

## REPETIDORES E SUA IMPORTÂNCIA EM PROFIBUS DP

Eng. Leonardo A. Vanzella  
[leonardo@dlg.com.br](mailto:leonardo@dlg.com.br)  
DLG Automação Industrial Ltda.

### Abstract

*Elements of fundamental importance in expansion of Profibus DP networks, repeaters provide several advantages in industrial environments such as increase of the number of stations, coupled noise attenuation, reduction of communication errors and assist in problem solving. The repeater can become a powerful tool in many situations, as problems at the physical layer are the biggest factor to communication fault.*

### Resumo

*Elementos de fundamental importância na expansão das redes Profibus DP, os repetidores proporcionam diversas vantagens em ambientes industriais como o aumento da quantidade de estações, a atenuação de ruídos acoplados, diminuição de erros de comunicação e auxílio na resolução de problemas. O repetidor pode se tornar em uma ferramenta poderosa em diversas situações, pois problemas na camada física são o maior fator de falhas de comunicação.*

**Palavras chaves:** repetidores, Profibus DP, redes de campo, RS-485.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento das aplicações utilizando redes industriais, notadamente RS-485 em Profibus DP, alguns limites físicos do canal de comunicação serial começaram a ficar mais evidentes. Dessa forma, as necessidades de expansão da topologia de rede e o aumento da distância entre nós, contribuem para degradar a transmissão do sinal e limitar o canal de comunicação.

Alguns problemas mais graves como acoplamentos de ruídos indesejáveis, falhas de blindagem de cabos e aterramentos com loops de corrente, contribuem para prejudicar o modelo proposto de interface serial diferencial, a RS-485.

Todavia, existem soluções viáveis para a indústria chamadas de repetidores, com o objetivo de atenuar os efeitos de interferência entre símbolos (ISI), desacoplar ruídos conduzidos e promover a melhoria da transmissão de sinal com a possibilidade de até aumentar a escala de uma rede Profibus DP por completo, utilizando a máxima capacidade de dispositivos nos barramentos. É possível conectar até 126 dispositivos sendo eles mestres ou escravos em Profibus DP [1]. Porém, para operar a rede com este número de estações no barramento, deve-se dividir o barramento em segmentos individuais. Os segmentos devem então ser conectados através de repetidores, dispositivos estes capazes de processar o sinal da rede e manipular as perturbações ou ruídos de maneira a rejeitá-los, recriando novamente uma situação favorável à camada física.

Repetidores são de maneira geral elementos de rede ativos, ou seja, interagem de maneira direta nos circuitos em que estão conectados, com o propósito de produzir resultados favoráveis como a reconstrução no domínio do tempo ou amplitude. A adequação dos sinais a níveis desejáveis é papel fundamental dos repetidores, considerando qualquer situação.

O artigo descreve o princípio de funcionamento dos modernos repetidores Profibus, suas principais aplicações e vantagens na indústria e virtuais limitações atuais. Começando com o modelamento elétrico do cabo, sua equivalência com os atuais transceptores RS-485 e alta capacidade da banda do Profibus DP, este trabalho visa analisar todo e qualquer aspecto do elemento repetidor, como fundamental importância como componente em canais seriais de comunicação industrial. Para isto um caso prático e específico será exemplificado.

A seção 2 descreve o tipo de cabo utilizado na comunicação e quais seus problemas. A seção 3 descreve o modelo do padrão proposto para a camada física, o RS-485. A seção 4 traz a abordagem do significado de um repetidor e seu funcionamento. A seção 5 descreve o recurso que alguns tipos de repetidores possuem que é a presença de filtros digitais incorporados. Este recurso é extremamente importante sobre a presença de distorções de alta intensidade, que ocorrem sensibilizando os transceptores do repetidor, mas que podem ser processados e rejeitados em determinadas situações. A seção 6 ilustra a análise comparativa entre segmentos com e sem a presença de repetidores. A seção 7 conclui o trabalho indicando as vantagens considerando o uso de repetidores modernos.

## 2. O CABO TIPO A

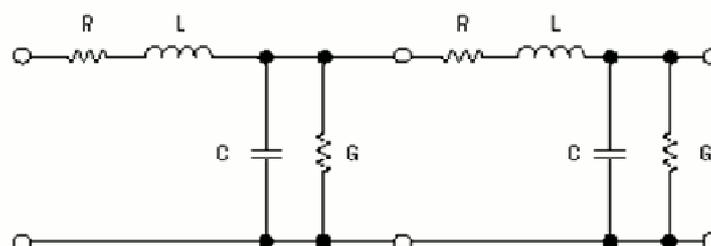
O padrão Profibus define duas variações para cabos: Tipo A e Tipo B [2]. Porém é altamente recomendado o uso do cabo Tipo A para todas as novas instalações, principalmente as que forem trabalhar com Baudrates acima de 500 Kbps.

Abaixo, segue a especificação para cabos Tipo A:

- Impedância: De 35 até 165 Ohm para frequências de 3 até 20 Mhz
- Capacitância: < 30 pF/m
- Diâmetro do condutor: > 0,34 mm<sup>2</sup> (AWG 22)
- Tipo: Par trançado. 1x2 ou 2x2 ou 1x4
- Resistência nominal: < 110 Ohm/km
- Atenuação: Max. 9 dB para toda distância do segmento.
- Blindagem: Blindagem trançada ou com película de blindagem.
- Max. Distância do Barramento: 200m a 1500 Kbps até 1,2 km para 93,75 Kbps.

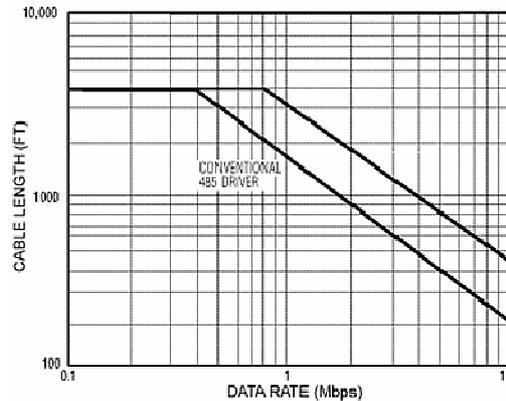
A capacitância típica de um barramento Profibus DP considerando conectores, cabos, distância entre nós e drivers RS 485 está em torno de 15 a 25 pF [3]. O cabo Profibus Tipo A, assim como qualquer par de linhas de transmissão, possui capacitâncias e indutâncias parasitas, capazes de atenuar sinais como um filtro passa-baixa, devido à resistência e capacitância serem dominantes em relação à indutância. Sendo assim, quanto maior a frequência no canal de comunicação, maior sua atenuação.

Abaixo é demonstrada uma figura com o modelo de um cabo de transmissão não ideal.



**Figura 1 Modelo elétrico para cabos como tipo A**

Traçando um diagrama de magnitude do sinal Profibus pela distância e frequência, uma correspondente aproximada como a figura abaixo será localizada.

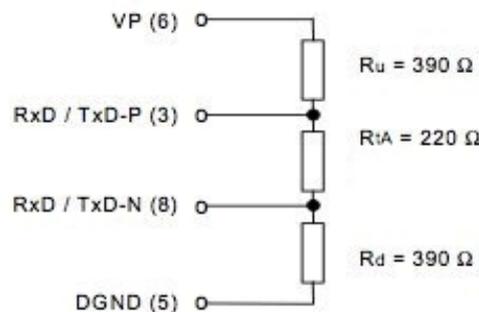


**Figura 2 Magnitude pela frequência**

Com base na figura acima e as características do cabo, o máximo comprimento de um segmento para redes Profibus DP é dado na tabela abaixo:

B. Rate (Kbps)	9.6	31.25	45.45	93.75	187.5	500	1500	3000	6000	12000
Distancia (metros)	1200	1200	1200	1000	1000	400	200	100	100	100

Para um perfeito funcionamento, é imprescindível a utilização de terminadores [4] e que eles estejam sempre posicionados nos extremos de cada segmento de rede. O circuito de terminação é ilustrado abaixo:



**Figura 3 Circuito de terminação**

Contudo, para que exista uma forma segura de execução do barramento, a topologia característica não deve ter aspectos complexos como "stubs" acima de 1.5Mbps, que irão prejudicar a integridade do sinal.

Considerando os problemas da atenuação descritos acima, uma das melhores formas de compensação para se prolongar longos segmentos de rede é o repetidor.

### 3. O PADRAO RS-485

O RS-485 é um padrão de meio físico bidirecional e *half-duplex* onde os dispositivos são conectados sob a topologia de barramento. É o meio físico do Profibus DP e compreende grande parte das especificações RS-422 porem é mais robusto, possuindo impedância de entrada maior e grande faixa diferencial.

A sensibilidade de entrada é de  $\pm 200$  mV, o que significa que para reconhecer um sinal, o receptor precisa de níveis acima de +200 mV ou abaixo de -200 mV [5]. A impedância mínima de entrada do receptor é de aproximadamente 12 k $\Omega$ , e a tensão mínima de saída é de  $\pm 1.5$  V e máxima de  $\pm 5$  V. Estas tolerâncias são fundamentais para a utilização dos repetidores, uma vez que ambos os segmentos são compostos por drivers RS-485.

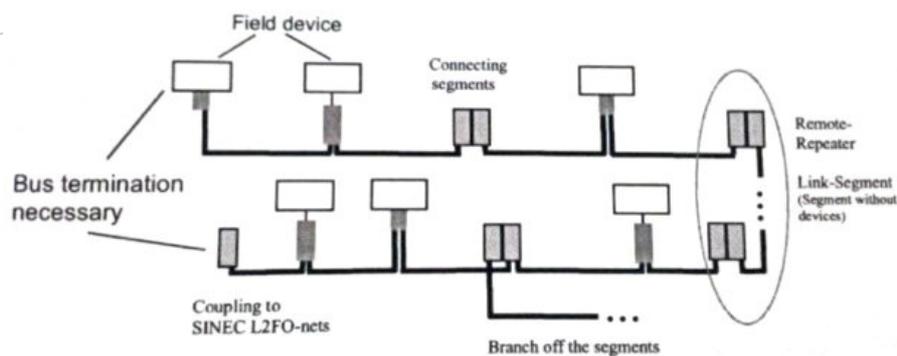
A impedância de saída do driver é de aproximadamente 54  $\Omega$ , o que compreende tipicamente um cabo par trançado 22 AWG, casada com 32 estações em paralelo com terminação em 390 – 220 -390  $\Omega$ .

A capacidade máxima do RS-485 é de 32 estações, ou seja, 32 cargas de 12 k $\Omega$  em paralelo. Qualquer combinação de receptores pode ser utilizada desde que seja respeitado o limite máximo de 32 cargas em paralelo, ou seja, 375  $\Omega$ .

Por este motivo, o emprego de repetidores é fundamental para atingir a quantidade máxima de dispositivos Profibus em campo, que é de 126 estações.

### 4. OS REPETIDORES

Repetidores são elementos ativos na rede Profibus e interagem diretamente nos circuitos em que estão conectados, produzindo favoravelmente a reconstrução no domínio do tempo ou amplitude de sinais que foram degradados ou distorcidos ao longo do segmento de rede pelos cabos ou qualquer elemento que estiver conectado a ele. Ele não deve interpretar o protocolo, ou seja, deve possuir o menor desvio de tempo possível em relação aos telegramas originais. Abaixo, uma figura ilustrando o uso de repetidores:



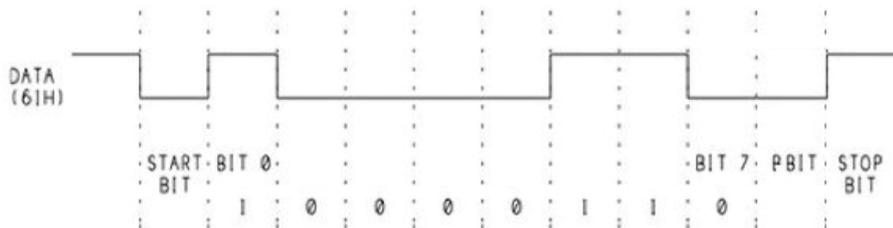
**Figura 4 Topologia com repetidores Profibus**

Tipicamente um desvio na ordem de 1 a 2 Tbit é encontrado. Apesar dos circuitos digitais modernos possuírem atrasos na ordem de nanosegundos, esses desvios acontecem basicamente devido às distorções presentes nas isolações galvânicas e ópticas e pelo tempo de processamento que o repetidor necessita para a manipulação do sinal, sendo que tomado 1 Tbit, o repetidor fará a análise consecutiva do sinal para rejeição de ruídos ou informações inconsistentes. Alguns repetidores modernos fazem o uso de técnicas de detecção de colisão de dados.

Os telegramas Profibus DP utilizam o código NRZ (Non Return to Zero), cuja característica é a ausência de transição de sinal durante o Tbit. O Tbit é o tempo de transmissão de 1Bit:

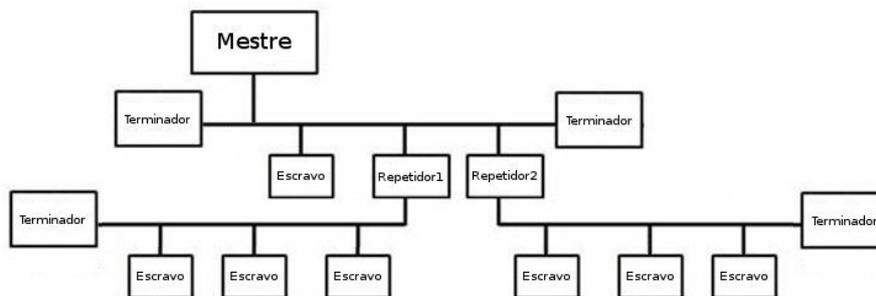
$$T_{Bit} = \frac{1}{BaudRate}$$

É durante esse período que os repetidores modernos executam o processamento de cada bit, filtrando Bits inválidos e aumentando dessa forma a rejeição a ruídos e distorções e proporcionando a regeneração do sinal.



**Figura 5 Stream serial para 1 Byte**

De maneira geral, os repetidores controlam o fluxo de dados presente nos segmentos. Ele deve ser confiável e robusto, pois falhas em sua alimentação ou conexões podem prejudicar o correto fluxo do protocolo. Alguns repetidores possuem características de detecção de colisão dos dados entre segmentos. Abaixo segue a ilustração de 2 repetidores em paralelo:



**Figura 6 Topologia típica com repetidores**

A quantidade máxima de repetidores a serem empregados em cascata não é definida por especificação, dessa maneira tem fator limitante exclusivamente pela tecnologia empregada pelo fabricante.

Atualmente existem repetidores que são definidos para utilização com 5, 6 e até 9 repetidores, porem uma outra família de repetidores são capazes de possuir configuração em cascata praticamente de forma ilimitada, como é o caso dos repetidores que regeneram os Tbits [6]. Esses repetidores produzem os melhores resultados, pois os Tbits sofrem a menor distorção possível com tempos inferiores a 5%. Para um Baudrate em 12 Mbps isto significa um desvio menor que 4ns.

Com a tecnologia empregada nos repetidores de regeneração, os repetidores mais modernos agora recriam os Tbits, sendo que a transmissão não se torna mais um simples redirecionamento de telegramas de um segmento

ao outro, mas uma nova definição de base de tempo com a correção direta de sinais.

Com esse resultado, é possível o mapeamento de cada transição do telegrama, aumentando a confiabilidade e robustez da camada física, reduzindo assim as taxas de erros de comunicação. As análises de rede se torna mais fácil uma vez que é desconsiderada as distorções presentes no cascadeamento antes presente.

## 5. FILTRAGEM

Outra vantagem do uso de repetidores é a capacidade de alguns destes possuir filtros digitais ou filtros “anti-glitch”, uma vez que os repetidores são dotados de processamentos digitais de capacidade elevada. Este mesmo processamento dá um maior ganho na banda de comunicação, possibilitando o seu uso sobre circunstâncias mais críticas.

Abaixo, segue imagem comparativa do processamento do filtro para uma situação com presença de distúrbio.



**Figura 7 Telegrama com ruído acoplado.**



**Figura 8 Telegrama com ruído filtrado.**

De acordo com resultado acima, telegramas Profibus com troca cíclica de dados como o *Data Exchange* na presença de distorções exigiriam uma nova tentativa de comunicação, ou seja, um *Retry* e o filtro digital incorporado no repetidor atenua a taxa de erros presentes na camada física.

## 6. ANÁLISE COMPARATIVA

Para a análise comparativa, utilizamos uma topologia similar à encontrada na Figura 6, utilizando desta forma dois repetidores em paralelo, conforme podemos observar na Figura 9.



**Figura 9 Repetidores Profibus DP**

Abaixo será descrita a comparação de um segmento que começa a apresentar sinais com distorções, como o caso de um CCM distante do painel de controle, e o segmento corrigido com o emprego de um repetidor.



**Figura 10 Sinal diferencial antes do repetidor**

Como podemos observar diversas componentes harmônicas podem ser adicionadas em RS-485, chegando aos limites como falhas de comunicação e tentativas de comunicação sem sucesso, como ilustrado na Figura 7. Utilizando-se modernos repetidores Profibus, as regiões com alta densidade de ruído podem ser segmentadas pelo filtro digital ou filtro *anti-glitch*, tratando-as e selecionando novas regiões como válidas. Para a Figura 11 temos o mesmo telegrama que está ilustrado na Figura 10, porém com amplificação e conseqüente regeneração dos telegramas Profibus após o uso de repetidores.



**Figura 11 Sinal diferencial depois do repetidor**

## 7. CONCLUSÃO

O crescente uso de redes Profibus inevitavelmente exige técnicas cada vez mais robustas e confiáveis para malhas de controle e plantas que exigem elevado grau de integridade.

Portanto, o uso de repetidores é cada vez maior para a correção de diversos problemas que este artigo técnico utilizou como abordagem, sendo os casos: quantidade de estações que excedem os 32 nós, necessidade de se utilizar Baudrates elevados para distancias maiores de 100m, desacoplamento de ruídos com atenuação de componentes harmônicas em modo comum presentes no sinal diferencial dos cabos de comunicação e como ferramenta de uso geral para segmentação de problemas.

## AGRADECIMENTOS

Os meus mais sinceros agradecimentos para a divisão de pesquisa e desenvolvimento da DLG pela contribuição e recursos necessários à condução dos trabalhos para a produção deste artigo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PROFIBUS NUTZERORGANISATION, The New Rapid Way to PROFIBUS DP: from DP-V0 to DP-V2, 2003
- [2] PI – PROFIBUS & PROFINET International <http://www.profibus.com/index.php?id=64#25>
- [3] Products Meet the PROFIBUS Requirements <http://www.belden.com/products/browse/industrial/Profibus.cfm>
- [4] IEC61158-2 – Fieldbus specifications – Part 2: Physical layer specification and service definition, ED5.0, 2010
- [5] Guidelines for Proper Wiring of an RS-485 Network <http://www.maxim-ic.com/app-notes/index.mvp/id/763>
- [6] HDP-200 Manual do usuário Repetidor Profibus DP, V1.00, 2012 <http://www.dlg.com.br>

## DADOS DO AUTOR

Leonardo Antonio Vanzella  
DLG Automação Industrial Ltda.  
Rua José Batista Soares, 53 – 14176-119 – Sertãozinho – SP.  
Telefone: (16) 3513-7400  
Fax: (16) 2105-1300  
E-mail: [leonardo@dlg.com.br](mailto:leonardo@dlg.com.br)