da reflexão da onda transmitida através dos cabos. Para minimizar erros na detecção do bit, a leitura do bit é realizada no meio da onda, fora da zona de distorção. Assim, determinando o instante da amostragem, reduz as interferência causada pelo canal [4].

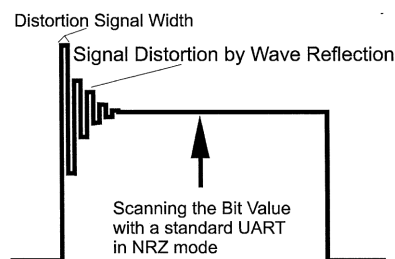


Figura 3: NRZ UARTS Bit [4].

2.4 Gráficos característicos

A análise gráfica pode ser utilizada na identificação de desvios na rede Profibus. A transmissão de dados é sensível a alguns fatores, tendo sua onda característica alterada de acordo com a anomalia. Alguns exemplos são a presença de ruídos decorrentes de interferências eletromagnéticas (EMI), falta de aterramento, má qualidade da energia, longas distâncias de cabeamento e o excesso de terminações na rede. Cada um desses problemas se apresenta de maneira característica no modelo da onda padrão [5].

A distância de cabeamento varia de acordo com a velocidade de transmissão de dados e é apresentada na tabela 2 [7]. Cabeamentos que excedem este limite, distorcem a onda em decorrência da variação da impedância dos cabos. O gráfico característico deste fenômeno é apresentado na figura 4 [8].

Tabela 2: Distâncias recomendadas por velocidade de transmissão [7].

Taxa de Transmissão (Kbits/s)	Distância (m)
9,6	1200
19,2	1200
45,45	1200
93,75	1200
187,5	1000
500	499
1500	200
3000	100
6000	100
12000	100

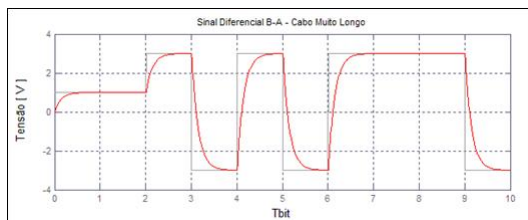


Figura 4: Sinal com distorção por longa distância [8].

Um fenômeno presente no ambiente industrial é a interferência eletromagnética (EMI), que, normalmente, decorre do acionamento de grandes motores. Neste caso, um dos principais pontos de atenção é a proximidade das linhas de potência com as linhas de comunicação da rede. Quanto mais próximo, maior será a geração de ruídos na rede. Este fenômeno tem uma melhor visualização na figura 5, onde pode-se notar o campo magnético formado pelas linhas de potência [5].

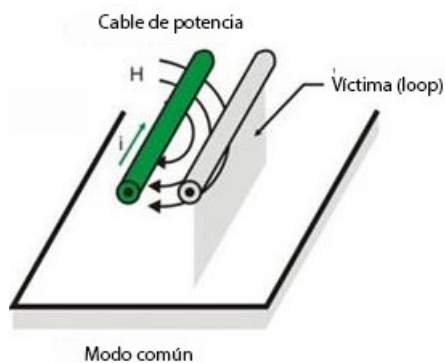


Figura 5: EMI Modificada de [5].

Os ruídos, originados pela presença de EMI no sistema apresentam diferentes formas, tamanhos e tempos

de duração. No gráfico da figura 6 é apresentado uma onda sob a presença EMI, nela pode-se observar a distorção ocasionada pelos ruídos. Na esquerda da figura visualiza-se a ausência do sinal de dados, entretanto a interferência por EMI está presente. Já, na direita, o sinal de dados é transmitido sob influência da EMI [9].

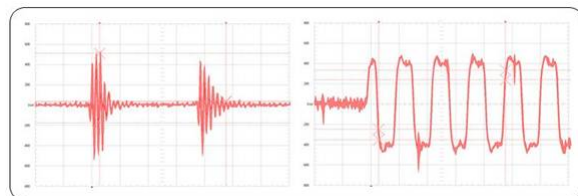


Figura 6: Sinal com ruído em grande escala [5].

A reflexão do sinal ocorre quando o sinal é transmitido ao longo de um meio, como o cobre, este efeito é característico no sinal da rede Profibus como exibido na figura 3, porém algumas deformações neste sinal podem indicar certos desvios nas instalações da rede [10].

No *Profibus Design Guideline* [7] é estabelecido diversos critérios para a correta instalação da rede, estes devem ser seguidos para garantir a sua confiabilidade. Um dos pontos que se destaca, é a importância de garantir a integridade do cabo evitando que em toda sua extensão ele não sofra flexão, alongamento, torções, esmagamentos e que sua curvatura mínima seja respeitada. Estas avarias alteram a seção transversal do cabo, modificando o eixo comum dos condutores e sua blindagem, acarretando na mudança da impedância no ponto de estresse do cabo. Dentre os problemas apresentados, um dos mais frequentes é a torção do cabo em seu ponto de curvatura, a figura 7 nos apresenta o raio mínimo recomendado para a instalação, já a figura 8 nos mostra o sinal deformado pelo descumprimento da curvatura mínima [10].

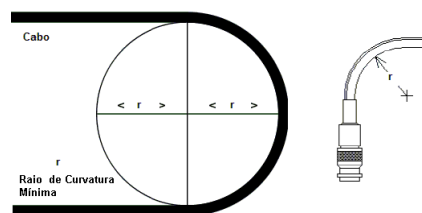


Figura 7: Curvatura mínima [10].

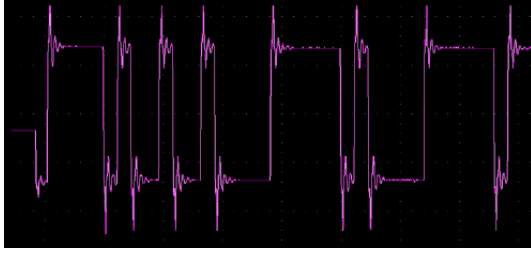


Figura 8: Sinal Profibus com violação da curvatura mínima [10].

A rede Profibus requer a utilização de terminadores, o terminador é uma impedância acrescentada na rede Profibus com a função de normalizar a impedância da rede. Desta forma, o terminador é capaz de mitigar a reflexão da onda, ocasionadas por grandes comprimentos. O terminador por sua vez é alocado ao final da linha, garantindo que o sinal não seja refletido. Na figura 9 está destacado em vermelho as terminações da linha Profibus, note que, as impedâncias detêm o mesmo valor, já a figura 10 nos apresenta a distorção característica ocasionada pela falta de terminação na rede [11].

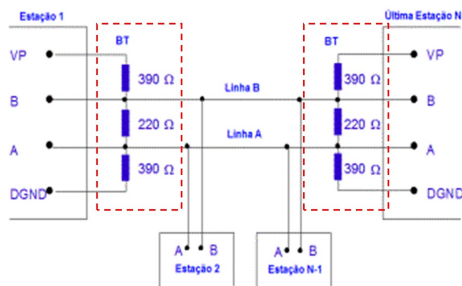


Figura 9: Terminador rede Profibus DP modificado de [11].

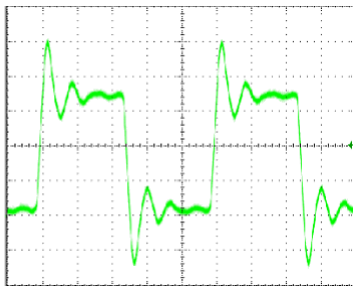


Figura 10: Sinal distorcido por falta de terminação modificado de [10]

2.5 Aterramento

Uma planta industrial possui dois principais sistemas de aterramento, sendo um deles o de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) voltado para a proteção de instalações e pessoas. Já o segundo é voltado para a proteção individual de equipamentos, garantido a integridade contra distúrbios internos, neste sistema a equipotencialização do aterramento tem como propósito a redução:

- Do efeito da falha de isolamento que possa afetar o funcionamento de uma máquina.
- Dos efeitos de perturbações elétricas em equipamentos sensíveis que possa afetar o funcionamento de uma máquina [12].

Uma descrição detalhada sobre aterramento pode ser encontrada no *Functional Bonding and Shielding of PROFIBUS and PROFINET* [12]. Uma das formas de se aterrar está exemplificada na figura 11, onde todos os equipamentos são aterrados no mesmo ponto, formando o sistema estrela. O documento também trás um exemplo da instalação de um inversor de frequência em um painel, onde a linha de potência é alocada distante da linha de comunicação, pode-se observar na figura 12.

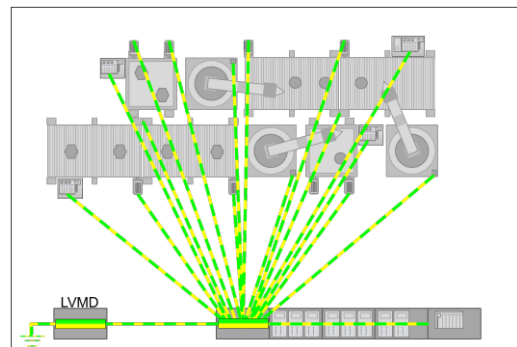


Figura 11: Aterramento estrela [12].

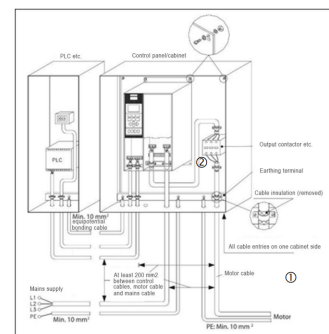


Figura 12: Instalação inversor de frequência [12].

3 Metologia e métodos

Nesta seção será apresentado a descrição da rede Profibus responsável pelos acionamentos do sistema de recepção da cana picada em uma indústria sucroalcooleira, o software Profitrace será utilizado para a obtenção de dados e gráficos; os dados serão analisados, com o intuito de identificar desvios na rede. Os equipamentos do centro de controle de motores (CCM) cana picada possuem um histórico de desarmes que comutam em reduções de moagem ou paradas menores que 20 minutos, estes desarmes possuem diferentes causas,

sendo elas a sobrecarga, mau funcionamento do equipamento e problemas na rede Profibus DP. A tabela 3 é formada por reportes realizados em um grupo de gestão da usina sucroalcooleira, referente ao centro de controle de motores (CCM) dos acionamento da recepção de cana picada, ressalta-se que, a tabela auxilia a entender a existência do desvio porém não pode ser considerada como fator determinante de causa e efeito.

Tabela 3: Tabela reporte desarmes CCM Cana Picada.

Data (2023)	Horário	Acionamento	Consequência	Causa reportada
25/05	21:45	Esteira de arraste	Parada da moagem	Sobrecarga
08/06	21:00	Recepção de cana	Parada da moagem (45m)	Falha da rede
09/06	07:23	Recepção de cana	Parada da moagem	Falha da rede
12/06	08:10	Recepção de cana	Embuchou esteira de cana	Sem causa reportada
19/06	22:10	Espalhador cana picada	Nenhuma	Sem causa reportada
02/07	06:20	Espalhador cana picada	Nenhuma	Sem causa reportada
19/07	06:55 09:40	Espalhador cana picada	Bucha	Sem causa reportada
25/07	03:00 06:45	Espalhador cana picada	Nenhuma	Sem causa reportada
26/07	21:30	Esteira de arraste	Parada da moagem	Sem causa reportada
27/07	16:23	Esteira de arraste	Nenhuma	Sem causa reportada
30/07	00:02 00:30	Esteira de arraste	Nenhuma	Atuação Sensor Zero Speed

3.1 Descrição da rede

O CCM responsável pelos acionamentos dos equipamentos da recepção de cana picada é composto por duas *Soft Starter* que acionam o "Espalhador de cana da mesa 45" e o "Espalhador de cana picada" e cinco inversores de frequência que acionam a "Mesa 45 1", "Mesa 45 2", "Esteira metal cana picada", "Esteira lona cana picada" e "Hilo cana picada". A topologia da rede Profibus DP é apresentada na figura 13, a legenda indica seus respectivos endereços.

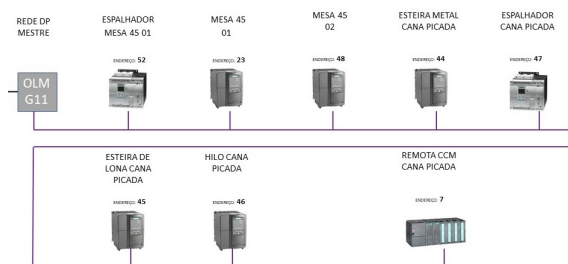


Figura 13: Topologia CCM Cana Picada.

Cada equipamento é responsável pelo acionamento de um motor específico do processo. O modelo dos equipamentos e seus respectivos acionamentos são apresentados na tabela 4. Todos os equipamentos são conectados a uma tensão de 440 V, a corrente máxima suportada está apresentada na ultima coluna da tabela 4.

Tabela 4: Acionamentos CCM Cana Picada.

Acionamento	Equipamento	Corrente (A)
Espalhador Mesa 45	Soft Starter 3RW44	210
Mesa 45 01	Micromaster 440	205
Mesa 45 02	Micromaster 440	302
Esteira Metal Cana Picada	Micromaster 440	250
Espalhador Cana Picada	Soft Starter 3RW44	162
Esteira de Lona Cana Picada	Micromaster 440	145
Hilo Cana Picada	Micromaster 440	205

A rede que será analisada opera a uma velocidade de transmissão de dados de 187.5 kbps, nesta condição, a velocidade de um bit de transmissão é $5.33 \mu s$, dessa forma a rede permite um cabeamento total de até 1000 metros.

3.2 ProfiTrace 2.9.2

Para a análise da rede será utilizado o *software* ProfiTrace, um osciloscópio digital capaz de captar sinais até uma velocidade de 12 Mbps. Este *software* é capaz de monitorar a rede identificando a diferença de tensão entre os sinais e gerar um relatório contendo gráficos de *frames* da transmissão.

As aquisição de dados e gráficos ocorreu no dia 14 de agosto de 2023, após falhas de comunicação apresentadas na rede de comunicação do sistema de recepção de cana picada, que acarretaram no desarme de todos os acionamentos do CCM cana picada, impactando na produção devido aos cortes na moagem.

3.3 Análise Gráfica

Os gráficos obtidos pelo *software* encontram-se em sua forma diferencial e estão dispostos nas figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20. É possível visualizar nas figuras, que o sinal varia em média de 3 V a -3 V, a distância entre linhas tracejadas representam o tempo de 50 μs . Em vermelho estão evidenciadas algumas distorções no sinal captado, este sinal ruidoso é uma indicação que a rede passa por alguma interferência elétrica ou magnética (EMI), o nível de distorção apresentado nas imagens não são capazes de causar uma falha na comunicação naquele instante, mas servem como evidências de um problema que a rede está enfrentando. Caso o nível do ruído distorça a onda de tal forma a deformar o formato dos bits, ocorrerá a perda do pacote de dados e consequentemente o desarme do sistema da recepção de cana picada.

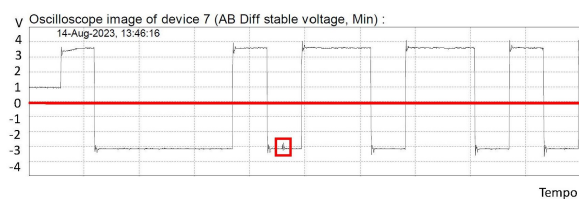


Figura 14: Remota - Endereço: 07.

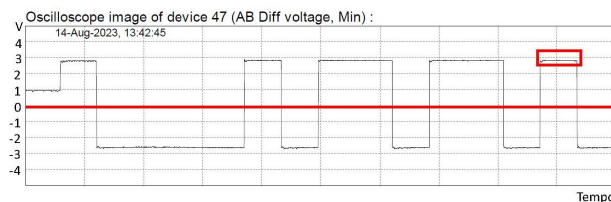


Figura 19: Espalhador - Endereço: 47.

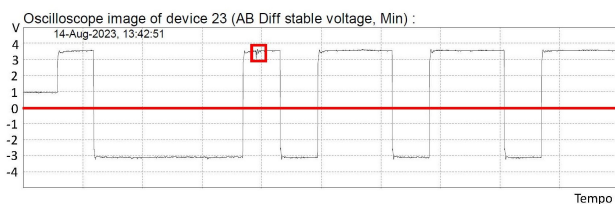


Figura 15: Mesa 45 - Endereço: 23.

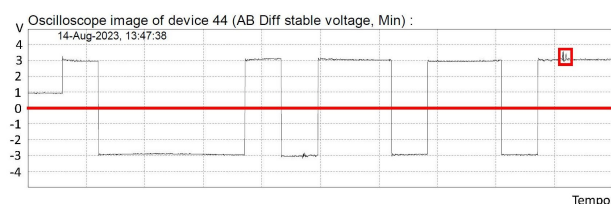


Figura 16: Esteira Metal - Endereço: 44.

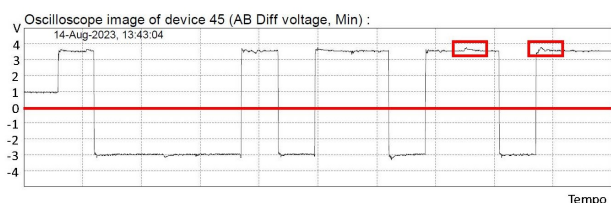


Figura 17: Esteira Lona - Endereço: 45.

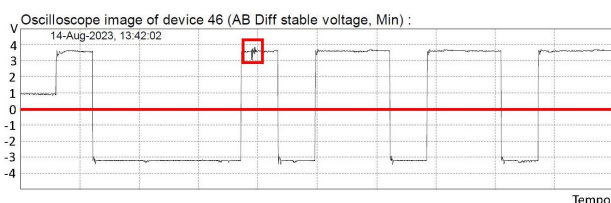


Figura 18: Hilo - Endereço: 46.

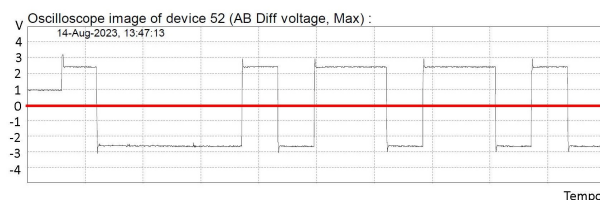


Figura 20: Espalhador mesa 45 - Endereço: 52.

A análise do sinal consiste na comparação dos gráficos obtidos com o uso do *software* Profitrace, com os casos apresentados na seção de gráficos característicos 2.4, esta análise possibilita verificar se os gráficos apresentam características que indicam desvios na rede referentes aos problemas apresentados, como a longa distância de cabeamento, sinal ruidoso que indica a presença EMI, que a curvatura do cabo sofreu alguma torção e ou a falta de terminação na rede. Lembrando que, todos estes desvios deformam a onda de modos distintos, fazendo com que seja possível a diferenciação.

A tabela 5 apresenta o resultado da análise gráfica. Após a visualização e comparação de cada gráfico, detectou-se alguns problemas, onde o principal é a presença de ruídos no decorrer da onda. Estes ruídos indicam a presença de perturbações provenientes de distúrbios elétricos ou magnéticos conhecidos como EMI.

Tabela 5: Comparação gráfica.

Cenário	Comparação gráfica
Cabeamento Longo	Nenhum endereço apresentou distorção característica
EMI	Endereços 7, 23, 44, 45, 46 e 47 Apresentaram sinal ruidoso.
Curvatura do cabo	Nenhum endereço apresentou distorção característica
Terminação	Nenhum endereço apresentou distorção característica

O valor da diferença de tensão (pico a pico) entre os canais A e B pode indicar problemas na rede, sendo valores abaixo de 4 V preocupantes, pois influenciam no sinal transmitido, valores superiores de 5 V indicam um nível de tensão bom para o sinal de transmissão, o *Gap* entre os valores máximos e mínimos medidos devem ser mantidos o mais baixo possível, valores altos indicam uma assimetria na transmissão, que influenciam na qualidade da rede. Os dados obtidos estão expressos na tabela 6.

Tabela 6: Diferença de tensão entre os canais A e B, Antes.

Diferença de tensão entre os canais A e B (Antes)			
Endereço e acionamento	Máxima (V)	Mínima (V)	Gap (V)
7 Remota	6,71	6,80	0,09
23 Mesa 45	6,59	6,66	0,07
44 Esteira metal	6,09	6,15	0,06
45 Esteira de lona	6,51	6,60	0,09
46 Hilo	6,78	6,86	0,08
47 Espalhador	5,45	5,49	0,04
52 Espalhador Mesa 45	5,04	5,08	0,04

3.4 Análise física

A análise física foi realizada pela equipe de manutenção elétrica. Nela foram analisados os aspectos físicos da linha de transmissão de dados e da instalação de equipamentos elétricos. Onde não foram constadas a presença de linhas potência próximas a linha de transmissão de dados, também não foram constadas a presença cabeamento de dados expostas e nem o excesso de terminações no sistema.

O problema detectado e reportado pela equipe de manutenção, é que alguns equipamentos do sistema de acionamento dos motores se encontravam sem o devido aterramento. A falta de aterramento, como apresentado na seção 2.5, permite a circulação de corrente indesejadas causando ruídos na rede.

4 Resultados e discussão

A falta de aterramento causa o excesso de ruído na rede. Dessa forma, presume-se que está é a causa raiz dos desarmes no mês de julho. Para contornar este problema, a equipe de manutenção realizou a equipotencialização do sistema, aterrando os equipamentos e o transformador no mesmo potencial, todos os aparelhos foram conectados no mesmo potencial pelo sistema estrela.

Para a comprovação da hipótese anterior. Uma nova análise foi realizada no CCM cana picada no dia 14 de setembro de 2023, após a realização da equipotencialização do sistema. As figuras 21, 22, 23, 24, 25, 26 e 27 apresentam os gráficos de transmissão de dados. Após o período de dois meses da realização da equipotencialização do aterramento, não houve relatos de desarmes da rede do sistema de cana picada apontados como falha na rede.

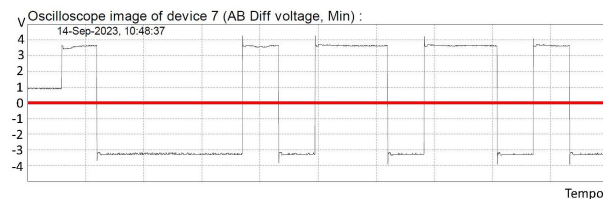


Figura 21: Remota - Endereço: 07.

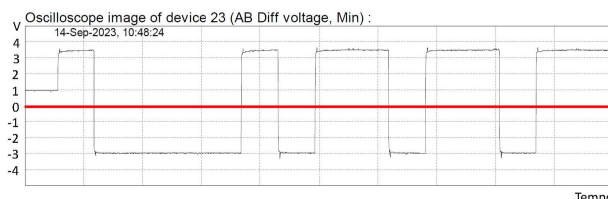


Figura 22: Mesa 45 - Endereço: 23.

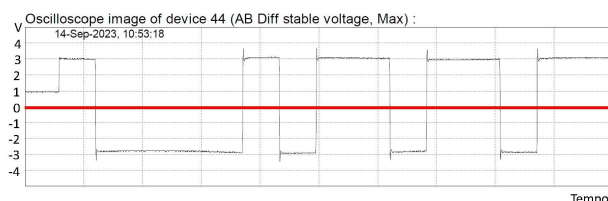


Figura 23: Esteira Metal - Endereço: 44.

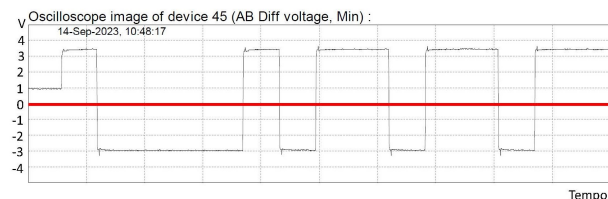


Figura 24: Esteira Lona - Endereço: 45.

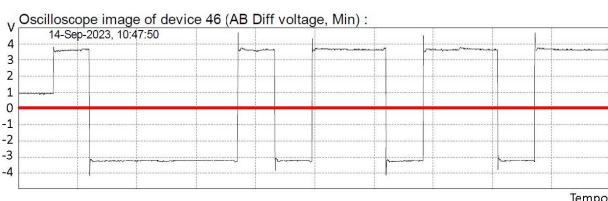


Figura 25: Hilo - Endereço: 46.

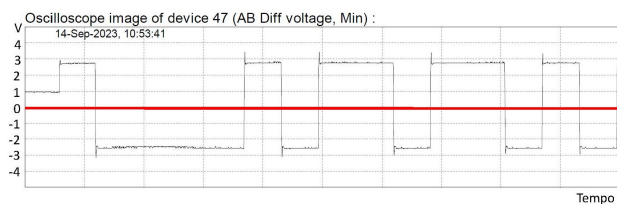


Figura 26: Espalhador - Endereço: 47.

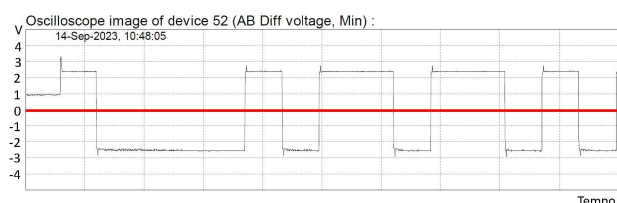


Figura 27: Espalhador mesa 45 - Endereço: 52.

Os gráficos obtidos após a equipontecialização do sistema apresentam um sinal sem a presença de ruídos no decorrer da onda, com o início e fim de cada bit contendo a reflexão natural do sistema. A eliminação dos ruídos é uma resposta positiva, reforçando que a falta de aterramentos junto a sobrecarga no sistema podem ser fatores determinantes nos desarmes ocorridos nos meses de julho. Os níveis de tensão da rede se demonstraram estáveis nas análises de agosto e de setembro, não indicando nenhum desvio da rede, a tabela 7 nos apresenta os níveis de tensão obtidos em setembro. Grande parte dos valores estão próximos a 6 V e são considerados ideias, porém valores acima de 4 V são suficientes para garantir uma boa transmissão de sinal, o *Gap* entre as tensões máxima e mínima sofreu uma leve queda em alguns casos.

Tabela 7: Diferença de tensão entre os canais A e B, Depois.

Diferença de tensão entre os canais A e B (Depois)			
Endereço e acionamento	Máxima (V)	Mínima (V)	Gap (V)
7 Remota	6,87	6,96	0,09
23 Mesa 45	6,41	6,46	0,05
44 Esteira metal	5,99	6,02	0,03
45 Esteira de lona	6,36	6,40	0,04
46 Hilo	6,84	6,95	0,11
47 Espalhador	5,32	5,35	0,03
52 Espalhador Mesa 45	4,93	4,95	0,02

5 Conclusão

A rede Profibus é um sistema robusto e de baixo custo para a transmissão de dados em alta velocidade.

Este sistema tem sua confiabilidade reduzida quando a instalação é feita de maneira incorreta.

Softwares de análises de rede podem ser utilizados para a identificação de falhas e desvios enfrentados na rede. Sendo necessário uma análise humana do sistema físico e dos gráficos obtidos para a identificação real do problema.

Neste estudo a junção destas análises acarretaram em uma melhora do sinal de rede, eliminando parcialmente os ruídos durante a transmissão de dados, aumentando a qualidade do sinal e por consequência a confiabilidade do sistema.

Referências

- [1] G. R. Carvalho and C. Oliveira, “O setor sucroalcooleiro em perspectiva,” *Circular Técnica, Embrapa*, vol. 10, 2006.
- [2] M. Felsner, “The fieldbus standards: History and structures,” 01 2002.
- [3] E. A. Mossin, *Diagnóstico automático de redes Profibus*. PhD thesis, Universidade de São Paulo, 2012.
- [4] R. Patzke, “Fieldbus basics,” *Computer standards & interfaces*, vol. 19, no. 5-6, pp. 275–293, 1998.
- [5] C. Cassiolato, “Profibus: Aterramento, blindagem, ruídos, interferências, reflexões e muito mais...,” *Smar Technology Company*, 2012. <https://www.smar.com/pt/artigo-tecnico/profibus-aterramento-blindagem-ruídos-interferências-reflexões-e-muito-mais>.
- [6] R. . D. oscilloscope and probe fundamentals, “Understanding uart.” acessado em 10/10/2023.
- [7] *PROFIBUS Design Guideline*. PROFIBUS . PROFINET, 1.29 ed., 2020.
- [8] W. Silva and C. Mota, “MÉTodos para diagnóstico em redes profibus dp.” acessado em 03/09/2023.
- [9] C. Cassiolato, “Emi - interferência eletromagnética em instalações industriais e muito mais,” *Smar Technology Company*, 2012. <https://www.smar.com/pt/artigo-tecnico/emi-interferencia-eletromagnetica-em-instalacoes-industriais-e-muito-mais>.
- [10] C. Cassiolato, “Reflexões em sinais profibus.”
- [11] C. Cassiolato, “A importância dos terminadores de barramento na rede profibus.” acessado em 03/09/2023.
- [12] P. Nutzerorganisation eV, “Functional bonding and shielding of profibus and profinet,” 2018.