

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM GATEWAY COMUNICADOR ENTRE PROTOCOLOS MODBUS TCP/RTU

1. RESUMO

A constante busca pela otimização de processos tem sido um dos principais estímulos para os avanços técnico-científicos. O campo industrial é um dos setores que mais se nutre desses progressos, ficando evidente no âmbito das redes industriais, peça fundamental hoje para a construção da indústria moderna. Nesse sentido, a efervescente evolução desse setor faz com que as tecnologias desenvolvidas, rapidamente, substituam umas às outras, tornando algumas obsoletas ou incomunicáveis quando comparadas com os equipamentos mais modernos. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo desenvolver um Gateway Modbus capaz de servir como alternativa de baixo custo para reutilização de Controladores Lógicos Programáveis (CLP's) antigos, que possuem barramentos diferentes dos modernos, no intuito de prolongar a vida útil desses equipamentos e dar a possibilidade de expandir os limites e conexões de uma rede industrial convencional. O Gateway será desenvolvido usando o micro controlador BeagleBone Black para atuar como intercessor dos protocolos Modbus TCP/RTU, e assim ser capaz de efetivar a comunicação dos controladores que possuem barramento RS232 e RS485, com os que possuem conexão Ethernet/IP. Pretende-se aplicar a solução experimentalmente a uma planta do Laboratório de Redes e Instrumentação Industrial, de modo a permitir, aos Controladores Lógicos Programáveis existentes no laboratório, acessar equipamentos de entrada e saída remota mais antigos. O desempenho do sistema será avaliado e os resultados obtidos subsequentemente publicados.

2. INTRODUÇÃO

O ambiente industrial tem adotado cada vez mais as soluções baseadas em endereçamento de protocolo internet (IP) nos seus diferentes níveis de automação, seja em redes locais (LAN) e redes de longa distância (WAN) [1]. Esta mudança já está sendo vista décadas com o uso de ethernet no nível do chão de fábrica, com a evolução de padrões já consagrados como Profibus e Profinet, Devicenet e Ethernet/IP, Modbus RTU e TCP, Foundation Fieldbus H1 e HSE [2].

Dentro do conceito atual de indústrias 4.0, as tecnologias IP são responsáveis pela integração dos sistemas de tecnologia da informação (TI), com os sistemas existentes na camada mais baixa do processo industrial, chamados de sistemas de tecnologia operacional (TO). A TO refere-se às redes industriais que são normalmente usadas nas estratégias de controle de processo e de manufatura. Já, a TI engloba todos os componentes de software e hardware, que trabalham no nível de gestão da informação em uma rede IP, indo desde o planejamento e execução até a verificação e alteração das várias etapas que compõe o processo industrial [1][3]. Atualmente, existe no setor da indústria um híbrido de tecnologias de TO e TI operando em conjunto a fim de otimizar as operações e os processos. Essa evolução tecnológica conhecida como convergência de TI/TO tem sido construída através de redes comuns baseada em IP. Enquanto no passado, a ausência de elementos da TI como *data centers* ou *middlewares* no ambiente industrial resumia o processo a camadas isoladas de dispositivo/sensor, sem a passagem do material coletado por uma rede ou central de dados, hoje, com a difusão da IoT (*Internet of Things*), o mercado industrial dispõe de recursos tecnológicos para interligar melhor as informações coletadas no chão de fábrica e assim garantir mais eficiência no processo. A junção dessas tecnologias deu flexibilidade ao processo de controle industrial, que agora é capaz de gerenciar e supervisionar processos complexos, através de uma precisa troca de informações entre sensores, computadores, máquinas, atuadores, entre outros equipamentos, que por sua vez, só conseguem se comunicar se trabalharem dentro de um ambiente padronizado de comunicação, instalação e operação.

Nesse sentido, as redes industriais interligam as várias camadas do processo industrial, desde o nível mais baixo, chamado de nível de chão de fábrica, onde estão localizados os sensores e atuadores responsáveis pelo andamento do processo produtivo, até o nível mais alto de controle central. Através das sub redes, todos os equipamentos da rede podem comunicar-se, mesmo estando distantes a dezenas de quilômetros [2]. A informação que percorre o sistema de comunicação desde os sensores até os controladores, é dada em protocolos.

A tecnologia de protocolos de redes industriais teve origem por volta da década de 80, com protocolos HART e Modbus, porém continua em evolução. O protocolo Modbus, apesar de antigo no campo das redes industriais, é talvez o protocolo de mais larga utilização, já que diversos controladores e ferramentas para desenvolvimento de sistemas supervisórios o utilizam devido a sua facilidade de implementação e baixo custo [4]. Este protocolo define uma estrutura de mensagens compostas por bytes. A

comunicação entre os equipamentos de uma rede Modbus usa a técnica mestre-escravo, que permite somente um dispositivo, o mestre, iniciar as transações, chamadas de *queries*. Os outros dispositivos, escravos, respondem de acordo com o pedido do mestre, ou de acordo com a tarefa em questão [5].

A princípio, o protocolo Modbus ganhou bastante adesão com o padrão de comunicação serial, RS232-C e posteriormente RS485, configurando o Modbus RTU (*Remote Terminal Unit*). Porém, com o advento e popularização das redes Ethernet, sistemas de comunicação mais velozes, o protocolo Modbus foi atualizado para suportar o meio físico Ethernet/IP, dando origem ao Modbus TCP (*Transmission Control Protocol*). Entretanto o pacote de dados desse protocolo não é o mesmo do protocolo Modbus RTU, tornando necessária uma conversão quando se pretende usar os dois protocolos. Essa conversão pode ser dada por meio dos *Gateways*.

O conceito de *Gateway* é um dos mais importantes dentro da lógica de IoT, já que consiste em um *proxy*, isto é, um intermediador, entre a rede de detecção e as camadas de aplicação, estabelecendo a comunicação entre sensores, e as camadas superiores da rede [6]. Com *Gateways*, é possível conectar equipamentos localizados em redes diferentes e que se comunicam em padrões ou protocolos distintos, expandindo assim a rede de conexão entre os diferentes dispositivos. No ambiente industrial, *Gateways* cumprem a função de intercessores de comunicação remota, entre sensores, atuadores, transmissores, com sistemas de controle e supervisão da planta de produção. Por essa razão, os *Gateways* precisam suportar uma ampla variedade de interfaces de entrada e saída, incluindo conexões com fio, sem fio, serial e Ethernet [7]. A Figura 1 mostra um esquemático de uma rede mediada por um *Gateway*, que estabelece comunicação entre equipamentos que respondem aos protocolos Modbus TCP e RTU.

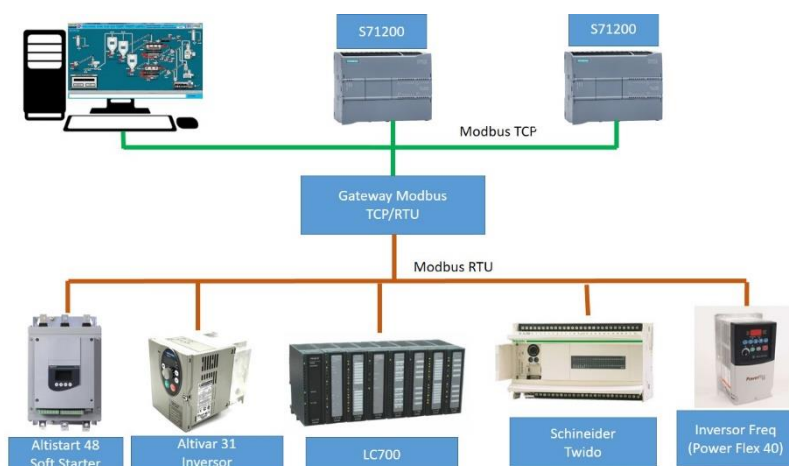


Figura 1 – Esquemático de rede de equipamentos comunicados por um Gateway.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver um *Gateway*, isto é, um intercessor de protocolos, capaz de mediar a troca de informações entre uma rede Modbus RTU, composta de equipamentos mais antigos, e uma rede Modbus TCP, composta de equipamentos mais modernos. O Gateway será desenvolvido utilizando o microcontrolador BeagleBone Black que permitirá embarcar um sistema operacional Linux, sendo possível assim, trabalhar com aplicações mais complexas e sistemas multitarefas. A solução desenvolvida será aplicada experimentalmente a uma planta do Laboratório de Redes e Instrumentação Industrial de modo a permitir aos Controladores Lógicos Programáveis existentes no laboratório, acessar equipamentos de entrada e saída remota mais antigos. O desempenho do sistema será avaliado e os resultados obtidos subsequentemente publicados.

3. JUSTIFICATIVAS

O desenvolvimento deste projeto justifica-se por atender uma demanda presente no setor industrial, que consiste na imprevista necessidade de aposentar prematuramente equipamentos com alto potencial de uso. Nessa perspectiva, a fim de reduzir custos, o desenvolvimento de Gateways permite efetivar a comunicação de controladores que possuem barramentos diferentes e seguem padrões de rede distintos, prolongando a usabilidade dos dispositivos disponíveis e reduzindo gastos.

Do ponto de vista da formação de recursos humanos, o desenvolvimento deste projeto corrobora com os objetivos do Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Uberlândia, no sentido de formar profissionais generalistas, com conhecimentos técnico-científicos, que os capacitem a absorver e desenvolver novas tecnologias; atuando com visão crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais.

Ademais, leva-se em conta que o Laboratório de Redes e Instrumentação Industrial possui equipamentos modernos de controle industrial, incluindo Sistemas Supervisórios e CLP's que possuem internamente a capacidade de comunicação com o protocolo Modbus TCP e redes Ethernet/IP. Entretanto, existem também no laboratório, CLP's mais antigos que possuem somente barramentos RS-232 e RS-485, consequentemente incapazes de se comunicarem em redes Ethernet/IP. O laboratório conta, por exemplo, com uma planta didática de esteira transportadora (Figura 2) em

inatividade, que pode ser aplicada no ensino de disciplinas como: Informática Industrial, Sistemas Supervisórios, Sistemas de Eventos Discretos, Controle e Redes Industriais. Porém ela trabalha somente com equipamentos que comunicam através do protocolo Modbus RTU. Nesse sentido, o desenvolvimento de um Gateway Modbus para atuar como intercessor dos protocolos Modbus TCP/RTU surge como alternativa de baixo custo para reutilização e prolongamento da vida útil desses equipamentos, dando a possibilidade de mais membros da comunidade terem o contato com tais equipamentos.



Figura 2 - Planta didática de uma esteira transportadora no Laboratório de Redes e Instrumentação Industrial – FEELT/UFU. (A – painel de controle da esteira; B – Esteira).

Considera-se também, que este projeto se justifica desde um ponto de vista sustentável, uma vez que o desenvolvimento de *Gateways* possibilita a reutilização de equipamentos que poderiam ser descartados, contribuindo então, na redução de possíveis impactos ecológicos, econômicos e sociais. Na ecologia, ao aumentar o tempo de vida/uso dos equipamentos evita-se a extração de recursos da natureza, e reduz-se a poluição do meio ambiente com lixo-eletrônico e sucata. Na economia, ao otimizar os processos de produção, mantendo ou recuperando o capital financeiro da empresa, propicia-se um modelo de gestão sustentável. Por fim, no âmbito social, promove-se a geração de conhecimento, que por sua vez, permite a formação de recursos humanos cada vez mais capacitados para o desenvolvimento de atividades alinhadas com o desenvolvimento científico e tecnológico da sociedade moderna contemporânea.

4. METODOLOGIA DE TRABALHO

Visando atingir os objetivos e tentando responder questões surgidas durante o desenvolvimento desse projeto, será utilizada a seguinte metodologia:

4.1. Levantamento bibliográfico e estudo do Protocolo Modbus

Nesta etapa será realizada uma pesquisa bibliográfica do material disponível nas bases de dados existentes nos periódicos Capes, relacionadas ao protocolo Modbus e suas diferentes aplicações.

4.2. Levantamento bibliográfico e estudo do microcontrolador BeagleBone Black

Nesta etapa será realizada uma pesquisa bibliográfica do material disponível nas bases de dados existentes nos periódicos Capes em relação às funcionalidades e aplicações do microcontrolador BeagleBone Black.

4.3. Desenvolvimento de um Firmware básico na Beaglebone Black.

Será feito um reconhecimento prático do microcontrolador e do sistema operacional Linux embarcado nele. Todos os procedimentos serão realizados segundo os roteiros de Firmwares (programas em linguagem C), descritos nos manuais elaborados pelo grupo de pesquisa e colaboradores do Laboratório de Automação, Sistemas Eletrônicos e Controle (LASEC). A partir desta etapa, todos os Firmwares desenvolvidos funcionarão dentro da Beaglebone Black

4.4. Desenvolvimento e testes de um Firmware escravo Modbus TCP

Inicia-se o desenvolvimento de um Firmware, isto é, um programa em linguagem C, capaz de receber e interpretar as instruções de um mestre TCP. A validação do funcionamento do firmware se dará através de simuladores mestre Modbus TCP.

4.5. Integração do Firmware escravo Modbus TCP com equipamentos mestre Modbus TCP do laboratório

Após a validação do Firmware com o simulador, será montado um experimento para a comunicação dos equipamentos mestres Modbus TCP com o Firmware desenvolvido. Nesse momento, serão analisados os parâmetros: tempo de *scan*, latência da rede e os limites de comunicação entre mestre e escravo.

4.6. Desenvolvimento e testes de um Firmware escravo Modbus RTU.

Nesta etapa, será iniciado o desenvolvimento de um Firmware capaz de receber as instruções de um mestre RTU. A validação do funcionamento do Firmware se dará através de simuladores mestres Modbus RTU.

4.7. Desenvolvimento e testes de um Firmware mestre Modbus RTU.

Inicia-se o desenvolvimento de um Firmware capaz de fazer requisições para equipamentos escravos da rede, no protocolo Modbus RTU. A validação do

funcionamento do Firmware se dará através de simuladores escravos Modbus RTU.

4.8. Integração do Firmware mestre Modbus RTU com equipamentos escravos Modbus RTU do laboratório

Após a validação do Firmware mestre Modbus RTU com os simuladores, será montado um experimento para a comunicação do programa com os equipamentos escravos da rede. Nesse momento, serão analisados os parâmetros: tempo de *scan*, latência da rede e os limites de comunicação entre mestre e escravo.

4.9. Desenvolvimento e testes de um Firmware escravo Modbus TCP e mestre Modbus RTU.

Nesta fase será realizado a junção dos Firmwares mestre Modbus RTU e escravo Modbus TCP em um só, configurando assim, o *Gateway* Modbus TCP/RTU. Aqui, serão feitos testes de validação do sistema através de simuladores.

4.10. Testes finais do sistema

Após a validação do funcionamento do *Gateway* com os simuladores, serão realizados testes finais do sistema *Gateway Modbus* em equipamentos físicos do laboratório, como a planta didática e as demais redes de CLP's.

4.11. Documentação do código e preparação do relatório final

Finalmente, após todas as fases de teste, o firmware implementado será documentado, e inicia-se a escrita do relatório final a ser entregue.

5. CRONOGRAMA

O cronograma para o desenvolvimento deste projeto de iniciação científica será realizado no período de dezembro de 2021 até setembro 2022. Cada uma das etapas descritas na metodologia está contemplada na tabela a seguir.

Fase	Tarefa
------	--------

- | | |
|-----|---|
| 5.1 | Levantamento bibliográfico e estudo do Protocolo Modbus. |
| 5.2 | Levantamento bibliográfico e estudo do microcontrolador BeagleBone Black. |
| 5.3 | Desenvolvimento de um Firmware básico na Beaglebone Black. |
| 5.4 | Desenvolvimento e testes de um Firmware escravo Modbus TCP. |
| 5.5 | Integração do Firmware com equipamentos mestre Modbus TCP do laboratório. |
| 5.6 | Desenvolvimento e testes de um Firmware escravo Modbus RTU. |

- 5.7 Desenvolvimento e testes de um Firmware mestre Modbus RTU.
- 5.8 Integração do Firmware com equipamentos escravos Modbus RTU do laboratório.
- 5.9 Desenvolvimento e testes de um Firmware escravo Modbus TCP e mestre Modbus RTU.
- 5.10 Testes finais do sistema.
- 5.11 Documentação do código e preparação do relatório final.

	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
5.1	x									
5.2		x								
5.3		x								
5.4			x	x						
5.5				x						
5.6					x	x				
5.7						x	x			
5.8							x			
5.9								x	x	
5.10									x	x
5.11										x

Tabela 1 – Cronograma de trabalho do projeto.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Drivers Control. Industrial Ethernet powers ahead, while fieldbuses slide. Drivers Control. 2020. Jun.[acesso em 6 out 2021] Disponível em: <https://drivesncontrols.com/news/fullstory.php/aid/6396/IndustrialEthernetpowersaheadwhilefieldbusesslide>
- [2] Tabaa M, Chouri B, Saadaoui S, Alami K. Industrial Communication based on Modbus and Node-Red. Procedia Computes Science; Vol. 130. 2018. p. 583 – 588
- [3] Yaqoob, I., Ahmed, E.; Hashem, I. A. T.; Ahmed, A. I. A.; Gani, A.; Imran, M.; Guizani, M. Internet of Things Architecture: Recent Advances, Taxonomy, Requirements, and Open Challenges. IEEE Wireless Communications. 2017. p. 10-16
- [4] Constantino, S. Protocolos Orientados a Caracter. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Eletrônica, 2002. p. 2-4.
- [5] Alfa Instrumentos. Protocolo de Comunicação Modbus RTU/ASCII, versão 1.0. Ago. 2000. 1-40.
- [6] Grygoruk A, Legierski J. IoT gateway – Implementation proposal based on Arduino Board. Anais de Computer Science and Information Systems, 2016-10-01, Vol.8, p.1011-1014.
- [7] Sravani, B. The Critical Role of Gateways in IoT. Mouser Electronics. 2019. Nov. [acesso em 6 out 2021]; Disponível em: <https://br.mouser.com/blog/blog/critical-role-of-gateways-iot>