

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

ALVARO STRAPASSON

**DESENVOLVIMENTO DE REDE SOBRE O PROTOCOLO DH485
INTERLIGADA À ETHERNET**

MONOGRAFIA - ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2013

ALVARO STRAPASSON

**DESENVOLVIMENTO DE REDE SOBRE O PROTOCOLO DH485
INTERLIGADA À ETHERNET**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Valmir de Oliveira

CURITIBA
2013

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre fizeram o possível e o impossível para dar a oportunidade de estudo e o incentivo para uma base sólida. Dedico em especial ao meu pai Marcelo Juarez Strapasson, que mesmo não estando mais entre nós, ficaria realizado com mais uma etapa da minha vida realizada com sucesso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, amigos, professores que contribuíram direta ou indiretamente para a efetivação deste trabalho. Agradeço as pessoas aonde trabalhei que me deram a oportunidade de apresentar e desenvolver esse trabalho.

RESUMO

STRAPASSON, Alvaro. **Desenvolvimento de rede DH485 para uma rede ethernet corporativa**. 2013. 44 p. Monografia (Especialização em Automação Industrial) - Programa de Pós-Graduação, Departamento Acadêmico de Eletrônica, UTFPR, Curitiba, 2013.

As redes industriais passaram a ser de grande importância dentro do processo fabril, a fim de levar as informações em tempo real e precisas, mostrando deficiências, produção e eficiência desde o chão de fábrica até a diretoria. Este trabalho tem por objetivo mostrar características das Redes Industriais e seu papel dentro das industriais. Serão enfatizadas as redes mais usadas atualmente pela indústria, abordando em específico o protocolo de comunicação DH485. Será apresentado o desenvolvimento de um projeto de médio custo de rede industrial usando como base a comunicação o protocolo DH485, interligando a uma rede Ethernet corporativa.

Palavras-chave: Automação Industrial. Redes Industriais. Comunicação com Protocolo DH485.

ABSTRACT

STRAPASSON, Alvaro. **Development DH485 network to an ethernet network enterprise** . 2013. 44 p. Monografia (Especialização em Automação Industrial) - Programa de Pós-Graduação, Departamento Acadêmico de Eletrônica, UTFPR, Curitiba, 2013.

The industrial networks have become of great importance in the manufacturing process in order to get real-time information and accurate, showing deficiencies, production and efficiency from the factory to the management. This work has for objective to show characteristics of Industrial Networks and its role within the industry. It will be emphasized more networks currently used by the industry in addressing specific communication protocol DH485. It will present the development of a project of medium cost of industrial network based communication using the DH485 protocol, interconnecting the corporate Ethernet .

Keywords: Industrial Automation. Industrial Networks. Communication Protocol DH485.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DIVISÃO DE CAMADAS NO MODELO OSI	14
FIGURA 2 – PRINCIPAIS TOPOLOGIAS DE REDE	16
FIGURA 3 – NÍVEIS DA PIRÂMIDE DE AUTOMAÇÃO	18
FIGURA 4 – REDE DEVICENET	20
FIGURA 5 – REDE DH485	24
FIGURA 6 – CONFIGURAÇÃO DA REDE DH-485 NO CLP	27
FIGURA 7 – COMANDO MSG EM UM CLP SLC500	28
FIGURA 8 – CONFIGURAÇÃO DO COMANDO MSG EM UM CLP SLC500	29
FIGURA 9 – VISTA FRONTAL DO SLC500	30
FIGURA 10 – PROJETO DE REDE DH-485 PROPOSTO.....	32
FIGURA 11 – USO DO ADAPTADOR DE REDE.....	33
FIGURA 12 – TESTE DE USO DO ADAPTADOR.....	34
FIGURA 13 – USANDO A INSTRUÇÃO MSG NA REDE DH485	36
FIGURA 14 – VISUALIZANDO A REDE DH-485 VIA SOFTWARE RSLINX.....	37

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- CLP – Controlador Lógico Programável
- CPU - Unidades Central de Processamento
- DP - Periferia Descentralizada *Descentralized Peripheral*
- DH - Visão Geral da Área da Rede Local Industrial (*Industrial Local Area Network Overview*)
- FMS - Especificação de Mensagem de Campo *Field Message Specification*
- OPC - OLE para Controle de Processos (OLE for *Process Control*)
- IHM – Interface Homem Máquina
- IP - Protocolo Internet *Internet Protocol*
- ISA – Sociedade Internacional de Automação
- ISO – Organização Internacional para Padronização (*International Standards Organization*)
- ISP – Projeto de Sistema Interoperável (*Interoperable System Project*)
- OSI – Sistema Aberto para Interconexão (*Open Systems Interconnection*)
- PA - Automação de Processo (*Process Automation*)
- PC – Computador Pessoal (*Personal Computer*)
- Profibus – Barramento de Campo para Processo (*Process Field Bus*)
- SDCD – Sistema Digital de Controle Distribuído
- TCP - Protocolo de Controle de Transmissão (*Transmission Control Protocol*)
- TMEF – Tempo Médio entre Falhas
- WorldFIP – Protocolo Mundial para Instrumentação Industrial (*World Factory Instrumentation Protocol*)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 TEMA	7
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	8
1.3 PROBLEMAS E PREMISSAS	9
1.4 OBJETIVO	10
1.4.1 Objetivo Geral	10
1.4.2 Objetivos Específicos	10
1.5 JUSTIFICATIVA	10
1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	11
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO	11
1.8 EMBASAMENTO TEÓRICO	11
2 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E REDES INDUSTRIAIS	12
2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	12
2.2 REDES INDUSTRIAIS	13
2.3 PADRÃO ISO/OSI	14
2.4 CARACTERÍSTICAS DA COMUNICAÇÃO INDUSTRIAL	15
2.4.1 Topologia de Rede	16
2.5 PROTOCOLO DAS REDES DE AUTOMAÇÃO	17
2.6 CLASSIFICAÇÃO DAS REDES INDUSTRIAIS	17
3 PRINCIPAIS REDES INDUSTRIAIS	19
3.1 DEVICENET	19
3.2 CONTROLNET	21
3.3 PROFIBUS	21
3.4 ETHERNET INDUSTRIAL	23
4 REDE DE COMUNICAÇÃO INDUSTRIAL DH-485	24
4.1 INTRODUÇÃO A REDE DE COMUNICAÇÃO DH-485	24
4.2 PROTOCOLO DH485	25
4.3 ROTAÇÃO DO TOKEN DH485	25
4.4 INICIALIZAÇÃO DA REDE DH485	26
4.5 CONSIDERAÇÕES PARA CONFIGURAÇÃO DA REDE DH-485	26
4.5.1 Números de Nós	27
4.5.3 Máximo Endereço de Nó	28
4.6 TROCA DE INFORMAÇÕES ENTRE CPUS	28
5 ESTUDO DE CASO: DESENVOLVIMENTO DE UMA REDE DH-485	30
5.1 CENÁRIO	30
5.2 PROJETO PROPOSTO	31
5.2.1 Modelo de Programa para Comunicação Entre CPUs	35
5.2.2 Monitorando a Rede DH-485 em Uso	37
6 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Com a expansão de seus negócios, muitas empresas buscam soluções tecnológicas que visam diretamente a redução de custos, mas em que se mantenha a segurança e a confidencialidade das informações. O acesso às informações das linhas de produção se dá de maneira local, sendo o técnico o responsável por manter a manutenção do equipamento e desenvolver ferramentas de análise de produção, tais como; produção diária, tempo de máquina parada, falhas específicas e demais itens conforme a necessidade fabril (SANTOS, 2006).

As redes industriais até pouco tempo atrás eram consideradas “ilhas”, sem nenhuma integração com outros equipamentos e muito menos com as redes corporativas, o intenso avanço tecnológico e a necessidade de comunicação fez o ambiente industrial estar interligado com o ambiente corporativo para que possam compartilhar informações, com o intuito de otimizar o processo de produção, evitando perda de produção e mão de obra. (SANTOS, 2006 p. 19).

O desenvolvimento das redes industriais em paralelo com as redes corporativas fez surgir várias tecnologias, mas também diversos protocolos de comunicação, alguns protocolos comuns e outros sendo proprietários dos fabricantes, em que sua aplicação se dá conforme o ambiente industrial, a necessidade, o custo, e a distância.

O estudo dessas tecnologias e protocolos de comunicação se faz necessário para poder selecionar o mais adequado, conforme o custo e o que se pretende extrair do ambiente fabril, sendo este o objetivo de pesquisa deste estudo.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Várias são as possibilidades de acompanhar a eficiência de uma linha de produção, pode ser realizados tanto com cartas de controle, com cadernos de produção ou com o uso de Controlador Lógico Programável (CLP). A apresentação das informações pode ser feita simplesmente por meio de anotações de produção hora a hora, por controle de paradas, por lâmpadas indicativas quanto por meio de uma rede industrial.

Este trabalho se refere a um desenvolvimento de uma rede industrial de médio custo, de uma empresa alimentícia, interligando inicialmente 20 equipamentos em rede, permitindo não só o acesso ao programa do equipamento, mas de fornecer informações do equipamento a nível gerencial, o protocolo de comunicação usado é o DH485 (*Industrial Local Area Network Overview*) de propriedade da Rockwell Automation.

1.3 PROBLEMAS E PREMISSAS

Devido ao processo de *retrofit* e do crescimento operacional, a empresa alimentícia em questão acaba ocupando a maioria dos espaços físicos disponíveis, e com isso limita as manobras necessárias para que os mantenedores realizem os serviços de manutenção nos equipamentos. A empresa tem como rotina, manutenção preventiva, rotas de inspeção e *backups* dos programas dos equipamentos.

Com o grande número de equipamentos, todos utilizando CLPs em forma de ilha, sem nenhum tipo de comunicação com uma rede, se faz necessário criar rotinas de acesso ao mesmo de forma local, seja via computador portátil ou em outro caso usando computadores *desktop* dentro de armários móvel, e esse caso acaba ainda mais limitando o espaço físico e dificultando o acesso e invadindo o espaço operacional de forma muitas vezes desnecessária. O acesso local do CLP faz com que o mantenedor muitas vezes deixe exposto o interior do painel elétrico e suas partes vivas, fazendo com que a segurança seja deixada de lado.

Desta forma é bastante interessante o desenvolvimento de uma rede industrial utilizando os próprios CLPs instalados, Rockwell SLC500 5/03. Em levantamento realizado junto aos manuais do fabricante, esse modelo permite utilizar o protocolo de comunicação DH485, um protocolo de comunicação de baixo custo, de fácil instalação e com a possibilidade de expansão de 32 equipamentos por canal, sendo que o concentrador possui 2 canais.

O levantamento proposto para o desenvolvimento do projeto possibilita não apenas interligar os CLPs em rede, mas também permitir que suas informações possam ser lidas dentro da rede corporativa.

1.4 OBJETIVO

1.4.1 Objetivo Geral

Implantar um projeto de implantação de uma rede DH485, definindo as características das redes de comunicação industrial.

1.4.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos para a proposta em questão, são apresentados:

- 1) Apresentar as principais redes industriais disponíveis no mercado;
- 2) Analisar o protocolo de comunicação DH485;
- 3) Desenvolver um ambiente de comunicação DH485;
- 4) Mostrar os testes realizados com a comunicação de rede DH485 remotamente e sua comunicação com a rede corporativa via web.

1.5 JUSTIFICATIVA

O custo para realizar a troca de várias Unidades Central de Processamento (CPU) de CLPs para que permitam conexão ethernet, acaba sendo muito elevado e muitas vezes não justifica o custo para obter essa função, por esse motivo optou-se por utilizar o protocolo de comunicação DH485, esse protocolo permite conectar vários CLPs em um tipo de nó a custo relativamente baixo e com um diferencial, os CLPs em operação já possuem esse protocolo como nativo em sua CPU.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho visa à proposta de um estudo das principais redes industriais e desenvolver de uma rede industrial usando o protocolo DH485 de propriedade da empresa Rockwell, para isso foi encontrada informações necessárias sobre o protocolo DH485. Portanto, uma pesquisa de campo preliminar se torna necessário, sendo esta a técnica utilizada.

Este trabalho possui objetivo os quais podem ser utilizados futuramente em aplicações práticas. Desta forma a pesquisa está basicamente concentrada em percepções do mercado, normas, manuais e catálogos do fabricante Rockwell e trabalhos anteriormente apresentados e que possuem relação com o trabalho proposto.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será composto de 6 capítulos dispostos conforme a seguir:

Capítulo 1: parte introdutória que trata do tema, objetivos e justificativas.

Capítulo 2: fundamentação teórica para o desenvolvimento do trabalho, abordando os tipos de tecnologia de rede de comunicação industrial.

Capítulo 3: principais redes industriais disponíveis no mercado.

Capítulo 4: principais características do protocolo de comunicação DH485

Capítulo 5: apresentação do estudo de caso e desenvolvimento do projeto.

Capítulo 6: conclusões do trabalho proposto.

1.8 EMBASAMENTO TEÓRICO

Este estudo tratará, entre outros elementos, de conceitos de automação industrial baseados em Meira (2009) e Gutierrez (2008). Sequencialmente serão tratadas as redes indústrias no enfoque de Santos (2006) e Nogueira (2009). Posteriormente será tratado o assunto de rede industrial usando protocolo DH485 baseado em manuais da Rockwell Automation

2 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E REDES INDUSTRIAIS

Neste capítulo será apresentada uma prevê introdução à automação industrial e características de uma rede industrial, como tipos de redes, como padrões e como a pirâmide de automação.

2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

O termo automação descreve um conceito amplo, aonde se aplica técnicas, softwares e equipamentos em um processo com a finalidade de reduzir o custo de produção e operacional, aumentar sua eficiência, garantir um aumento na produtividade, um uso mais eficaz da energia e ferramentas de segurança aprimoradas a fim de reduzir o contato homem-máquina no processo. O processo de automação é um passo além da mecanização, onde os operadores humanos são providos de máquina para auxiliar em seus trabalhos (AUTOMAGATE; 2009).

O início da era industrial começou a surgir no século de 18 com as linhas de montagem de carros e desde então a automação industrial foi alavancando com novas ferramentas mecânicas e pneumáticas e posteriormente os sinais elétricos analógicos. Com o avanço da microeletrônica puderam ser criados os primeiros Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), que começaram a surgir na década de 60 e assim permitindo maiores distâncias de transmissão dos sinais (MEIRA; 2009).

Inicialmente, a implantação de processos automatizados na indústria tinha o objetivo de alcançar maior produtividade e redução de custos. O investimento para implantação de sistemas automáticos é elevado e, além disso, a nova instalação requer recursos, inclusive humanos, dispendiosos para sua manutenção. Atualmente, o principal motor da automação é a busca de maior qualidade dos processos, para reduzir perdas, (com reflexo em custos) e possibilitar a fabricação de bens que de outra forma não poderiam ser produzidos, bem como do aumento da sua flexibilidade. Outra justificativa para os pesados investimentos em automação que têm sido feitos é a segurança de processos industriais e de infraestrutura críticos, pois a automação tem sido vista como uma forma de minimizar o erro humano (GUTIERREZ, 2008 p.4).

2.2 REDES INDUSTRAIS

As redes industriais são construídas com o objetivo de interligar todos os componentes atuantes tanto direta quanto indiretamente no ambiente de automação industrial. Interligam dispositivos de chão de fábrica, como válvulas e sensores, sistemas de controle como CLPs e SDCDs (sistema digital de controle distribuído), sistemas supervisórios até a rede corporativa da empresa (SANTOS; 2006 p.20).

As redes industriais tiveram seu início na década de 80, quando a Sociedade Internacional de Automação (ISA) formou o SP50 fieldbus, comitê para desenvolver um padrão de automação industrial que integrasse os vários tipos de dispositivos de campo digitais que estavam surgindo na época. O comitê, envolvido com um padrão de grandes proporções e com centenas de membros divididos pelos seus próprios interesses, porque na época já havia alguns sistemas digitais, mas ainda sem nenhum padrão e interoperabilidade, não conseguiram lançar o padrão. Surgindo com duas propostas comerciais, em 1992 foi criado o fieldbus, a ISP (*Interoperable Systems Project*) e a WorldFIP (*World Factory Instrumentation Protocol*), cada uma delas amparadas por grandes empresas comerciais da época (Siemens e Fisher, por parte da ISP; Honeywell e Allen Bradley, por parte da WorldFIP) (ARTIGONAL; 2009).

Entretanto, ambas ISP e WorldFIP não eram compatíveis e por serem as líderes do mercado, apareceram com outras propostas de fieldbus, então em 1993, foi criada a *Fieldbus Foundation* para tentar a unificação dos padrões. Esta união resultou na extinção da ISP, mas quando tudo parecia caminhar para a unificação, outro grupo no ano seguinte, lançou um sistema fieldbus denominado Profibus (*Process Field Bus* - baseado no padrão europeu EN50170) (ARTIGONAL, 2009).

2.3 PADRÃO ISO/OSI

Como os sistemas de automação industrial tornaram-se cada vez maiores e o número de dispositivos de automação só aumentava, tornou-se muito importante para a automação industrial que padrões fossem criados para que fosse possível interconectar diferentes dispositivos de automação de maneira padronizada (NOGUEIRA, 2007). Para facilitar o processo de padronização e obter interconectividade entre máquinas de diferentes fabricantes, a Organização Internacional de Normatização (ISO - *International Standards Organization*) aprovou, no início dos anos 80, um modelo de referência para permitir a comunicação entre máquinas heterogêneas, denominado OSI (*Open Systems Interconnection*). Esse modelo serve de base para qualquer tipo de rede, seja de curta, média, longa distância, industrial ou computadores (ABUSAR.ORG).

A Figura 1 mostra como o modelo OSI é dividido em sete níveis, sendo que cada um deles possui uma função distinta no processo de comunicação entre dois sistemas abertos.

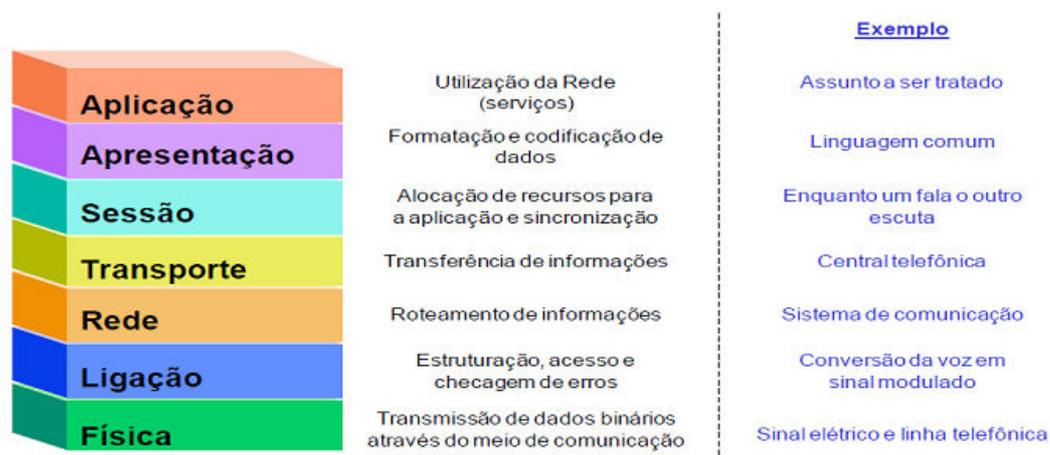


Figura 1 – Divisão de camadas no modelo OSI
Fonte: Cisco.

Resumidamente, as principais funções das camadas são:

- Camada de aplicação define as interfaces entre software (CISCO, 2012);
- Camada de apresentação padroniza os formatos de dados entre sistemas (CISCO, 2012);
- Camada de sessão gerencia as sessões e caixas de diálogos para o usuário (CISCO, 2012);
- Camada de transporte entrega as mensagens de um extremo a outro da rede (CISCO, 2012);
- Camada de rede roteia os pacotes de acordo com o endereço de rede exclusivo (CISCO, 2012);
- Camada de ligação (enlace) define procedimentos para acesso ao meio;
- Camada física define qual é o meio de transmissão (cabramento, bits, taxa de transferência) (CISCO, 2012).

2.4 CARACTERÍSTICAS DA COMUNICAÇÃO INDUSTRIAL

Os avanços tecnológicos trouxeram diversas vantagens em relação aos sistemas convencionais de cabramento. Entre eles, redução da fiação, facilidade de manutenção, flexibilidade na configuração da rede e, principalmente o diagnóstico de dispositivos em campo. Por usarem protocolos de comunicação digital padronizados, essas redes possibilitam a integração de equipamentos de vários fabricantes distintos (NOGUEIRA, 2009 P.24).

Para garantir que a rede de comunicação atenda as necessidades de uma planta industrial, deve-se levar em consideração algumas variáveis: taxa de transmissão, topologia física da rede, meio físico de transmissão, tecnologia de comunicação (MORAES; CASTRUCCI, 2007).

2.4.1 Topologia de Rede

A estrutura física completa do meio de transmissão é chamada de topologia física. Quando um grande número de nós precisa ser conectado, a questão da topologia de rede deve ser observada. Topologia nada mais é que a forma da rede, baseada em elementos de comunicação e nós, bem como no tipo de conexão. A Figura 2 e 3 mostram as principais topologias.

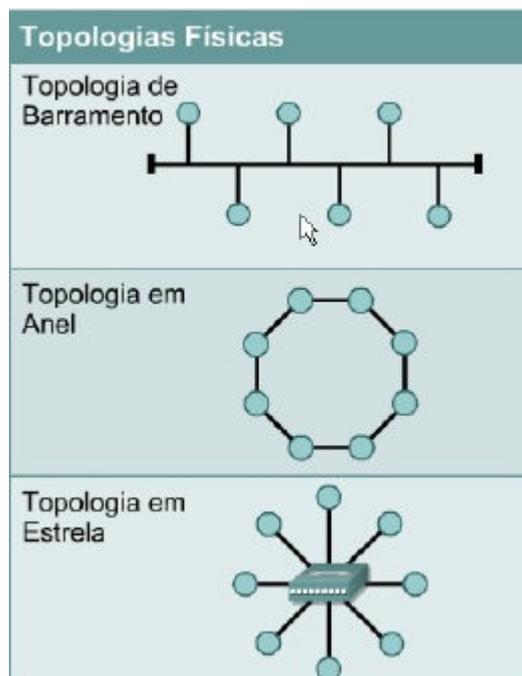


Figura 2 – Principais Topologias de Rede
Fonte: Cisco.

- Topologia Barramento (bus) usa um único cabo *backbone* (rede de transporte) que é terminado em ambas as extremidades. Todos os computadores são ligados em um mesmo barramento físico de dados. Apesar de os dados não passarem por dentro de cada um dos nós, apenas uma máquina pode “escrever” no barramento num dado momento (CISCO, 2012)
- Topologia anel (ring) conecta um host ao próximo e o último host ao primeiro, criando um anel físico utilizando o cabo. Os dados são transmitidos unidirecionalmente de nó em nó até atingir o seu destino. Uma mensagem enviada por uma estação passa por outras estações, através das

retransmissões, até ser retirada pela estação destino ou pela estação fonte (CISCO, 2012).

- Topologia estrela (star) conecta todos os cabos a um ponto central de concentração. O concentrador se encarrega de retransmitir todos os dados para todas as estações, mas com a vantagem de tornar mais fácil a localização dos problemas (CISCO, 2012).

2.5 PROTOCOLO DAS REDES DE AUTOMAÇÃO

O protocolo é um conjunto de regras que controla o formato e o significado dos pacotes ou mensagens que são trocadas pelas entidades pares contidas em uma camada. As entidades utilizam protocolos com a finalidade de implementar suas definições de serviço. Elas têm a liberdade de trocar seus protocolos, desde que não alterem o serviço visível para seus usuários. Portanto, o serviço e o protocolo são independentes um do outro (TANENBAUM, 2003)

O protocolo de comunicação basicamente é o idioma de comunicação das máquinas. Surgiu com a necessidade de comunicar máquinas distintas, com sistemas distintos sem a necessidade de escrever programas para traduzir a comunicação.

2.6 CLASSIFICAÇÃO DAS REDES INDUSTRIAIS

A tecnologia da informação tem sido determinante no desenvolvimento da tecnologia da automação alterando hierarquias e estruturas nos mais diversos ambientes industriais assim como setores, desde as indústrias de processo e manufatura até prédios e sistemas logísticos. A capacidade de comunicação entre dispositivos e o uso de mecanismos padronizados, abertos e transparentes são componentes indispensáveis do conceito de automação de hoje. A comunicação vem se expandindo rapidamente no sentido horizontal nos níveis inferiores (*field level*), assim como no sentido vertical integrando todos os níveis hierárquicos. De acordo com as características da aplicação e do custo máximo a ser atingido, uma combinação gradual de diferentes sistemas de comunicação oferece as condições ideais de redes abertas em processos industriais (CASSIOLATO, 2012).

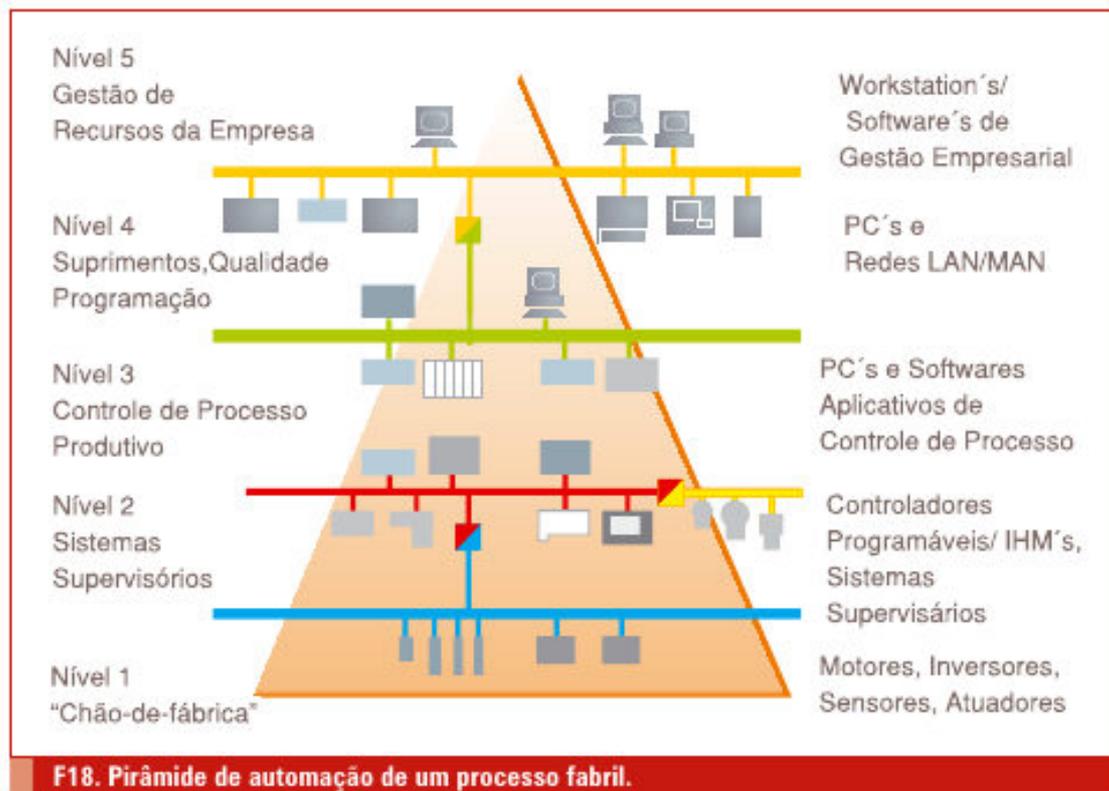


Figura 3 – Níveis da pirâmide de automação
Fonte: Mecatrônica Atual.

A Figura 3 mostra resumidamente os níveis de controle e as redes industriais que melhor se adaptam ao nível, em primeiro nível visualizamos os atuadores/sensores existente em campo, onde podemos citar a AS-Interface (AS-i) onde os sinais binários de dados são transmitidos via um barramento extremamente simples e de baixo custo, juntamente com a alimentação necessária para alimentar estes mesmos sensores e atuadores. Outra característica importante é que os dados são transmitidos ciclicamente, de uma maneira extremamente eficiente e rápida (CASSIOLATO, 2012).

Em um nível acima, os módulos de Entrada/Saída (E/S), transdutores, acionamentos (*drives*), válvulas e painéis de operação, comunicam-se com sistemas de automação via um eficiente sistema de comunicação em tempo real (PROFIBUS-DP ou PA, Foundation Fieldbus, HART, DEVICENET). A transmissão de dados do processo e diagnósticos é efetuada ciclicamente, enquanto alarmes, parâmetros e também diagnósticos são transmitidos somente quando necessário.

No nível 2, os CLPs comunicam-se uns com os outros, o que requer grandes pacotes de dados e um grande número de funções de comunicação. Além disto, uma integração eficiente aos sistemas de comunicação corporativos existentes, tais

como: Intranet, Internet e Ethernet é um requisito absolutamente mandatório. As redes PROFINet, ControlNet, e Ethernet IP, suportam dispositivos de campo simples e aplicações de tempo crítico (CASSIOLATO, 2012).

3 PRINCIPAIS REDES INDUSTRIAIS

Neste capítulo serão apresentadas as principais redes industriais disponíveis no mercado e suas principais características.

3.1 DEVICENET

O padrão de comunicação DeviceNet foi desenvolvida pela Allen-Bradley, uma empresa do grupo Rockwell Automation, em 1994, baseia-se na camada física 2 do modelo OSI e na técnica de transporte CAN. As soluções apresentam como vantagens a possibilidade de remover e substituir equipamentos em redes sob tensão e sem um aparelho de programação, ou ainda a possibilidade de fornecer a alimentação aos equipamentos através do próprio cabo de rede (Borges, 2007).

Permite conectar dispositivos industriais (sensores de posição, sensores fotoelétricos, interfaces homem-máquina) a uma rede permitindo, portanto, a comunicação entre dispositivos e o diagnóstico de falhas.

Uma rede DeviceNet pode conter até 64 dispositivos onde cada dispositivo ocupa um nó na rede, endereçados de 0 a 63. Qualquer um destes pode ser utilizado (CASSIOLATO, 2012).

A rede DeviceNet apresenta como vantagem a possibilidade de remover e substituir equipamentos em redes energizadas e sem um aparelho de programação ou ainda a possibilidade de fornecer a alimentação aos equipamentos através do próprio cabo de rede (NOGUEIRA, 2007). A Figura 4 mostra essa conectividade.

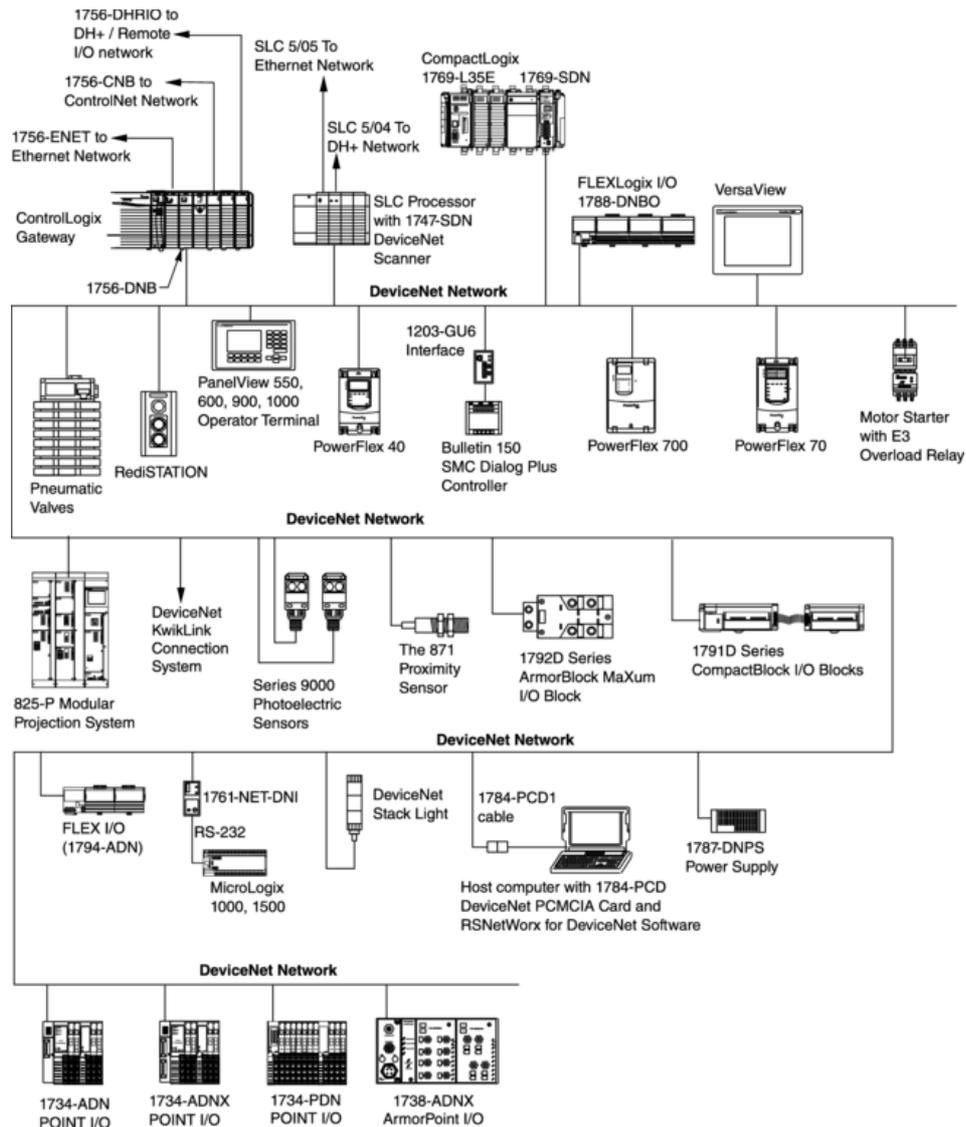


Figura 4 – Rede DeviceNet
Fonte: Rockwell Automation 1.

Suas principais vantagens são: baixo custo, grande aceitação no mercado, alta confiabilidade, uso eficiente da rede e energia elétrica disponível na rede. Suas desvantagens são comprimento máximo, limite do tamanho da mensagem e limite de largura de banda.

3.2 CONTROLNET

A rede ControlNet foi desenvolvida em 1995 pela empresa Allen Bradley, que hoje chama-se Rockwell Automation. No começo, a rede era dedicada somente aos produtos da Allen Bradley, mas depois ela se tornou uma rede aberta, e hoje já existem vários fornecedores de equipamentos para a rede ControlNet (SABER ELETRÔNICA, 2009).

As suas características são compatíveis com as aplicações que necessitam de determinismo, repetibilidade, alta taxa de transmissão (throughput), distribuição de dados através de grandes distâncias (chegando a 30 km) e sincronismo.

Trata-se de uma rede para o nível de controle, com transferência de dados em tempo real, provendo transportes de dados críticos de E/S e mensagens, incluindo o upload e download de programação e configuração de dispositivos (NOGUEIRA, 2007). As características da rede ControlNet podem ser vistas na Quadro 1

Número de Nós	99
Taxa de Transmissão	5 Mbit/s
Comprimento da Rede	Variável com o número de nós: 1000m com cabo coaxial para dois nós; com 32 nós é possível chegar a 500m e com 48 nós é o máximo é 250m. Com uso de repetidores e fibra ótica é possível chegar a 30 km de rede.
Topologia	Barramento, árvore, estrela ou combinações.
Configuração de Comunicação	Mestre e escravo, múltiplos mestres e peer-to-peer
Alimentação dos Dispositivos	Alimentação externa
Outras Características	Pode-se remover ou adicionar dispositivos com a rede energizada, detecção de duplicidade de nós.

Quadro 1 – Características da ControlNet.
Fonte: Autoria própria.

3.3 PROFIBUS

PROFIBUS foi concebida a partir de 1987 em uma iniciativa conjunta de fabricantes, usuários e do governo alemão. O PROFIBUS é um padrão de rede de campo aberto e independente de fornecedores, onde a interface entre eles permite uma ampla aplicação em processos, manufatura e automação predial. Esse padrão é garantido segundo as normas EN 50170 e EN 50254 (CASSIOLATO, 2012). Oferece características diversas de protocolos de comunicações, tais como:

- PROFIBUS DP (*Decentralized Peripheral*): é o mais usado dentre os protocolos, ele é caracterizado pela velocidade, eficiência e baixo custo de conexão. Foi projetado especialmente para comunicação entre sistemas de automação e periféricos distribuídos;
- PROFIBUS FMS (*Field Message Specification*): é um protocolo de comunicação geral para as tarefas de comunicações solicitadas. FMS oferece muitas funções sofisticadas de aplicações para comunicação entre dispositivos inteligentes;
- PROFIBUS PA (*Process Automation*): Este protocolo define os parâmetros e blocos de funções dos dispositivos de automação de processo, tais como transdutores de medidas, válvulas e IHM (*Interface Human Machine*) ;
- PROFINet (*Profibus for Ethernet*): Comunicação entre CLPs e PCs usando Ethernet/TCP-IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol);
- PROFISafe: para sistemas relacionados a segurança;
- PROFIDrive: para sistemas relacionados a controle de movimento.

3.4 ETHERNET INDUSTRIAL

A rede Ethernet foi desenvolvida pela Xerox no seu Centro de Pesquisa Palo Alto (PARC) nos anos 70. É uma rede mundialmente utilizada para a conexão de computadores pessoais e foi um grande desafio levar a Ethernet para a indústria e torná-la uma das redes de maior crescimento no setor (SCHWEITZER, 2012).

Atualmente, a Ethernet é a tecnologia de rede dominante utilizada em escritórios e residências. Tendo em vista que as redes Ethernet são baratas e razoavelmente bem compreendidas, a sua utilização está rapidamente se popularizando para aplicações industriais, incluindo redes de automação (SCHWEITZER, 2012).

Alguns motivos para a abrangência do mercado de Ethernet é que ela conta com as seguintes vantagens:

- Plataforma aberta e realmente global;
- Tecnologia acessível e de fácil compreensão;
- Segurança, velocidade e confiabilidade garantida pela evolução da própria informática;
- Dados disponíveis em qualquer sistema operacional;
- Acesso às informações da planta via redes públicas e redes privadas;
- Diversidade de serviços disponíveis para melhor desempenho;
- Inúmeros equipamentos disponíveis de diversos fabricantes (NOGUEIRA, 2007).

4 REDE DE COMUNICAÇÃO INDUSTRIAL DH-485

Neste capítulo será apresentado o protocolo de comunicação DH-485 e tópicos importantes para seu uso em uma rede industrial.

4.1 INTRODUÇÃO A REDE DE COMUNICAÇÃO DH-485

A rede DH-485 foi desenvolvida pela empresa Allen Bradley, que hoje chama-se Rockwell Automation para trocar informações entre dispositivos de chão-de-fábrica aonde usam CLPs da família (PLC5, SLC500, ControlLogix), podendo monitorar-se parâmetros e status de processo, dispositivos e aplicações para suportar aquisição de dados, monitoração de dados, carregamento e leitura (*upload/download*) de programas e controle supervisão (ROCKWELL, 2006). A Figura 5 mostra um exemplo básico de uma rede DH-485

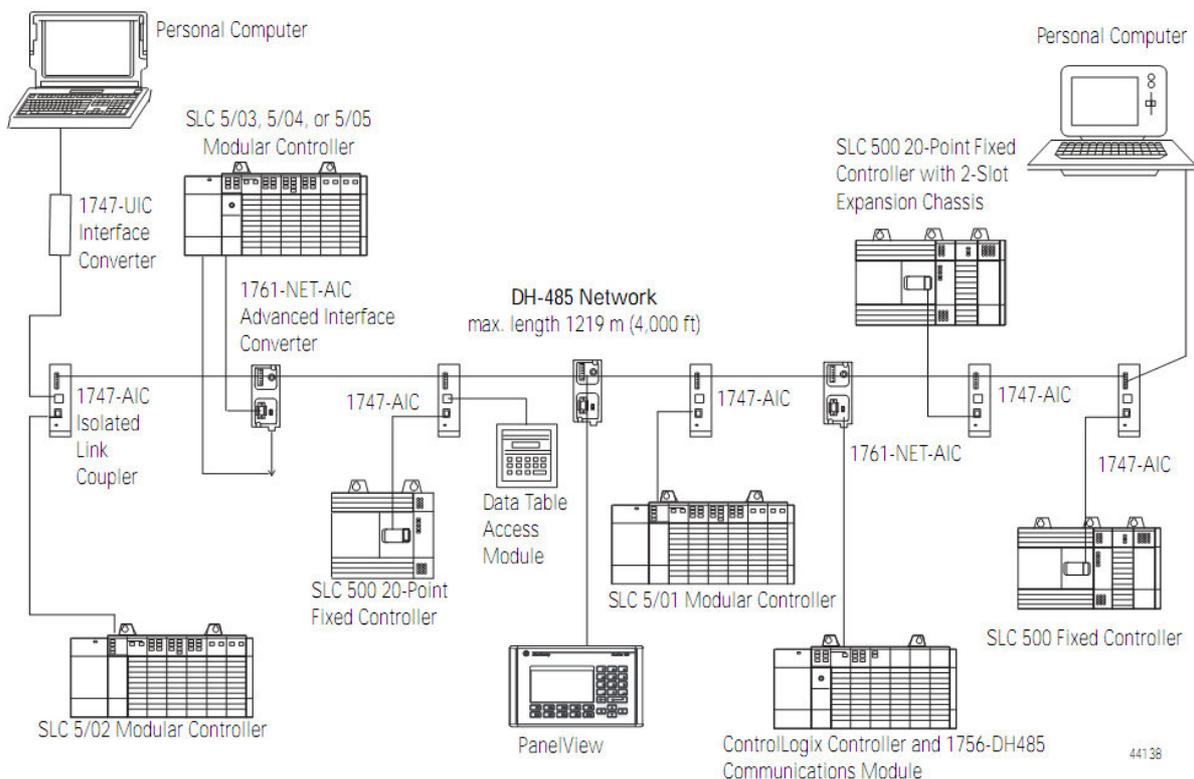


Figura 5 – Rede DH485
Fonte: Rockwell Automation 2.

A rede DH-485 permite:

- Conexão de 32 dispositivos;
- Capacidade multi-mestre;
- Controle de acesso tipo *Token-passing*;
- Possibilidade de remoção e inserção de nós sem interromper a rede;
- Distância máxima de 1.219 metros, com o uso de conversões é possível obter uma distância de 2.438 metros.

4.2 PROTOCOLO DH485

O protocolo DH-485 suporta duas classes de dispositivos: Iniciantes e Respondedores. Todos os iniciadores na rede tem o direito de iniciar a transferência de mensagens. Para determinar qual iniciante tem o direito de transmitir, um algoritmo tipo passagem de direito é usado.

4.3 ROTAÇÃO DO TOKEN DH485

Um nó recebendo o *token* pode enviar qualquer pacote válido na rede. Cada nó pode realizar somente uma transmissão (mais duas tentativas) cada vez que recebe o token. Após um nó enviar um pacote de mensagem, ele tenta entregar o token ao sucessor enviando um pacote *token passing*.

Se nenhuma atividade ocorre na rede, o iniciador envia o pacote *token passing* novamente. Após duas tentativas, totalizando três tentativas o iniciador tentará encontrar um novo sucessor.

O endereço máximo que o iniciador procurará antes de voltar para zero é o valor conFIGurado no parâmetro: máximo endereço de rede. O valor “*default*” para este parâmetro é 31 para todos os iniciadores e respondedores.

O range permitido para endereços de nós iniciadores é 0 a 31 e para respondedores é 1 a 31(ROCKWELL, 2006).

4.4 INICIALIZAÇÃO DA REDE DH485

A inicialização da rede começa, quando existir um período de inatividade excedendo o tempo definido como “tempo para resposta de uma conexão” for detectado por um iniciador na rede. Quando este tempo é excedido, normalmente o iniciante com o endereço mais baixo da rede, assume o *token*, e este iniciante começará a construir a rede.

A construção de uma rede começa quando o iniciante que assumiu o *token* tenta passar o *token* ao nó sucessor. Se a tentativa falhar, ele começa a procurar novos sucessores à partir do endereço de nó posterior ao seu.

Quando o iniciante encontra outro nó iniciante ativo, ele passa o *token* para este nó, o qual repete o processo até que o *token* passe por todos da rede, até retornar ao primeiro nó.

Neste ponto, a rede está em estado normal de operação (ROCKWELL, 2006).

4.5 CONSIDERAÇÕES PARA CONFIGURAÇÃO DA REDE DH-485

Algumas considerações são importantes na configuração de uma rede e estes parâmetros, tem um significativo efeito no desempenho da mesma. Os principais parâmetros a serem considerados são:

- Número de nós na rede
- Endereços de todos os nós
- Taxa de transmissão (*Baud rate*)
- Seleção do máximo endereço de nó
- Fator de retenção do (*token*)
- Máximo número de dispositivos comunicando

A Figura 6 mostra essa configuração em um CLP Rockwell modelo SLC500, assumindo o endereço de rede como 1, tendo como endereço máximo na rede 31, um *baud rate* de 19,2 Kbps.

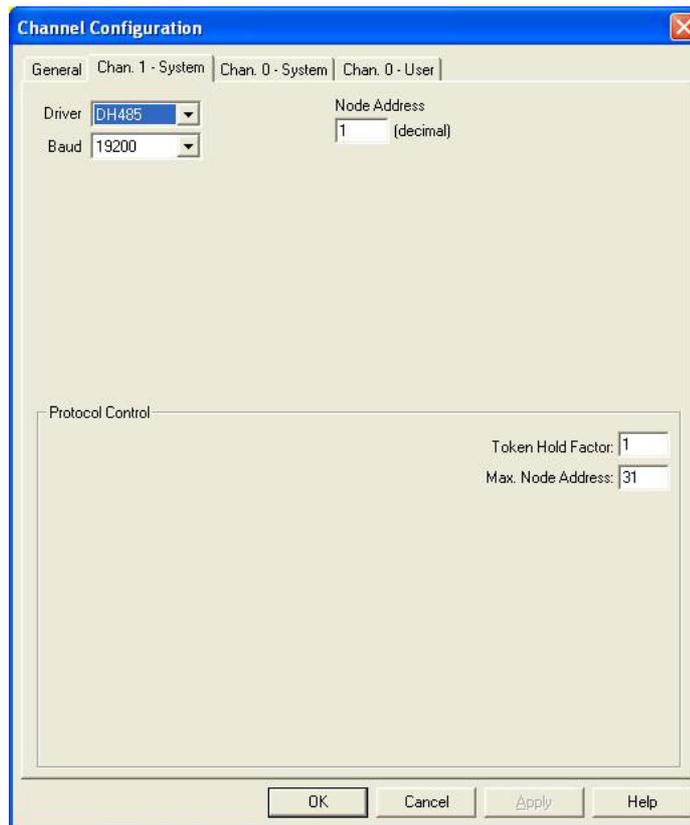


Figura 6 – ConFiguração da rede DH-485 no CLP
 Fonte: RSLogix - Rockwell Automation, 2011.

4.5.1 Números de Nós

O número de nós na rede afetará diretamente o tempo de transferência dos dados entre os nós. Nós desnecessários (tais como um segundo terminal de programação que não está sendo usado), diminui a taxa de troca de dados. O máximo número de nós na rede será 32 (ROCKWELL, 2006).

4.5.2 Definindo Endereço de Nós

O melhor desempenho da rede acontece quando os endereços dos nós começam em “1” e são atribuídos em ordem sequencial. Um processador não pode receber endereço de nó=0. Além disso, os iniciadores, tais como computadores pessoais devem receber o endereço de nó de número mais para minimizar o tempo requerido para inicializar a rede (ROCKWELL, 2006).

4.5.3 Máximo Endereço de Nó

O parâmetro “máximo endereço de nó” deve ser ajustado no menor número possível, dentro do limite de 32. Isto minimiza a porção de tempo usada na solicitação de sucessores quando da inicialização da rede. Se todos nós são endereçados em seqüência à partir do zero e o endereço de nó mais alto na rede é igual ao parâmetro “máximo endereço de nó” a rotação do token melhorará devido a porção de tempo requerida para transmitir um pacote de solicitação de sucessor. A passagem do token entre os nós levam em média 7ms.

4.6 TROCA DE INFORMAÇÕES ENTRE CPUS

Apesar de possuir uma velocidade de comunicação baixa para os padrões de redes industriais atuais, sendo limitada a 19,2 Kbps, a rede DH-485 permite coletar informações de todo processo, apresentando essas informações de maneira simples em um banco de dados ou simplesmente em uma IHM.

A rede DH-485 permite também a comunicação entre CPUs, podendo acessar informações de uma CPU para tomar decisões em outra CPU, para que isso aconteça se faz necessário o uso de um comando conhecido como “LER/GRAVAR MENSAGEM”, na família de CLPs da ROCKWELL esse comando é conhecido como “MSG”. A Figura 7 mostra esse comando sendo usado em um CLP SLC500

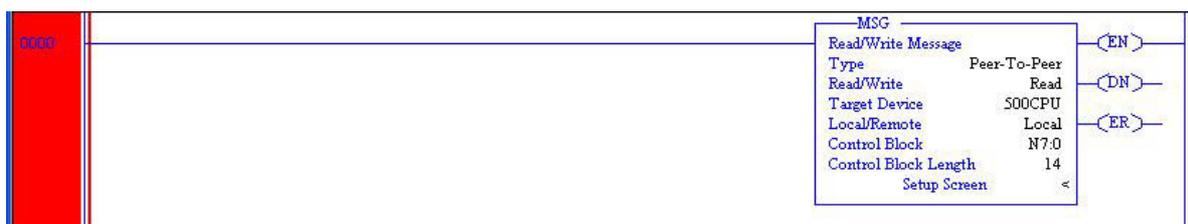


Figura 7 – Comando MSG em um CLP SLC500
 Fonte: RSLogix - Rockwell Automation, 2011

Para o uso desse comando se faz necessário algumas conFigurações, tais como;

- CPU será leitura ou escrita;
- Endereço de memória local para ler/gravar;
- Endereço de memória remota para ler/gravar;
- Endereço do nó no qual se deseja acessar.

A Figura 8 mostra esse parâmetro de conFiguração no SLC500

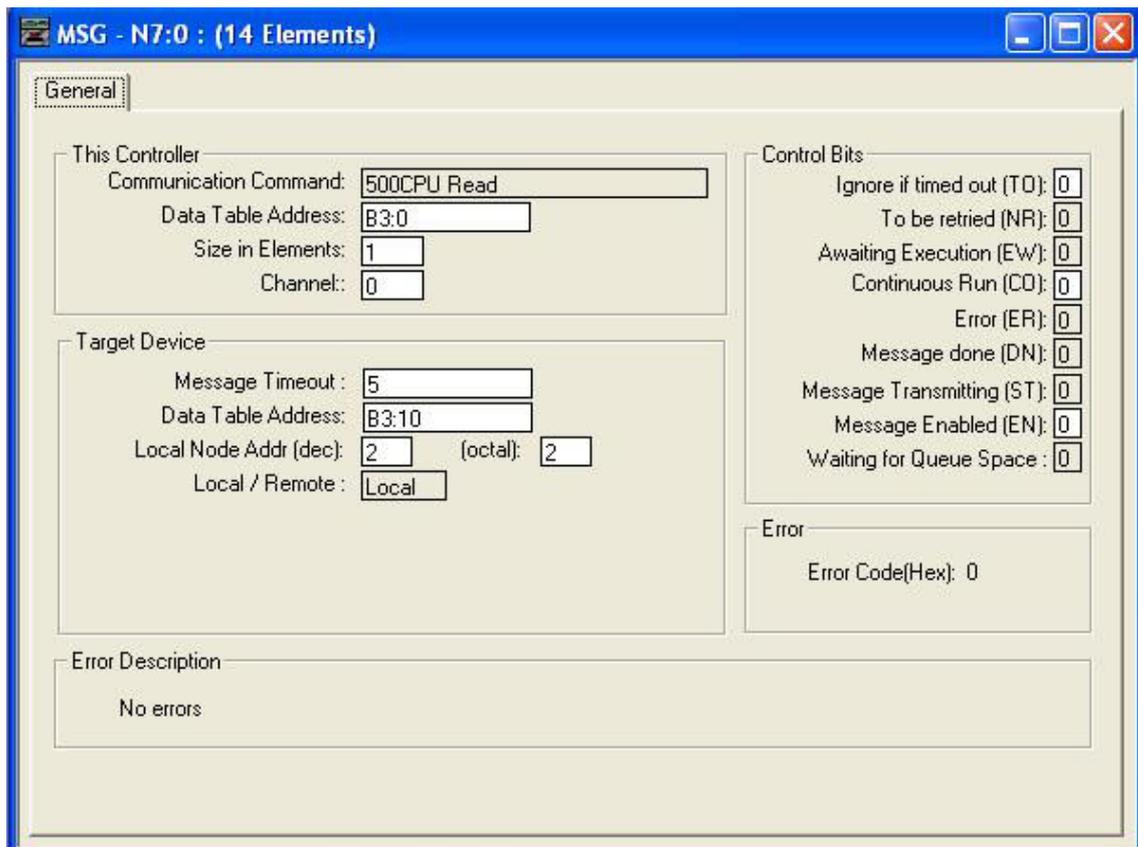


Figura 8 – ConFiguração do comando MSG em um CLP SLC500
Fonte: RSLogix - Rockwell Automation, 2011

Interessante salientar que o uso constante do comando “MGS” pode sobrecarregar a rede, por esse motivo recomenda-se o uso de temporizadores com a finalidade de criar uma rotina periódica ou execução por evento apenas.

Por se tratar de uma rede de comunicação de baixa velocidade, não é recomendado o uso da mesma em processos que necessitam de decisões rápidas ou que possuem um grande volume de informações acontecendo ao mesmo tempo.

5 ESTUDO DE CASO: DESENVOLVIMENTO DE UMA REDE DH-485

Neste capítulo será apresentado um estudo de caso usando o protocolo de comunicação DH-485, sendo desenvolvida em uma linha de produção.

5.1 CENÁRIO

A linha de produção em questão possui 20 CLPs Rockwell, usando o modelo SLC500 5/03, esse modelo de CPU possui dois canais de comunicação, canal 0 sendo o protocolo Rockwell DF1 e o canal 1 o protocolo DH-485. A Figura 9 mostra a vista frontal da CPU.

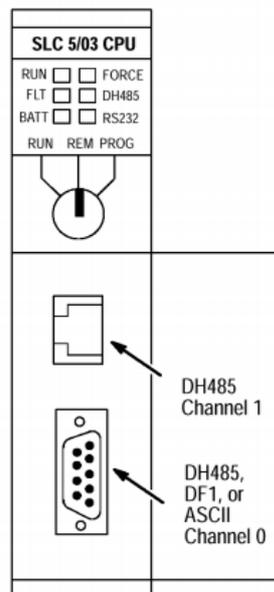


Figura 9 – Vista frontal do SLC500
Fonte: Rockwell Automation 2.

A linha de produção da empresa alimentícia está passando por um processo de certificação, tendo como meta otimizar seu processo de produção e identificar suas principais falhas através da ferramenta conhecida como TMEF (tempo médio entre falhas), para que isso aconteça foi desenvolvido um programa no CLP, mas devido o acesso ser local, o eletrônico da linha necessita fazer o acesso semanal de todas as máquinas para processar tal informação, a linha possui ainda uma rotina de plano de backup, essa rotina acontece a cada 3 meses, para que se possa

realizar o serviço se faz necessário o uso de computadores desktop adaptados em armários moveis ou quando disponível o uso de *notebooks*. Por se tratar de uma linha de produção, o acesso aos painéis elétricos para uma eventual manutenção ou monitoração dos programas de CLPs, se faz necessário algumas vezes o deslocamento de matérias tais como recipiente para reprocesso, materiais de embalagens, produto acabado, e com frequência o incomodo das pessoas na linha de produção devido ao pouco espaço disponível entre o equipamento em operação e o painel elétrico entre máquinas, essa situação faz com que as partes internas dos painéis elétricos fiquem expostas a pessoas não habilitadas ou não autorizadas.

5.2 PROJETO PROPOSTO

Apesar da rede de comunicação DH-485 possuir suas limitações com relação à velocidade de comunicação, é considerada uma rede de baixo custo de instalação, de fácil manutenção e dentro do escopo presente uma solução muito mais viável perante outras tecnologias, visto que com a rede DH-485 não será necessário realizar a troca das 20 CPUs na linha de produção, uma vez que o custo dessa manobra seria de aproximadamente R\$ 13 mil por CPU modelo SLC500 5/05 com canal de acesso ethernet totalizando R\$260.000,00.

O escopo do projeto de instalação consiste em interligar todos os equipamentos do setor de embalagem para comunicação entre CLPs, o desenvolvimento de um programa dentro da rotina de varredura do CLP para não sobrecarregar a rede e interligar a rede DH-485 a rede corporativa da empresa para acesso remoto dos programas e informações de produção. A Figura 10 mostra o modelo da rede proposta com o objetivo de interligação dos 20 CLPs, usando o conversor Rockwell 1747-AIC, no qual permite conectar 2 CPUs através das portas designadas, finalizando a rede DH485 através do conversor 1761-NET-AIC com a finalidade de converter a rede DH485 cabeada para uma saída RS232, conectado em um conjunto CLP ControlLogix 5000, aonde possui apenas a interface adaptadora DH485 e outra Ethernet para conectar na rede corporativa, a mesma não possui CPU para essa situação.

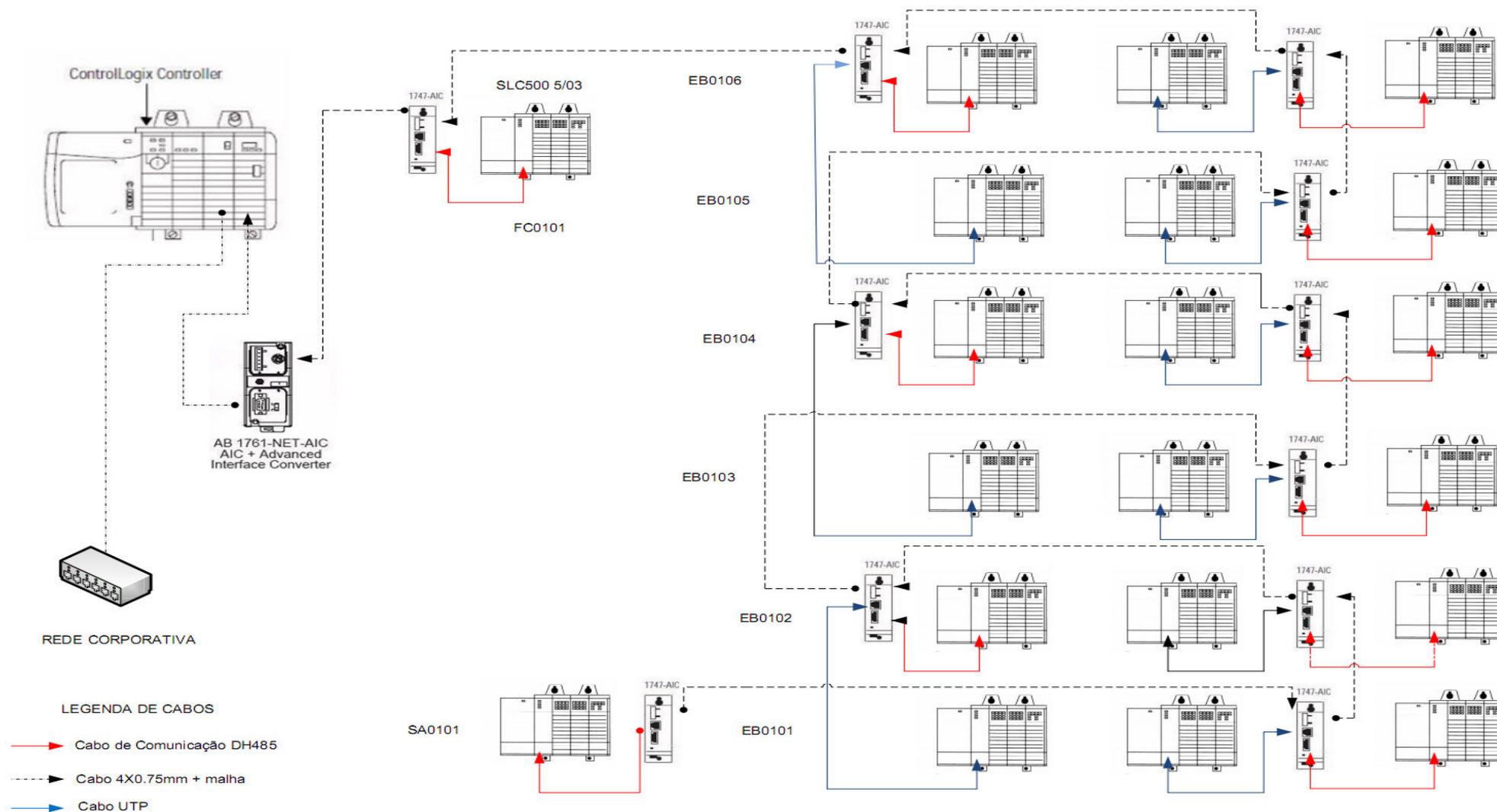


Figura 10 – Projeto de rede DH-485 proposto
Fonte: Autoria própria

A Rockwell em seus catálogos sempre sugere o uso do adaptador de rede DH485 modelo AB 1747-AIC, usando a porta CPU para conexão com o CLP e a porta Periférico para uso em uma IHM ou ponto de monitoração. A Figura 11 mostra o uso das portas do adaptador em uma rede DH485 tendo um CLP como mestre, usando o canal CPU-J1 do adaptador e as portas J2 sendo usada apenas para uso em IHM, podendo ler/escrever dados remotamente no CLP, caso seja necessário conectar mais CLPs na rede será necessário mais adaptadores com a porta CPU-J1 disponível.

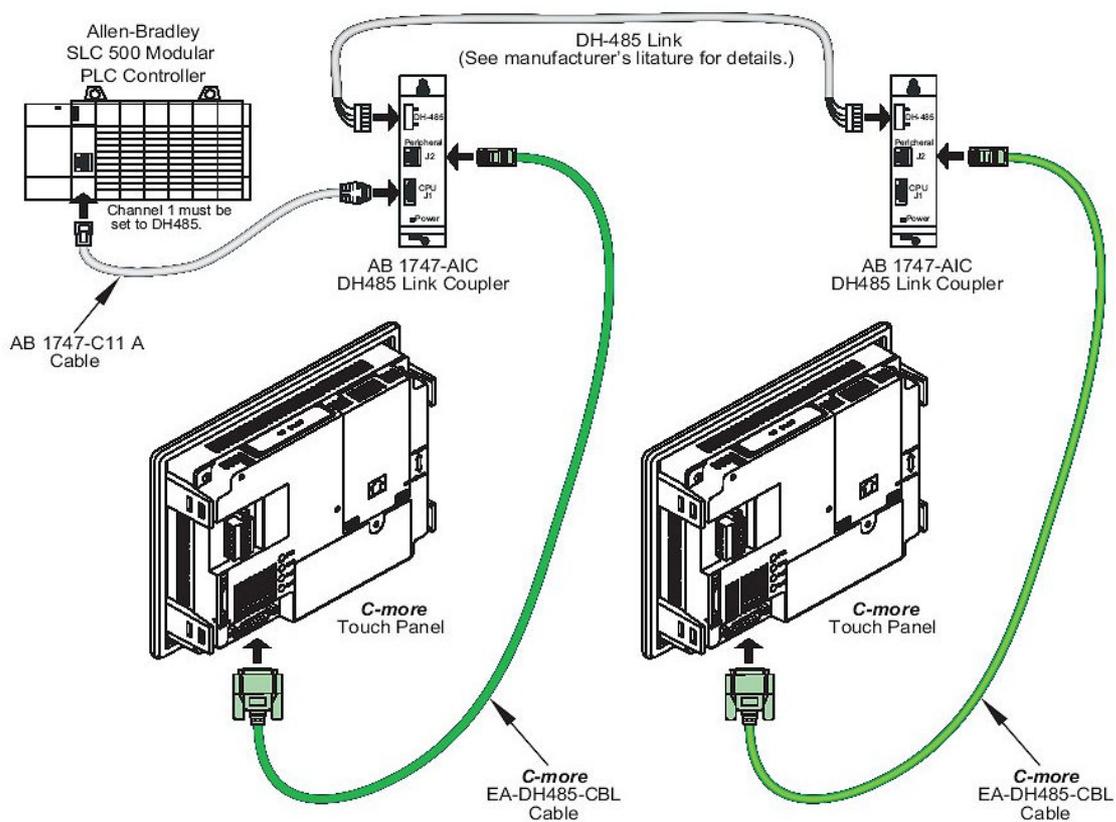


Figura 11 – Uso do adaptador de rede
Fonte: Rockwell Automation 2.

Com a finalidade de viabilizar e deixar mais acessível o projeto foi realizado testes com o adaptador de rede DH-485, o teste tinha por objetivo usar as portas do adaptador 1747-AIC ambas para conexões com CLPs, porta Periférico não seria mais usada em uma IHM e sim para uso em outra CPU com endereço de nó diferente. A Figura 12 mostra o desenho do teste realizado de uso do adaptador de rede, a porta J2 do adaptador antes exclusivo para IHM ou monitoração, passou a ser usada em um CLP, a rede DH485 usada como teste passou a ter 3 nós diferentes e com acesso individual de cada CPU.

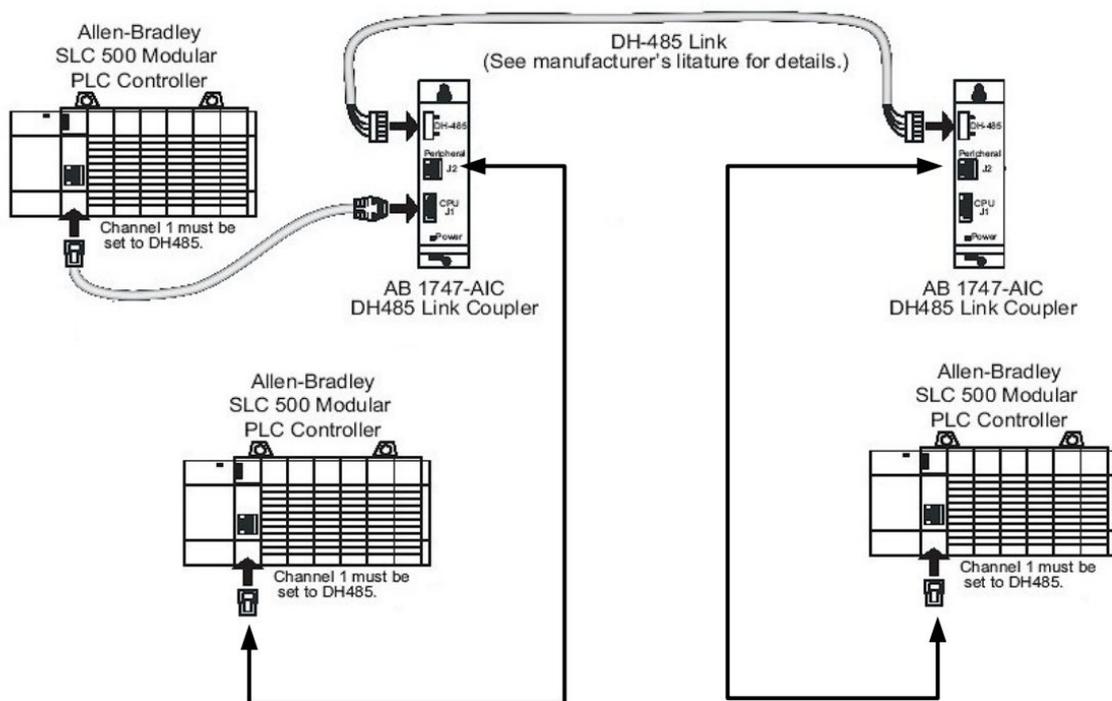


Figura 12 – Teste de uso do adaptador
Fonte: Autoria própria

Com o teste realizado, verificou-se que não houve alteração na velocidade de acesso as CPUs no momento de Upload/Download mesmo usando a porta Periférico do adaptador. Com esse tipo de teste reforçou-se a viabilidade do projeto, pois não será mais necessário a instalação de um adaptador de rede por CPU, será possível interligar duas CPUs com um adaptador.

O orçamento para instalação da rede em todo o setor de embalagem ficou com valor aproximado de R\$ 32 mil reais entre adaptadores, cabos, conectores e switch industrial de 5 portas. A mão de obra para execução do serviço será própria, não gerando um custo extra.

5.2.1 Modelo de Programa para Comunicação Entre CPUs

A finalidade da comunicação entre CPUs é para monitorar o TMEF individual de cada máquina de embalagem ou um grupo de máquinas, visto que cada máquina de embalagem possui 3 CLPs, armazenando essas informações em memórias do CLP, podendo ser visualizadas via IHM ou computador remoto, para não sobrecarregar a rede DH-485 devido a sua baixa velocidade de comunicação com informações repetidas ou desnecessárias, é interessante o uso correto da instrução MSG para que carregue as informações apenas quando acontecer algum evento programado. A Figura 13 mostra a prática de uso no MSG em uma rede DH485, a instrução MSG não deve ser ligada de como contínuo, a instrução necessita de pulsos para transmissão dos dados, para cada pulso gerado acontecerá uma transmissão de dados. Através do bit de controle N13:0/15, a primeira instrução MSG fará sua transmissão para CPU programada quando algum evento de TMEF acontecer, caso o bit fique verdadeiro. No segundo MSG a CPU só irá ler as informações caso o bit N13:20/15 se torne verdadeiro, habilitando a instrução MSG.

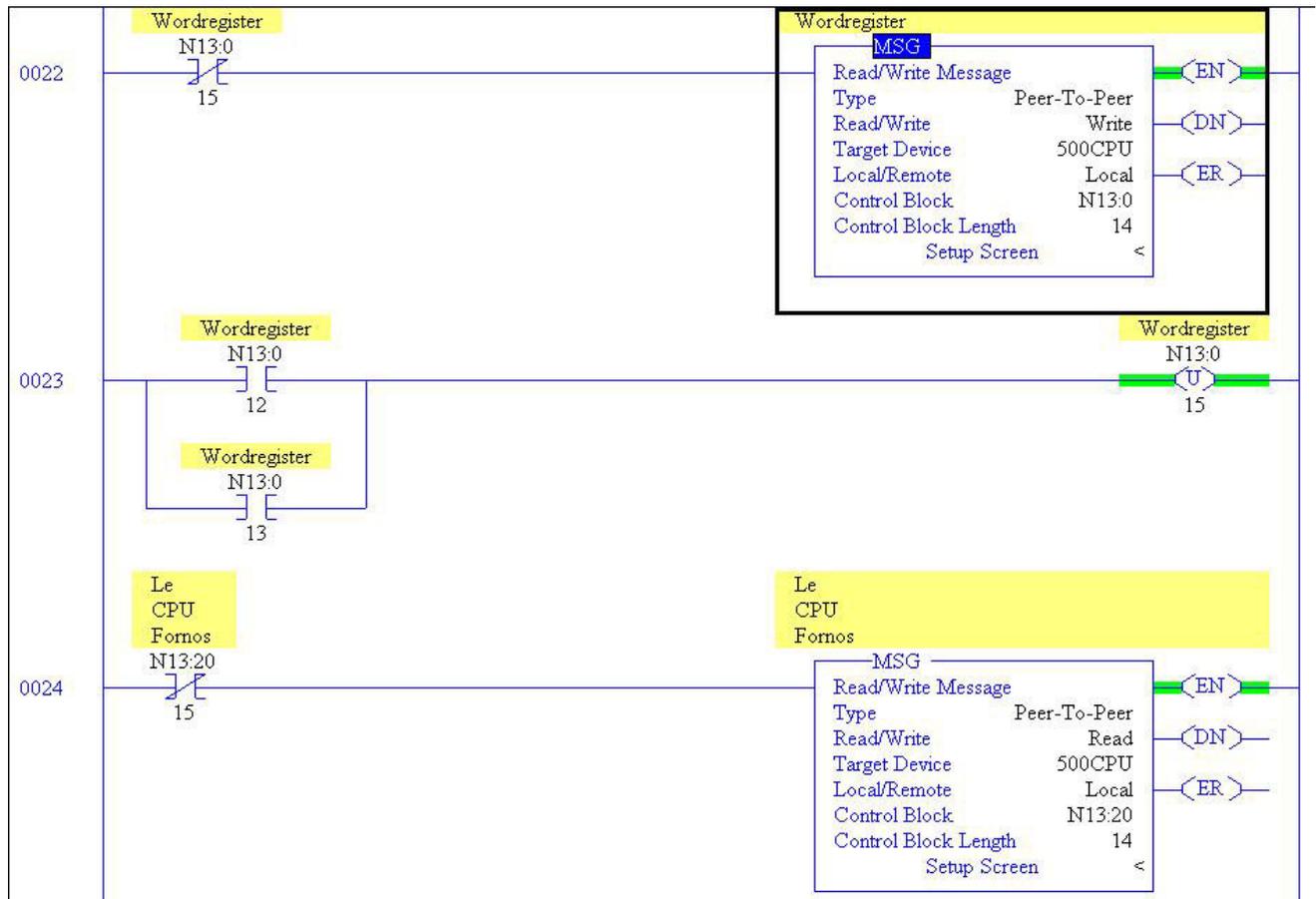


Figura 13 – Usando a instrução MSG na rede DH485
 Fonte: Autoria própria

5.2.2 Monitorando a Rede DH-485 em Uso

Para que se possa fazer comunicação com os CLPs da Rockwell, se faz necessário o uso do software conhecido como RSLinx, esse software possui todos os protocolos de comunicação usados pela Rockwell. Usando esse software é possível monitorar todos os nós de comunicação da rede DH-485 criadas na linha de produção. A Figura 14 mostra essa comunicação através do software RSLinx, sendo o nó zero o terminal de comunicação usado para dar acesso aos programas de CLP upload/download/monitoração, os demais nós visualizados na Figura são os CLPs através da rede acessados em um ponto remoto.

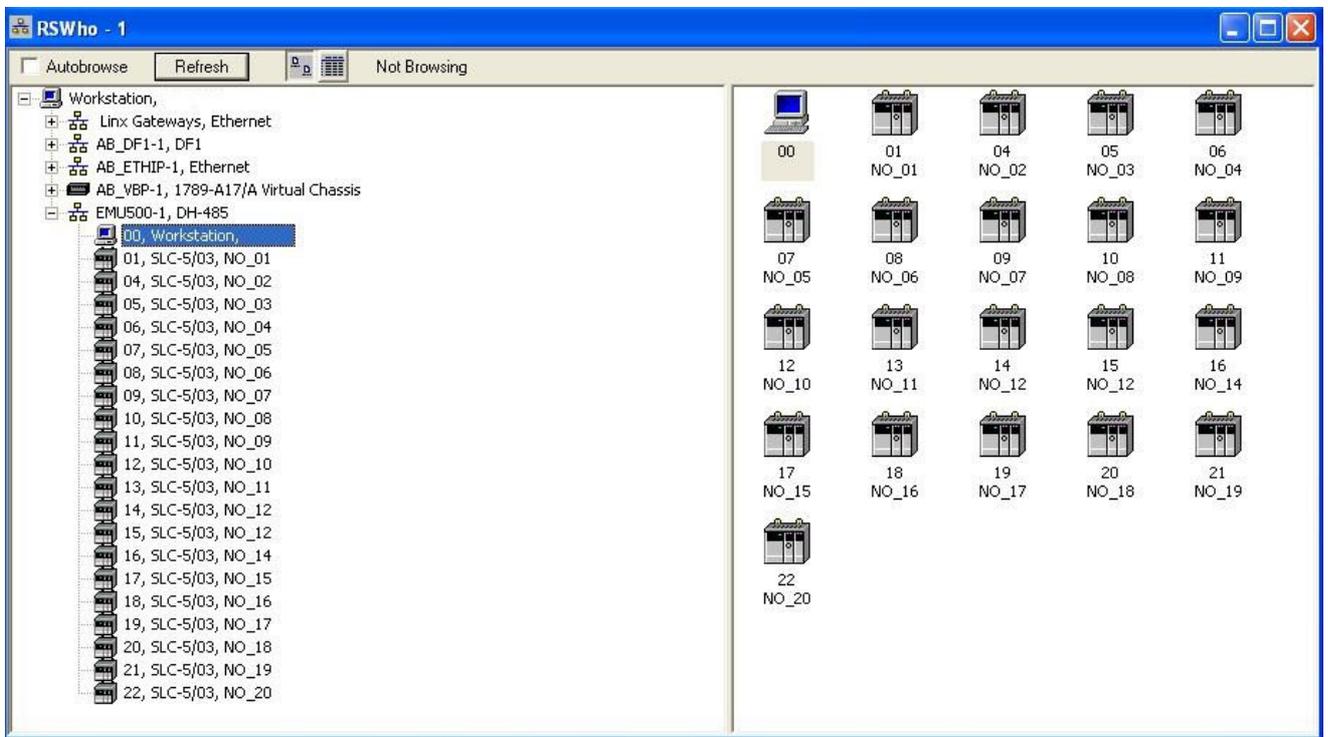


Figura 14 – Visualizando a rede DH-485 via Software RSLinx.
Fonte: Autoria própria

6 CONCLUSÃO

Este trabalho abordou as principais características e requisitos técnicos das principais redes industriais disponíveis no mercado, mostrando seus pontos positivos como, velocidade de acesso, como distância e como tipo de topologia.

O principal propósito desse trabalho foi mostrar as características de um protocolo específico de um fabricante, abordando suas vantagens e suas limitações técnicas, apesar de ser um protocolo no qual esta caindo em desuso devido ao grande volume de informações trafegadas em uma rede industrial atualmente, muitas empresas ainda possui esse tipo de CPU com essa tecnologia, e por ser uma rede de baixo custo de instalação, pouca manutenção e um baixo volume de dados trafegados nesses pontos, se mantem em uso.

O protocolo de comunicação DH485 apesar de suas limitações, sendo seu maior ponto franco a velocidade de comunicação, possui características de acesso igual aos demais protocolos, permitindo acesso remoto, controles de interfaces, desenvolvimento de banco de dados e permite trabalhar com a ferramenta OPC (OLE for Process Control)

Com as características do protocolo evidenciadas e testes de bancada concluídos, foi possível propor um projeto de desenvolvimento de uma rede industrial com baixo custo de instalação e podendo atender as principais necessidades da empresa alimentícia na sua linha de produção.

Apesar das limitações técnicas levantadas nesse trabalho, a rede DH-485 após o término de instalação atendeu as expectativas conforme esperado, podendo ter acesso à linha de produção remotamente, obtendo dados de produção, TMEF e para equipe de manutenção e operacional uma maior segurança por não ter a necessidade de acesso direto ao painel elétrico dos equipamentos.

O projeto levou aproximadamente seis meses para a sua conclusão completa, essa demora aconteceu devido a aprovação do orçamento e da necessidade de importação uma placa DH-485 para módulo ControlLogix no qual permitiria a conexão com a rede corporativa. Para implantar a rede, desde o desenvolvimento do projeto, desde o orçamento junto a fornecedor Rockwell, desde a coleta de materiais elétricos diversos necessários e instalação dos componentes, foi utilizado mão de obra própria, não houve a necessidade de contratação externa para que o projeto acontecesse em qualquer uma das partes.

REFERÊNCIAS

ABUSAR.ORG. **Redes de computadores e TCP/IP – modelo OSI e TCP/IP**. Disponível em: < http://www.abusar.org.br/ftp/pitanga/Aulas/a01_modelos.pdf> Acesso em 30 Mar. 2013.

ARTIGONAL. **Introdução a redes de comunicação: protocolos de transmissão em ambientes industriais**. Disponível em: <<http://www.artigonal.com/tecnologias-artigos/introducao-a-redes-de-comunicacao-protocolos-de-transmissao-em-ambientes-industriais-1100278.html>> Acesso em 17 Dez. 2012.

AUTOMAGATE. **A histórica da automação industrial**. Disponível em: <<http://automagate.com.br/?p=12>> Acesso em 17 Dez. 2012.

BORGES, Fatima. **Redes de comunicação industrial**. Disponível em: <http://www.schneiderelectric.pt/documents/product-services/training/doctecnico_redes.pdf> Acesso em 21 Maio 2013.

CASSIOLATO, César. **Redes Industriais**. Disponível em: <<http://www.smar.com/brasil/artigostecnicos/artigo.asp?id=48>> Acesso em 21 Abr. 2013.

CISCO, Systems. **Internetworking Basics**. Disponível em: <http://docwiki.cisco.com/wiki/Internetworking_Basics> Acesso em 30 de Mar. 2013.

GUTIERREZ, R.M.V.; PAN, S.S.K. **Complexo eletrônico: Automação do controle industrial**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2807.pdf>. Acesso em 12 Fev. 2013.

MECATRONICA Atual. **Sensores na Automação Industrial**. Disponível em <<http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1640-sensores-na-automao-industrial?showall=&start=1>> Acesso em 08 Set. 2013.

MEIRA, Fernando. **A história da Automação Industrial**. Disponível em <<http://aublogation.blogspot.com.br/2009/05/historia-da-automacao-industrial-parte.html>>. Acesso em 12 Fev. 2013.

MORAES, C. C. de; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial**. 2.ed. LTC, 2007.

NOGUEIRA, Thiago Augusto. **Rede de Comunicação para Sistemas de Automação Industrial**. Disponível em: <http://www.em.ufop.br/cecau/monografias/2009/THIAGO%20AUGUSTO.pdf> Acesso em 09 Dez. de 2012.

ROCKWELL Automation 1. **DeviceNet Network**. Disponível em: <<http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12762/2181376/214372/1768364/3404052/Typical-Applications.html>> Acesso em 21 Maio 2013

_____ 2. **ControlLogix DH485 communication Module**. Disponível em: <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um532_-en-p.pdf>. Acesso em 22 Ago. 2013.

SABER ELETRÔNICA. **ControlNet**. Disponível em:
< <http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1305>>
Acesso em 25 Maio 2013

SANTOS, Raphael de Oliveira. **Segurança da Informação em Redes Industriais: ambiente para simulação e desenvolvimento de ferramentas**. Ano 2006 - Universidade Federal do Espírito Santo.

SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES. **Redes Ethernet em Subestações**. Disponível em:<http://www.selinc.com.br/art_tecnicos/6115.pdf>
Acesso em 21 Jun. 2013.

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