

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

MARCELO BATISTA DE OLIVEIRA

SISTEMA DE CONTROLE DE IRRIGAÇÃO REMOTO VIA GPRS

MONOGRAFIA - ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2012

MARCELO BATISTA DE OLIVEIRA

SISTEMA DE CONTROLE DE IRRIGAÇÃO REMOTO VIA GPRS

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de “Especialista em Automação Industrial”.

Orientador: Dr. Valmir de Oliveira

CURITIBA
2012

*Em memória de meu pai José Vieira,
agricultor dedicado que conduziu, orientou
e construiu a base de minha formação e
de meus valores de vida.*

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Valmir de Oliveira, dedicação na orientação e estímulo transmitido neste trabalho, e por meio dele, agradeço a todos os profissionais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná que contribuíram e me apoiaram na realização deste trabalho.

Agradeço também aos meus familiares pelo apoio paciência e compreensão. A todos que de forma direta e indireta contribuíram para a conclusão desta monografia.

RESUMO

OLIVEIRA, Marcelo Batista. **SISTEMA DE CONTROLE DE IRRIGAÇÃO REMOTO VIA GPRS**, 2012 52 f. Monografia (Especialização em Automação Industrial) Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba 2012.

O tema deste trabalho tem como base as inovações tecnológicas e sua utilização em áreas rurais. A proposta desta monografia é a elaboração de um sistema de irrigação com acionamento remoto para áreas rurais, com a comunicação entre o usuário e o sistema controlado através de mensagens de texto utilizando o serviço GPRS (Serviço de Rádio de Pacote Real) disponível em operadoras de telefonia; a parte de controle será feita utilizando CLP (Controlador Lógico Programável).

O objetivo é dar suporte a um sistema em que não há a disponibilidade de operação local e precisa de acionamento ininterrupto do controlador.

Controle: O CLP é programado em LADDER (ESCADA), que recebe dados via GPRS, aciona um temporizador interno que conta um determinado tempo para abrir uma válvula solenóide e iniciar o ciclo de irrigação.

Este trabalho oferece a possibilidade de realizar um serviço de automação em uma área rural, adaptando-a a um serviço de comunicação de fácil acesso.

Palavras-chave: GPRS. CLP. Supervisão. Comunicação. Controle.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Marcelo Batista. **GPRS CONTROLLED REMOTE IRRIGATION SYSTEM**, 2012 52 f. Monografia (Especialização em Automação Industrial) Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba 2012.

The theme of this paper is based on technological innovations and their use in country areas. The purpose of this paper is the development of an irrigation system with remote activation for country areas, with communication between the user and the system controlled by text messages using general packet radio service (GPRS) available in telephone service providers; the control part will be done using programmable logic controller (PLC).

The goal is to support a system which there isn't availability for local operation and that needs an uninterrupted actuation of the controller.

Control: The PLC is programmed in LADDER, which receives data via GPRS, and triggers an internal timer that counts a certain time to open a solenoid valve and start the irrigation cycle.

This work offers the possibility of performing service automation in a country area, adapting it to a communication service with easy access.

Keywords: GPRS. PLC. Supervision. Control. Communication.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1G	Primeira Geração
2G	Segunda Geração
3G	Terceira Geração
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CI	Circuito Integrado
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade Central de Processamento
EPROM	<i>Erasable Programmable Read-only Memory</i>
f	Frequência
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
GPRS	Serviço de Rádio de Pacote Real
IHM	Interface Homem Máquina
IP	<i>Internet Protocol</i>
I/O	<i>Input/Output</i>
MPI	<i>Message Passing Interface</i>
PC	Computador Pessoal
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RF	Rádio Frequência
RX	Receptor
TX	Transmissor
UCP	Unidade Central de Processamento

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Comunicação entre GPRS e Supervisório	47
Quadro 2- Comunicação entre supervisório e GPRS	47

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Malha de controle.....	25
Figura 2 - Sistema de controle manual.....	26
Figura 3 - Sistema de controle manual malha fechada	27
Figura 4 - Sistema de controle automático	28
Figura 5 - Comunicação via GPRS	30
Figura 6 - Transmissão de dados	31
Figura 7 - CLP Siemens S7-200.....	32
Figura 8 - <i>Software STEP 7 Micro/WIN</i>	34
Figura 9 - Programa de irrigação do pomar.....	35
Figura 10 - Ligando a irrigação do pomar.....	35
Figura 11 - Contagem de tempo para abertura da válvula	36
Figura 12 - Fim do programa.....	37
Figura 13 - Fluxograma de funcionamento	38
Figura 14 - Diagrama elétrico	39
Figura 15 - MD 720-3	41
Figura 16 - Comunicação network.....	42
Figura 17 - Interface <i>SINAUT MICRO SC</i>	43
Figura 18 - Estrutura da estação remota	44
Figura 19 - Bloco de comunicação <i>WDC_INIT</i>	44
Figura 20 - Módulo <i>WDC_SEND</i>	45
Figura 21 - Módulo <i>WDC_RECEIVE</i>	45
Figura 22 - Comunicação Entre CLP e Supervisório	46
Figura 23 - Página inicial do IFIX	48
Figura 24 - Sistema de irrigação em espera.....	49
Figura 25 - Irrigação em processo.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	TEMA	11
1.1.1	Delimitação do tema	12
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS	12
1.3	OBJETIVOS DO TRABALHO	12
1.3.1	Objetivo geral	12
1.3.2	Objetivos específicos	13
1.4	JUSTIFICATIVA	13
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
1.6	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
1.7	ESTRUTURA	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO	16
2.2	GSM	16
2.3	GPRS	17
2.3.1	Aplicações GPRS	18
2.4	COMUTAÇÃO DE PACOTES	18
2.5	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	18
2.5.1	Estrutura do CLP	20
2.6	SUPERVISÃO	21
2.7	CONTROLE	24
2.7.1	Ações básicas de controle	25
2.7.1.1	Controle em malha aberta	25
2.7.1.2	Controle manual em malha fechada;	27
2.7.1.3	Controle automático em malha fechada	27
2.8	SOLENÓIDE	28
3	METODOLOGIA E RESULTADOS	30
3.1	VISÃO BÁSICA DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	30
3.2	ESTUDO DO PROCESSO	31
3.3	SISTEMA DE CONTROLE	31
3.4	CLP	32
3.5	PROGRAMA	33
3.6	DIAGRAMA ELÉTRICO	39
3.7	MÓDULO DE COMUNICAÇÃO GPRS	40
3.8	BLOCOS DE COMUNICAÇÃO GPRS	44
3.8.1	Bloco de comunicação "WDC_INIT"	44
3.8.2	Módulo de envio com "WDC_SEND"	45
3.8.3	Realização de funções especiais com "WDC_CONTRL"	45
3.8.4	Envio de dados GPRS remoto para o sistema Supervisório	46
3.8.5	O envio de dados do Supervisório para o modulo GPRS	47
3.9	SISTEMA DE SUPERVISÃO	48
4	CONCLUSÕES	51
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

O conceito automação costuma estar associado ao contexto industrial, seja na produção ou na transformação de produtos, e nos últimos anos, tem sido discutida dentro da perspectiva da monitoração e controle de processos a distância feita através da comunicação via linhas telefônicas, rádio frequência ou através de redes de transmissão de dados, o que promove a extensão da automação para campos diversos além do contexto industrial (PRUDENTE, 2010, p. 15).

A implantação de um sistema de automação exige investimentos financeiros e estes valores costumam ser elevados devido ao alto custo das tecnologias empregadas. Esforços são realizados na área para que as tecnologias se tornem mais acessíveis e assim, possam estar presente no campo comercial, residencial, rural e outros. No caso da automação, houve o desenvolvimento de tecnologias que possibilitaram, por exemplo, a sua utilização para abrir ou fechar portas, portões, controles de iluminação, controle de consumo de energia, controle de temperatura de ar condicionado, controle de irrigação, de limpeza automática de piscinas e tantas outras soluções de automação residencial.

Segundo Marcuzzo (2008, p. 43), o fornecimento artificial de água às plantas é uma das práticas tecnológicas mais seguras para garantir as condições do solo, a produção agrícola. Tais sistemas visam o fornecimento de água às culturas de interesse econômico, em quantidade adequada e no momento correto, tomando como base as condições do solo e disponibilidade de água. A automação em áreas rurais está em crescimento no Brasil e é esperado que nos próximos anos, esteja mais difundida e acessível no contexto rural e, assim, possa ajudar na melhora da produtividade e rentabilidade dos produtores rurais.

Nesta monografia é proposta uma aplicação para um sistema de automação cujo objetivo é o controle a distância em CLP (Controlador Lógico Programável) cuja função é automatizar um sistema de irrigação de um pomar localizado em uma área rural e de difícil acesso. A comunicação entre o usuário e o sistema controlado é feita por um serviço de transferência de dados em rede GSM (*Global System for Mobile Communications*). Este serviço existente é o GPRS (Serviço de Rádio de Pacote Real) que pode ser acessado em qualquer lugar do território nacional onde tenha

cobertura da operadora de celular, e tem a função de enviar e receber os pacotes de informação instantaneamente conforme a necessidade do usuário (SVERTZUT, 2005, p. 313).

1.1.1 Delimitação do tema

A proposta do trabalho é adaptar uma tecnologia existente e disponibilizada pelas companhias de telefonia móvel, para resolver um problema específico, no caso, um sistema de irrigação remoto com sistema de comunicação via GPRS, e controle realizado com CLP e sistema de supervisão para o usuário final.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Para melhorar a produção de frutas no pomar são utilizadas técnicas de manejo de poda, aplicação de fertilizante e inseticida, mas o mais essencial é a irrigação das árvores frutíferas. Na região norte do Paraná é comum que não chova durante alguns meses do ano, e isto pode prejudicar a flora das árvores frutíferas e diminuir a produção. Normalmente a irrigação é feita manualmente, isto exige que alguém realize este trabalho diariamente. Este estudo tem o objetivo de oferecer uma solução alternativa para que a irrigação seja feita em modo remoto via GPRS.

O trabalho abordará o estudo de comunicação GPRS e sua integração com um CLP e um sistema de supervisão.

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo para o desenvolvimento de um sistema de irrigação em áreas rurais que pode ser controlado remotamente através de mensagens de texto GPRS, com controle utilizando CLP e com baixo custo de manutenção do sistema.

1.3.2 Objetivos específicos

- Aprofundar os estudos na área de automação em comunicação remota;
- Utilizar ferramentas de interface com o usuário;
- Realizar um estudo para o direcionamento da tecnologia GSM dos telefones celulares em controle e monitoração remota;
- Suprir a necessidade de tecnologia de automação em áreas rurais;
- Mostrar que o conceito utilizado neste trabalho pode ser adaptado para outros sistemas de automação seja industrial, comercial, residencial ou rural.
- Aprofundar os conhecimentos com CLPs.
- Pesquisar sistemas de controle e supervisão.

1.4 JUSTIFICATIVA

Marcuzzo (2008, p. 65), cita a crescente demanda de tecnologia empregada para aumentar a produtividade no campo, há a necessidade de otimização dos recursos hídricos através de um efetivo controle de água de irrigação. A utilização do GPRS é uma opção possível e está disponível em toda a área de cobertura de transmissão celular, a sua utilização pode favorecer situações e realidades que dependem somente da telefonia para realizar a comunicação. Existe um vasto caminho para desenvolver e implementar esta tecnologia para diversos processos na área industrial, residencial e também rural. Esta monografia propõe através do sistema de irrigação o estudo desta tecnologia para o uso em sistemas remotos de controle e supervisão. A finalidade é demonstrar que o sistema pode funcionar satisfatoriamente e ser uma alternativa viável para outros sistemas de comunicação de dados.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Tendo como base o objetivo específico de estabelecer comunicação via GPRS entre um elemento supervisor e elemento de controle a pesquisa visa estudar os princípios básicos de comunicação sem fio. A pesquisa é bibliográfica quanto à coleta de dados técnicos, e com inserção de testes em laboratórios com o objetivo de comprovar os dados pesquisados.

Serão estabelecidas as etapas mais significativas bem como seu detalhamento.

Etapas da pesquisa:

- Pesquisa teórica dos sistemas de comunicação;
- Pesquisa teórica dos equipamentos de comunicação;
- Pesquisa dos equipamentos de controle a serem utilizados no projeto;
- Estudo sobre sistemas de supervisão;
- Coleta de dados em pesquisa;
- Análise dos dados pesquisados;
- Definição do *software* a ser utilizado para supervisão;
- Definição dos equipamentos compatíveis com o sistema de comunicação;
- Testes em caráter experimental;
- Definição da estrutura;
- Programar o CLP;
- Simulação com *software* de supervisão;
- Validação dos resultados obtidos;
- Novos testes com o *software* se necessário;
- Apresentação dos resultados.

1.6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com a proposta de projetar um sistema de comunicação remoto via GPRS essa pesquisa se orienta na revisão literária principalmente de autores com Sverzut (2005), Neto (1990) e Marcuzzo (2008) cujo tema é a comunicação por telefonia

móvel, onde são abordados os princípios básicos dos sistemas de celulares, arquitetura da rede GSM, interface de protocolos GSM, processamento de chamadas, estudo sobre GPRS, métodos de envio de mensagens e protocolos de comunicação.

Para a revisão literária em controle buscou-se fontes voltadas para a automação industrial como é o caso do autor Prudente (2010), no qual explora noções de robótica, acionamentos industriais, processamentos de sinal analógico e cita exemplos práticos aplicados na indústria.

1.7 ESTRUTURA

Esta monografia é formada por quatro partes distintas que são estruturadas em capítulos distintos, porém com assuntos interligados e complementares. O capítulo um é formado pela introdução que aborda o tema da pesquisa e suas delimitações, seguida dos problemas e premissas, objetivo geral e objetivos específicos, ainda pela justificativa, procedimentos metodológicos, embasamento teórico, estrutura e cronograma.

O capítulo dois contém a fundamentação teórica: princípios básicos de telefonia fixa e móvel, sistema de comunicação GSM, GPRS, conceitos de topologias de comunicação. É também descrito detalhadamente o *hardware* utilizado na comunicação entre o usuário e o sistema controlado.

O capítulo três mostra o conceito aplicado, é feito através da análise bibliográfica um levantamento das melhores tecnologias para aplicação no projeto, bem como seu dimensionamento e configuração e aplicação. Ainda no capítulo três foi feita a simulação do sistema de controle completo bem como a programação do CLP e o desenvolvimento do sistema de supervisão.

O Capítulo quatro traz a conclusão, onde são explanadas as dúvidas surgidas e resolvidas durante a pesquisa, e também é discutido sobre o ganho de conhecimento que o projeto proporcionou através da pesquisa bibliográfica, e também são propostas melhorias para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO

Segundo Sverzut (2005, p. 15), O Transporte da informação em sistemas sem fio é feito através de frequências que irradiam pelo ar. Os sistemas de comunicação trocam informações conforme o modo de comunicação utilizado. Esses modos podem ser *simplex* que opera em uma simples frequência, somente em um sentido, ou seja, estação transmissora e receptora. Outro modo de transmissão é o *half-duplex* que opera em uma única frequência e suporta comunicação bidirecional desde que seja em um sentido de cada vez. Já o modo de transmissão *full-duplex* opera com duas frequências, uma para transmissão outra para recepção, e a comunicação é bilateral e simultânea.

Os sistemas de telefonia celular utilizam o modo de transmissão *full-duplex*, e cada usuário utiliza um canal de transmissão (Tx) e um de recepção (Rx).

No sistema móvel celular, cada canal de comunicação Tx ou Rx é formado por uma portadora de RF e uma largura de faixa. A portadora de RF (rádio frequência) representa a frequência (f) alocada ao canal, enquanto a largura de faixa representa o espaço necessário para a transmissão da informação. Os sistemas de telefonia móvel celular operam no modo *duplex* completo que utiliza dois canais de comunicação para estabelecer uma conversação entre dois usuários. Esses dois canais são pelos enlaces diretos e reversos (SVERZUT, 2005, p. 17)

2.2 GSM

O Sistema Global para Comunicações Móveis - *Global System for Mobile* - (GSM) é um padrão de sistema celular de segunda geração. Foi desenvolvido na Europa com o objetivo de unificar um padrão de telefonia visto que o sistema era fragmentado e não era possível que um cliente usa-se uma única unidade de assinante por todo o continente. Inicialmente foi desenvolvido como um serviço pan-europeu de celular com uma grande variedade de serviços de redes através da ISDN. A GSM foi um grande sucesso e se tornou o padrão mais popular para novos rádios celulares e comunicações pessoais para o mundo inteiro (RAPPAPORT, 2008 p. 357).

Ainda segundo Rappaport, (2008, p. 357), na década de 1980 foi criado um comitê chamado GSM (*Groupe Special Mobile*) que mais tarde passou a se chamar

Global System for Mobile communications, este comitê teve a tarefa de especificar um sistema de comunicação comum na Europa na faixa de 900 MHz. No Ano de 1991 o padrão GSM foi introduzido na Europa. Em 1993 diversos países da América do Sul, Ásia e Austrália adotaram o GSM.

Os Serviços de GSM seguem as orientações da ISDN e são classificados como telesserviços ou serviços de dados:

- Serviços de telefone;
- Serviços de transportadores ou serviços de dados;
- Serviços IDSL complementares - *Global System for Mobile*:

2.3 GPRS

A evolução tecnológica vem provocando grandes transformações na sociedade e influenciando nos hábitos e costumes da população.

Em sistemas de telefonia móvel os primeiros sistemas eram analógicos, também conhecidos como primeira geração (1G). Posteriormente chegaram os sistemas digitais que são chamados de segunda geração (2G). E mais recente vem sendo difundida os sistemas de terceira geração (3G) (SVERZUT, 2005, p. 313).

Os sistemas 1G e 2G são apropriados para transportar apenas informações de voz, ou seja, apenas para conversação entre dois usuários.

Com a crescente demanda por novos serviços e aplicações como o acesso a internet, a troca de *e-mail* e mensagens de texto, acarreta na mudança do perfil do usuário, e com base neste novo perfil os sistemas móveis celulares estão evoluindo tecnologicamente, visando adaptar-se a esta demanda por serviços e aplicações, as indústrias de equipamentos de telecomunicações estão trabalhando, fortemente, na convergência tecnológica. Visando esta convergência estão sendo implementados novos serviços na rede GSM e um destes serviços é o GPRS que utiliza os recursos já existentes na rede GSM, porém acrescenta uma infraestrutura para suportar a comunicação de dados pelo protocolo IP, que posteriormente será usada na integração de serviços de voz e dados de terceira geração (SVERZUT, 2005, p. 314).

2.3.1 Aplicações GPRS

O GPRS permite o desenvolvimento de novos serviços o que acarreta benefícios aos seus usuários. Um destes benefícios é a mobilidade, que permite que o usuário mantenha uma comunicação de voz e dados durante o seu deslocamento entre áreas. Entre as aplicações mais relevantes podem ser citadas segundo Sverzut (2005, p. 315):

- Comunicação: *e-mail*, fax e acesso a *internet/intranet*;
- Serviços de valor adicionado: serviços de informações e jogos;
- Comércio eletrônico: venda de ingressos, acesso e banco de compra pela *internet*;
- Aplicações de localização baseada: navegação, informação sobre condições de trafego, informações sobre vôos;
- Avisos: informações sobre promoções ao entrar em recintos comerciais, viagens e meteorologia:

2.4 COMUTAÇÃO DE PACOTES

A comutação de pacotes é uma modalidade de transferência de dados específica para tratar adequadamente as características de uma comunicação de dados. O sistema de controle utiliza o *software SINAUT Micro SC* com o modem GPRS MD720-3 para visualizar os dados de processo das estações remotas na estação central e trocar dados de processo entre as estações remotas.

O modulo de comunicação MD 720-3 de fabricação da Siemens, é compatível com o CLP S7-200. É usado para a troca de dados a longa distancia, com estações móveis e armazenamento de dados em períodos sem comunicação (SIEMENS, acesso: 13/08/2012).

2.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O controlador lógico programável (CLP) é um equipamento eletrônico digital com *hardware* e *software* compatíveis com aplicações industriais. Surgiu na década

de 70 e revolucionou os sistemas de comandos e controles industriais. Antes de seu surgimento essas tarefas eram realizadas por relés eletromagnéticos especialmente projetados para esse fim (VIANNA, 2000, p. 4)

O controlador lógico programável conforme sustenta Natale (2002, p. 12) pode controlar uma grande quantidade de variáveis com precisão, confiabilidade, relativo baixo custo e rapidez.

O primeiro CLP foi desenvolvido para atender uma demanda crescente da indústria automobilística que tinha em seus primórdios os sistemas de automação realizados através de circuitos com relés, ou seja, a partir do sistema equacionado a ser controlado. Eram gerados desenhos, listas de trabalho com referências cruzadas ou listas de instruções e implantadas ou montadas em pilhas para conter todos esses componentes. Na necessidade de modificação no controle por qualquer motivo era necessário refazer um rearranjo na montagem, o que era dispendioso demorado e cansativo (NATALE, 2002, p. 13).

Segundo Natale (2002, p. 13), o controlador lógico programável veio, antes de tudo, trazer um avanço tecnológico dos componentes e, com advento do computador, resultou em diversas aplicações na área industrial, mas a grande mudança foi no controle que a partir daí passou a ser feito via programa o que tornou a operação relativamente fácil e rápida.

A primeira geração utilizou componentes discretos como transistores e CI's (circuitos integrados).

O CLP teve grande aceitação na indústria porque permite desenvolver e alterar facilmente a lógica para acionamento das saídas em função das entradas. Desta forma, podem-se utilizar inúmeros pontos de entrada de sinal para controlar pontos de saída de sinal. Dentre as vantagens dos controladores lógicos podemos citar segundo Vianna (2000, p. 6):

- Ocupam menos espaço na instalação;
- Requerem menor potência elétrica;
- Podem ser reutilizados e reprogramados;
- São programáveis, permitindo alterar os parâmetros de controle;
- Têm maior confiabilidade;
- Sua manutenção é mais fácil;
- Oferecem maior flexibilidade de funções;

- Permitem interface de comunicação com outros CLPs de fabricantes diferentes e com computadores de controle;
- Permitem maior rapidez na elaboração do projeto do sistema:

O controlador lógico programável foi desenvolvido para automatizar processos industriais, sejam de sequenciamento, intertravamento, controle de processos, batelada entre outros.

É utilizado em processos de automação tanto na indústria de manufatura quanto em sistemas elétricos, prediais e mais recentes em usos residenciais. Podem ser usados para comandos de máquinas industriais, em equipamento de controle de energia, em controle de processos contínuos, para aquisição de dados de supervisão e em bancada de testes industriais.

2.5.1 Estrutura do CLP

Sua estrutura é baseada no *hardware* de computador, e tem uma Unidade Central de Processamento (UCP), tem interfaces de entrada e saída, e memórias. Por ser um equipamento específico para o meio industrial ele possui características robustas relacionadas à fonte de alimentação, filtros nas saídas, imunidades a ruídos externos. Também faz parte do CLP o terminal de programação.

A configuração dos diversos fabricantes de CLP pode ser apresentada de duas formas básicas: compacta, em que a CPU e todos os módulos de entrada e saída se encontram no mesmo *rack* e a modular, em que a CPU e cada um dos módulos de entrada e saída se encontram separadas e vão sendo montados em função da configuração exigida.

A sua CPU é constituída de um Microprocessador, e em alguns casos de Microcontrolador, uma memória RAM, em que são executados os programas, como no PC, e uma memória *Flash* EPROM ou E2PROM, ficando armazenada uma cópia (*backup*) do programa que está sendo executado. Um terminal de Programação (TP) é outro computador com aplicação dedicada para elaborar os programas para o CLP, para que este controle cada sistema que se deseja automatizar.

Hoje, porém o TP é substituído em grande parte por um PC normal, com o *software* para emular esse terminal de programação dedicado. Isso, até certo ponto, reduz custos, pelo fato de utilizar o PC também para outros fins. Os *softwares* que emulam o TP são bastante versáteis e eficientes e com as facilidades existentes nas mídias disponíveis (NATALE, 2002, p. 14).

Os Sistemas podem ainda possuir IHM (Interface Homem Máquina) que é ligada a CPU e serve para a comunicação entre o operador e o sistema programado

através do qual podem ser alterados os parâmetros de controle (NATALE, 2002, p. 15).

A Comunicação do CLP em rede com outros CLP's e com um PC, para operar um sistema supervisório, se dá por meio de uma interface colocada no lugar de um dos módulos I/O (input / output) ou em parte especificada da CPU. Em função deste tipo de interface e do tipo de cabo utilizado, serão definidos o padrão físico e de protocolo de rede utilizado, se *Point to Point Interface* – PPI ou MPI, *Modbus*, *Fieldbus*, *Profibus* e outros (NATALE, 2002, p. 16).

2.6 SUPERVISÃO

Os Sistemas de supervisão são *softwares* aplicativos que geram interfaces gráficas que representam em um *display* na tela de visão do computador os instrumentos instalados em campo, através do sistema de supervisão o operador tem a comodidade de alterar parâmetros de controle em um ponto remoto sem a necessidade de se deslocar até o local, um operador pode monitorar diversas unidades ao mesmo tempo o que gera redução de custos com deslocamento e com mão de obra especializada.

Segundo Regazzi; Pereira e Silva Jr, (2005, p. 17) o *software* de supervisão, localizado no nível de controle de processo das redes de comunicação, é o responsável pela aquisição direta dos dados, dos controladores lógicos programáveis (CLP) pelo computador. Os dados adquiridos devem ser condicionados e convertidos em de engenharia adequadas e armazenado em um banco de dados operacional. A configuração individual de cada ponto a ser supervisionado ou controlado permite ao usuário operacional definir limites para alarmes, condições e textos para cada estado diferente de um ponto, valores para conversão em unidade de engenharia e outros.

O *software* deve permitir que estratégia de controle seja desenvolvida como o uso de funções avançadas, através de módulos dedicados para a implementação de funções matemáticas e lógicas booleanas. Os Resultados das funções lógicas *OR*, *AND*, *FOR*, podem assumir um dos dois valores *TRUE* ou *FALSE*, por exemplo. Através destes módulos, poderá ser feito um aplicativo de supervisão, o controle das funções do processo.

Os dados adquiridos podem ser manipulados de modo a gerar valores para parâmetros de controle como "*set-point*". Os dados são armazenados em arquivos de dados padronizados. Estes arquivos poderão ser acessados por programas de usuários para realização de cálculos. Alterações de parâmetros e dos seus valores.

O *software* supervisório é visto como o conjunto de programas gerados e

configurado no *software* básico de supervisão, implantadas as estratégias de controle e supervisão, as telas gráficas de interface homem-máquina, a aquisição e tratamento de dados do processo, a gerência de relatórios e alarmes. Este *software* também deve ter entrada de dados manual, através de teclado.

Os dados devem ser requisitados através de telas de campo pré-formatados que o operador deverá preencher. Estes dados devem ser autoexplicativos e possuir limites para faixas válidas. A entrada dos dados deve ser realizada por telas individuais, sequencialmente, com seleção automática da próxima entrada. Após todos os dados de um grupo serem inseridos, estes poderão ser alterados ou adicionados pelo operador, que será o responsável pela validação das alterações (REGAZZI; PEREIRA; SILVA Jr, (2005, p. 17).

O *software* de supervisão cria um banco de dados operacional que contém todos os dados com todas as configurações do sistema supervisionado. A entrada de dados é feita através da inserção destes pela ferramenta de menus específicos, preenchimento de campo pré-formatado e múltiplas janelas. Após as entradas serem configuradas fica a cargo do *software* de supervisão executar, gerência e os resultados dos cálculos, as operações realizadas, o estado dos pontos e todas as informações necessárias nestes bancos de dados (REGAZZI; PEREIRA; SILVA Jr, 2005, p. 17).

O sistema de supervisão permite que o operador controle e monitore toda uma planta, para isso ela pode ser dividida em telas separadas que são organizadas em uma estrutura hierárquicas o que permite um acesso sequencial e rápido.

A seguir, conforme os estudos de Regazzi; Pereira e Silva Jr, (2005, p. 19), são descritas as principais telas que o aplicativo deve conter:

- Telas de visão geral – são telas que apresentam uma visão geral de um processo, com uma visualização da planta. Elas contêm os dados e a visualização do processo, são importantes para a operação. Os dados visualizados devem ter organização dinâmica, com a representação das áreas representadas para facilitar a compreensão dos principais dados a serem controlados ou monitorados do processo;
- Telas de grupo – representam cada processo ou unidade, apresentando objetos e formas de uma determinada área de modo a relacionar as funções estanques do processo. Os objetivos devem ser dotados de características dinâmicas representando o estado e condição das áreas apresentadas. Os dados devem representar valores quantitativos dos valores representados. As telas permitem o operado enviar comandos e alterar parâmetros de controle;
- Telas de detalhes – Atendem pontos individualmente, representam o

estado dos equipamentos. Apresentam parâmetros do ponto supervisionado e elas devem possibilitar que o operador altere parâmetros dos equipamentos, seus limites e dados de comunicação;

- Telas de malhas – Estas telas apresentam o estado da malha de controle. Devem conter dados das variáveis controladas exibidas, como “*set-point*” limites e condições de alarmes, valor atual e valor calculado em forma de gráficos de barras e valores numéricos;

- Telas de tendências – histórica e real: são padrões de *softwares* de supervisão. Apresentam diversas variáveis na forma gráfica assim como valores coletados em tempo real em uma planta e ainda pode acessar gráficos passados que são armazenados em banco de dados;

- Telas de Manutenção – Sua composição contém problemas relacionados à planta tais como: alarmes, defeitos, dados de manutenção referentes ao processo e equipamentos destes inclusive o próprio sistema de controle. Podem ser acessados os históricos de falhas, para posterior verificação.

O *software* básico de supervisão deve possuir um módulo para desenvolvimento de relatórios. Criados em formatos padronizados do tipo histórico, tais módulos devem permitir ao operador a escolha de quais variáveis deseja visualizar. Os dados podem ser apresentados nas telas das estações com campos de identificação “TAG”, data, hora e descrição do ponto (REGAZZI; PEREIRA; SILVA Jr, 2005, p. 17)

No aplicativo de supervisão relatórios podem ser solicitados manualmente pelo operador e destinados para impressoras ou terminais de visualização. Os dados históricos devem ser armazenados em arquivos de modo que possam ser acessados pelo módulo do programa de geração de relatórios que por sua vez são usados para definir a melhor maneira de controle da planta (REGAZZI; PEREIRA; SILVA Jr; 2005, p. 17).

O Ifix que é o *Software* proposto para o desenvolvimento da proposta de monografia é um supervisório destinado à automação Industrial, permitindo uma interface adequada de operação para o usuário, enfocando duas características básicas de comunicação direta com dispositivos I/O na planta. Interface com dispositivos de hardware via *drivers* I/O. Tem a função de gerenciamento e processamento de dados para processar e manipular uma variável. O gerenciamento dos dados é composto de vários itens, incluindo: O monitoramento do processo é feito via tela gráfica de controle supervisório, alarme, relatório e

armazenamento de dados.

2.7 CONTROLE

O desempenho de um processo é afetado por diversas condições internas e externas, que são chamadas de “variáveis do processo”, entre elas podem ser citadas: temperatura, pressão, nível, vazão e volume. Para o controle do processo as variáveis podem ser medidas e ajustadas para obter o valor desejado no processo.

Segundo Regazzi; Pereira e Silva Jr, (2005, p. 01) o sistemas de controles tem as seguintes definições:

- Variável controlada – é a grandeza controlada, a saída do sistema;
- Variável manipulada – é a grandeza variada pelo controlador para se chegar ao valor da variável controlada;
- Controle – é a medição da variável controlada do sistema e aplicação da variável manipulada no sistema para variar ou corrigir o desvio do valor medido de um valor desejado;
- Planta – é um conjunto de equipamentos que funcionam juntos com a finalidade de desempenhar uma operação em um produto.
- Processo – é toda e qualquer operação a ser controlada;
- Sistema – são equipamentos que atuam em conjunto para realizar uma determinada operação;
- Perturbação ou distúrbio – é uma variável que afeta adversamente o valor da saída do sistema. Uma perturbação é considerada externa quando é gerada fora do sistema e constitui uma entrada;
- Sistema de controle automático – é um sistema de controle em que a entrada de referência ou a saída desejada é constante ou varia lentamente com o tempo. Consiste em manter a saída no valor desejado na presença de perturbações;
- Servossistema ou servomecanismo – é um controle em que a saída é posição mecânica, velocidade e aceleração;
- Sistema de controle em malha fechada – é um sistema de controle que é realimentado pelos valores de saída e conforme tem uma variação fora do *set-point* o controlador age para reduzir o erro e trazendo o valor de saída para o valor

desejado.

- Sistema de controle de malha aberta – é quando a saída não afeta do controle do sistema, ou seja, não é realizada comparação com a entrada.
- Sistema de controle adaptativo – possui a capacidade de detectar variações nos parâmetros da planta, e fazer os ajustes necessários adaptando o controlador a fim de manter um ótimo desempenho na planta. Leva em conta características dinâmicas, aumento de confiabilidade.

A estabilidade é uma das exigências principais do controlador, ele deve apresentar amortecimento adaptado à planta ao qual está instalado. Além disso, a velocidade de resposta deve ser razoavelmente rápida e capaz de reduzir erros a zero ou a um valor tolerável. A figura 1 mostra a estrutura de uma malha de controle realimentado (REGAZZI; PEREIRA; SILVA Jr, 2005, p. 02).

Na figura 1 um sensor acoplado na saída do sistema leva o sinal até o controlador automático onde é somado ao valor de referência (definido pelo operador), e em seguida passa para o amplificador onde o sinal é tratado, no módulo atuador é feito o ajuste na produção para alcançar os valores desejados na planta, o ajuste é feito de forma contínua com o objetivo de sempre alcançar o *set-point*.

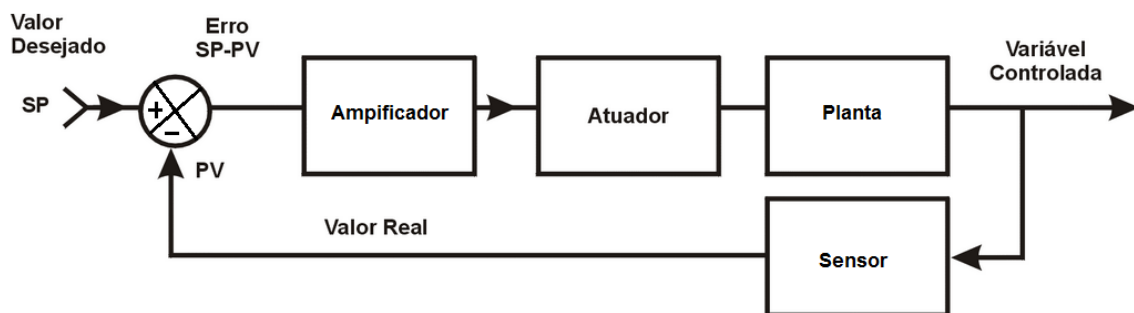


Figura 1 - Malha de controle
Fonte: REGAZZI; PEREIRA; SILVA Jr, (2005, p. 08)

2.7.1 Ações básicas de controle

2.7.1.1 Controle em malha aberta

É a forma mais simples e barata de se manipular um processo (RIBEIRO, 2001, p.13).

Os sistemas de controle automático descontínuos apresentam um sinal de controle que normalmente assume apenas dois valores distintos 0% e 100%, que também pode ser descrito como aberto ou fechado ou até mesmo *on-off*.

A figura 2 adaptada de Ribeiro (2001, p. 13) mostra como exemplo um sistema de vazão com controle em malha aberta. A vazão do sistema é controlada com o abrir ou fechar a válvula, aumenta ou diminui a vazão conforme o valor desejado. Pode se chegar a um valor estável se a quantidade de líquido que entra for igual à quantidade que sai.

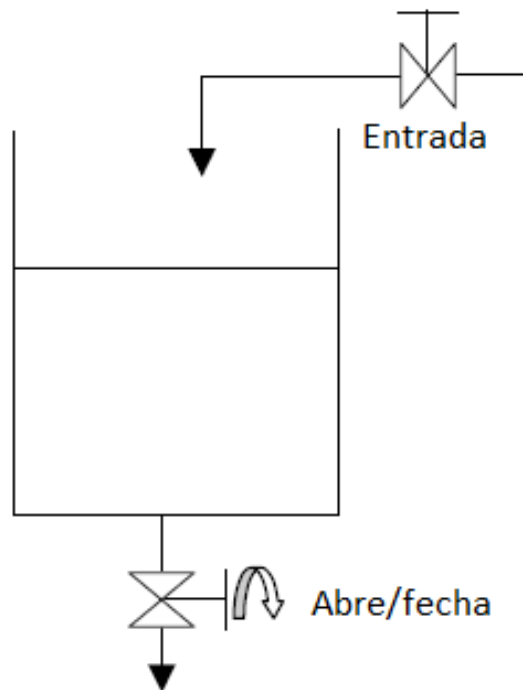


Figura 2 - Sistema de controle manual
Fonte: Adaptada de RIBEIRO (2001, p. 13)

As principais vantagens do controle aberto são: poucos componentes instalados o que baixa a quantidade de manutenção, o custo do sistema é baixo para aquisição, instalação e operação.

Como desvantagens: qualquer distúrbio na entrada do processo não é corrigido automaticamente, ou seja, requer intervenção para ser feita a correção (RIBEIRO, 2001, p. 13).

2.7.1.2 Controle manual em malha fechada;

É onde o controle é feito por um operador que tem a função de ajustar a variável de saída do sistema controlado de forma manual para atingir o *set-point* desejado. Em caso de distúrbio ou variação na entrada do sistema, o ajuste é realizado pelo operador que realiza a medição, comparação, computação e correção contínua quantas vezes for necessário para manter o equilíbrio do sistema. Este tipo de controle é chamado malha de controle fechado ou cadeia de controle fechada.

A figura 3 exemplifica o sistema de controle, onde a vazão é controlada manualmente de forma contínua pelo operador do sistema.

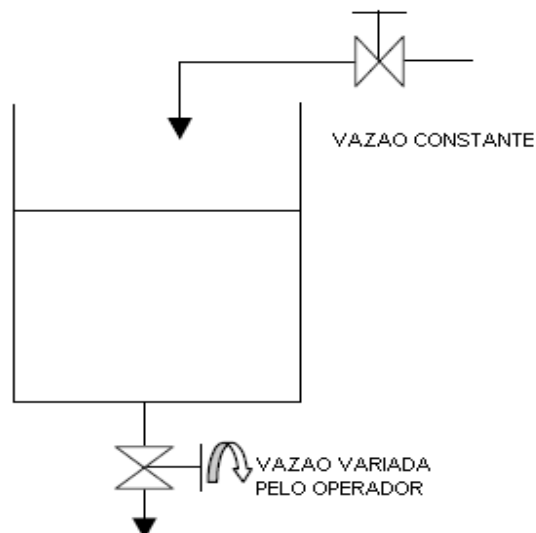


Figura 3 - Sistema de controle manual malha fechada
Fonte: Adaptada de RIBEIRO (2001, p. 13)

2.7.1.3 Controle automático em malha fechada

Os elementos funcionais de um sistema de controle automático e seu posicionamento com relação à malha de controle fechada são mostrados na figura 4. A comparação com o sistema manual mostra que o sistema automático realiza as mesmas funções básicas, realiza a mesma função que o operador faz no outro processo (RIBEIRO, 2001, p. 15).

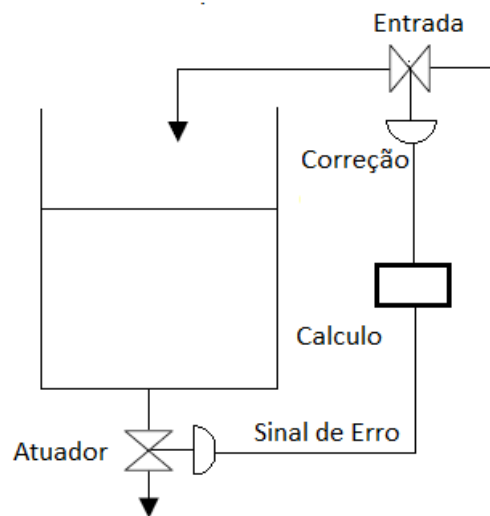


Figura 4 - Sistema de controle automático
 Fonte: Adaptada de RIBEIRO (2001, p. 13)

Conforme Ribeiro (2001, p. 15) a medição é feita pelos sensores que avaliam as variáveis de saída do processo e geram o sinal de saída. O sinal de saída é comparado com o valor desejado e quando existe uma diferença é gerado um sinal de erro que a função de computação analisa e gera um sinal de correção. Este por sua vez irá atuar no elemento final de controle. A correção é feita através do elemento final de controle.

2.8 SOLENÓIDE

As válvulas solenóides constituem em uma maneira simples e eficiente de controle de fluidos e gases devido sua simplicidade de construção e funcionamento. É constituída na integração de duas unidades funcionais, a primeira unidade é o solenóide que é constituído de uma bobina que quando energizada gera um campo magnético e movimenta um núcleo móvel em seu interior, este núcleo é acoplado à segunda unidade, o corpo da válvula que possui orifícios de entrada e saída. Sobre os orifícios de passagem atuam obturadores tipo agulha, guilhotina de metal, discos de vedação de elastômeros. Em alguns modelos, o fechamento é correção, com anéis de vedação.

A válvula utilizada na planta de irrigação é uma solenoide *on-off* ou seja, aberta ou fechada, ela possui o mesmo diâmetro da linha e é normalmente fechada,

para abrir a válvula é necessário comando via CLP que vai energizar a bobina do solenoide que por sua vez vai abrir a válvula permitindo assim o fluxo de água pelo sistema de irrigação.

2.9 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

O sistema de irrigação por gotejamento se desenvolveu em função da escassez de água. Este sistema aplica água em apenas parte da área, reduzindo assim a superfície do solo que fica molhada e exposta às perdas por evaporação. Com isto a eficiência de aplicação é bem maior e o consumo de água menor. O sistema proposto no projeto de irrigação é composto do um reservatório de água, uma boia de nível elétrica, um CLP S7-200, um módulo MD720-3, uma antena *Quadband ANT 794-4MR*, um registro tipo borboleta acoplada na saída do reservatório, cinco válvulas solenóides para distribuir a irrigação por setores no pomar, e ainda 500 metros de mangueira com furos especiais para o gotejamento.

O reservatório de água fica instalado em um ponto próximo do pomar e é importante que fique acima do nível a ser irrigado para que a água possa abastecer as mangueiras de gotejamento por meio da gravidade. A função da boia elétrica é indicar se o reservatório está cheio ou vazio, o CLP e o módulo MD720-3 fazem o controle do sistema, o registro borboleta tem a função de isolar as válvulas solenóide do reservatório, as válvulas solenóides dividem a irrigação em cinco etapas, cada uma delas está acoplada a uma mangueira de gotejamento de 100 metros de comprimento. Essas mangueiras estão espalhadas por diferentes setores do pomar, o que permite a flexibilidade de manuseio e realocação das mesmas conforme a necessidade do sistema.

3 METODOLOGIA E RESULTADOS

Neste capítulo será abordado o desenvolvimento das pesquisas e relacionando-as com a prática, o objetivo é avaliar a teoria desde o início dos estudos até a verificação dos resultados finais.

3.1 VISÃO BÁSICA DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

O uso do sistema GPRS para sistema de irrigação tem o objetivo de facilitar o controle à distância de sistemas controlados, esses sistemas podem ser qualquer planta com controle automático.

O controle de irrigação do pomar é controlado remotamente pelo usuário através de um sistema de supervisão que pode ser instalado no computador pessoal ao qual é acoplado um módulo GPRS responsável por enviar as mensagens para o controle da planta. Na figura 5 é mostrada uma ilustração do tipo de comunicação GPRS.

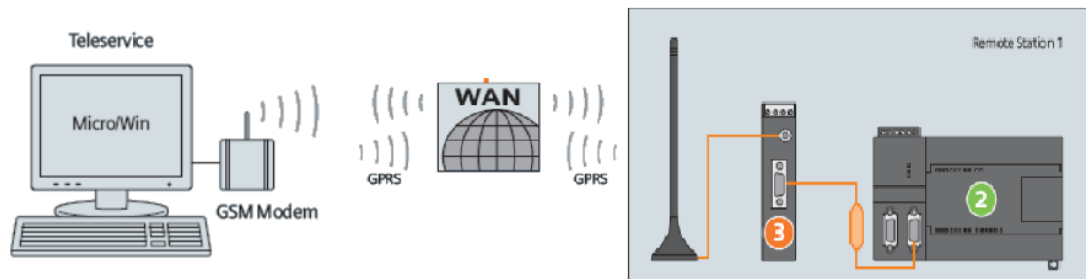


Figura 5 - Comunicação via GPRS
Fonte: Adaptado do Catálogo Siemens (2012)

São necessários dois módulos GPRS um é ligado ao computador e integrado ao supervisor, o outro módulo é integrado ao CLP, para que haja comunicação é obrigatoriamente necessário que a região onde o sistema remoto e o computador de controle estejam dentro da área de cobertura de uma operadora de telefonia celular e que a mesma disponibilize o serviço para o usuário.

3.2 ESTUDO DO PROCESSO

O processo se baseia na rede GSM/GPRS onde a informação é inserida no supervisor pelo usuário conforme a figura 6 os dados são processados e enviados pelo módulo GPRS via *wireless* até o outro modulo instalado em campo.

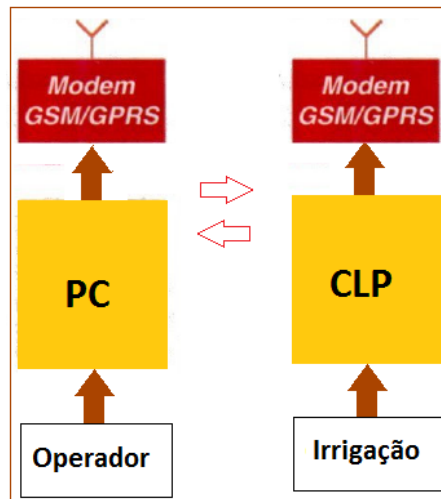


Figura 6 - Transmissão de dados
Fonte: Autoria própria

O modulo GPRS é acoplado no computador ao qual é instalado a uma interface com a *internet*.

A Interface GPRS-*Internet* é um dispositivo que permite realizar a conexão do equipamento do usuário com uma Rede GPRS-*Internet*. De modo análogo a um telefone celular, ele realiza basicamente, ao invés de voz, transferência de dados. Essa interface nada mais é do que um Modem (Modulação/Demodulação), que ficou bastante conhecido no início das comunicações de dados, já que era o dispositivo que permitia a conexão entre microcomputadores e a internet, ou mesmo efetuar uma conexão discada a um servidor *dial-up* (Computador que atende a uma ligação telefônica) (TATEOKI, 2007, p. 46).

3.3 SISTEMA DE CONTROLE

O controle é baseado em uma programação de CLP previamente desenvolvida, onde o programa está escrito em linguagem LADDER e gravado na memória do CLP, este por sua vez fica ligado e aguardando o comando para dar início ao processo de irrigação o qual é transmitido via GPRS.

3.4 CLP

Para a aplicação do sistema de irrigação foi desenvolvido o programa baseado no funcionamento do controlador lógico programável da Siemens S7 200, por este um equipamento adequado para a aplicação e possível de expansão e ampliação do sistema. A figura 7 mostra o CLP da Siemens S7 200.

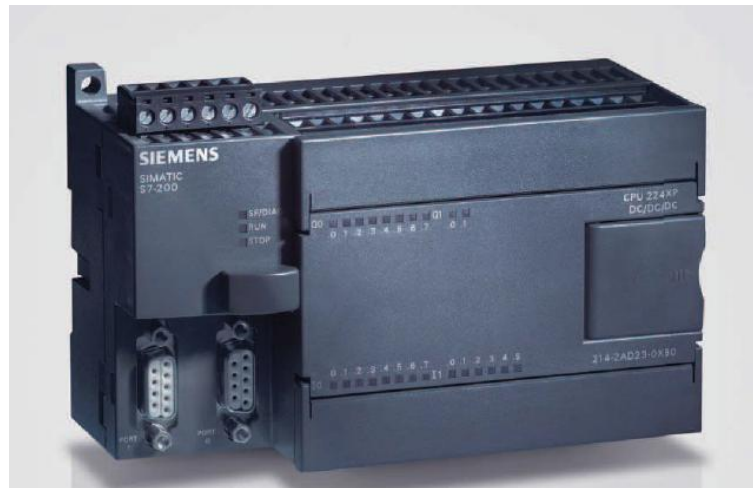


Figura 7 - CLP Siemens S7-200
Fonte: Manual de aplicações Siemens

O CLP S7-200 as seguintes características de funcionais:

- Entradas e saídas digitais integradas;
- Interface RS485 integrada;
- Protocolo PPI (mestre/escravo), MPI (escravo) e *Modbus*;
- Contadores rápidos;
- Saídas de pulso rápido;
- Memória retentiva;
- Entradas de interrupção;
- Relógio de tempo real;
- Cartão de memória removível
- Potenciômetro

A grande diversidade de módulos de expansão permite a adaptação da configuração para diversos tipos de aplicação. É possível utilizar até sete módulos de expansão:

- Módulos de Entradas/Saídas
- Digitais
- Analógicos

- Específicos para medição de temperatura
- Módulo de Posicionamento
- Módulos de Comunicação
- *AS-Interface* (mestre)
- *PROFIBUS-DP* (escravo)
- Modem
- *Ethernet*

Fonte: adaptado do catálogo da Siemens (2008, p. 2).

3.5 PROGRAMA

A programação do SIMATIC S7-200 é feita através do *software STEP 7-Micro/WIN*, que é uma ferramenta que pode ser trabalhada nas linguagens LAD, FDB e STL. Ele permite que você crie suas próprias bibliotecas, com partes de programas para serem reutilizadas, ou adicionar bibliotecas prontas. Além disso, ele conta com assistentes de parametrização para funções como comunicação em rede e configuração entre outros. A figura 8 apresenta a tela inicial do *software STEP 7-Micro/WIN*.

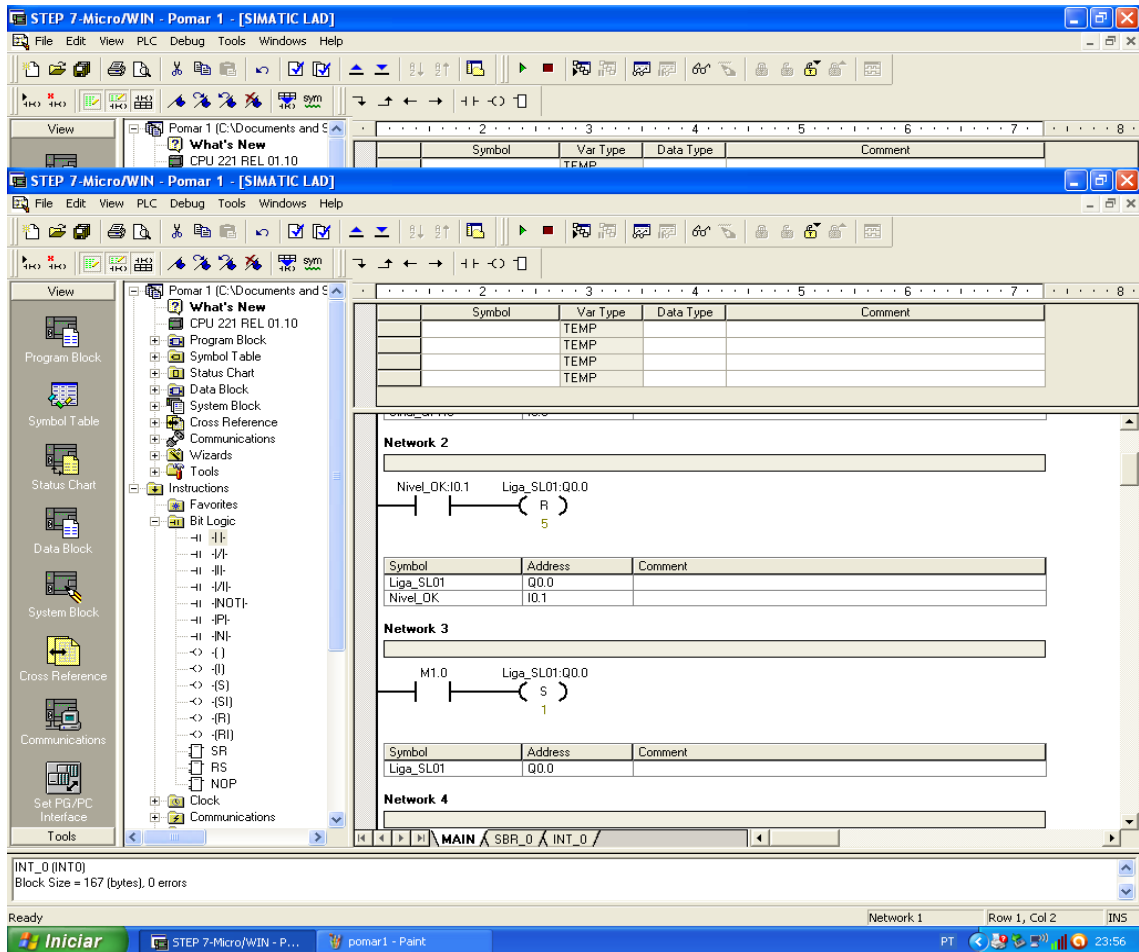


Figura 8 - Software STEP 7 Micro/WIN
Fonte: Autoria própria

A figura 9 apresenta o programa aplicado para o sistema de irrigação do pomar. Inicialmente o CLP instalado e com o programa rodando está em modo de espera através de SM0.0, quando é recebido um comando do sinal GPRS é acionada a entrada I0.0 em seguida é verificada a entrada I0.1 que indica a existência de nível baixo no reservatório de água, caso esteja acionada, indica que o reservatório encontra-se vazio ou com nível baixo e a irrigação é cancelada e o CLP volta à condição inicial de espera. Quando o nível estiver em cheio Q0.1 faz *reset* de todas as saídas subsequentes para garantir que não haverá qualquer saída ligada do CLP conforme mostra a figura 9.

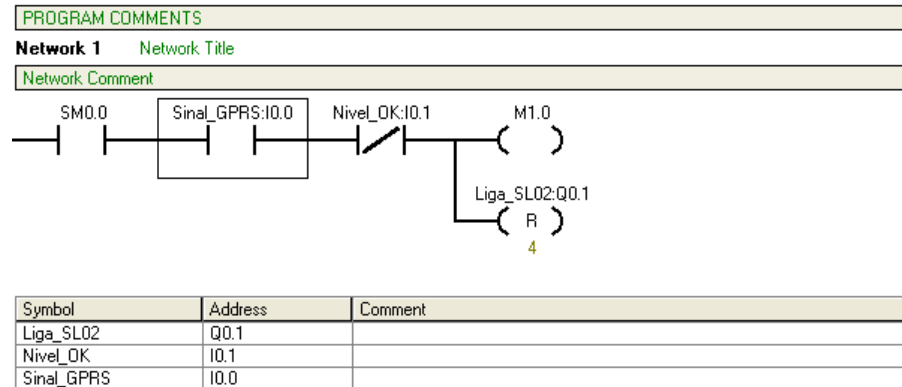


Figura 9 - Programa de irrigação do pomar
Fonte: Autoria própria

A figura 10 apresenta a condição para manter o sistema de irrigação ligado. No reservatório de água existe uma boia elétrica que aciona o contato de um relé o qual é ligado à entrada I0.1 do CLP, caso esteja acionado indica a falta de água no reservatório, e a programa desliga todas as saídas do CLP a qualquer momento do processo de irrigação, é enviado para o usuário uma mensagem de falha na irrigação por falta de nível no reservatório, o sistema fica em estado de espera e libera para uma nova irrigação quando a condição de nível permitir.

Quando todas as variáveis estão em condições de partida, é ligada a saída Q0.0 que alimenta um relé de com 24V e este comuta com 120V AC na bobina da válvula solenóide SL-01, válvula abre e tem início o processo de irrigação por gotejamento.

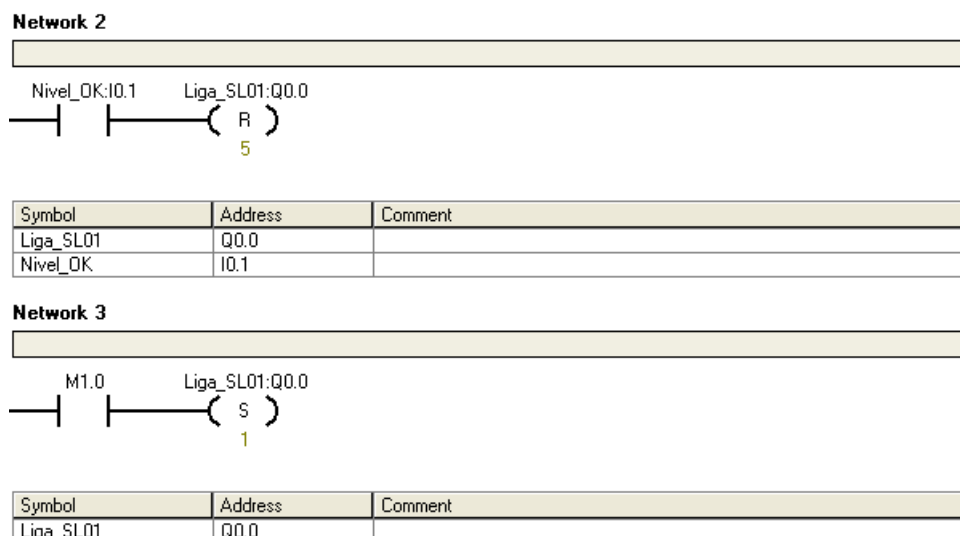


Figura 10 - Ligando a irrigação do pomar.
Fonte: Autoria própria

Quando ligada a válvula SL-01 é iniciado a contagem de tempo através de um

temporizador, figura 11, o tempo que a válvula fica aberta é definido pelo usuário através da inserção de tempo no temporizador T37 no CLP através do *software S7 Micro/WIN*. Após o temporizador atingir o limite de tempo Q0.0 desliga e SL-01 é fechada, simultaneamente o CLP liga a saída Q0.1 que abre a segunda válvula solenóide SL-02 que tem a função de irrigar outra área do pomar.

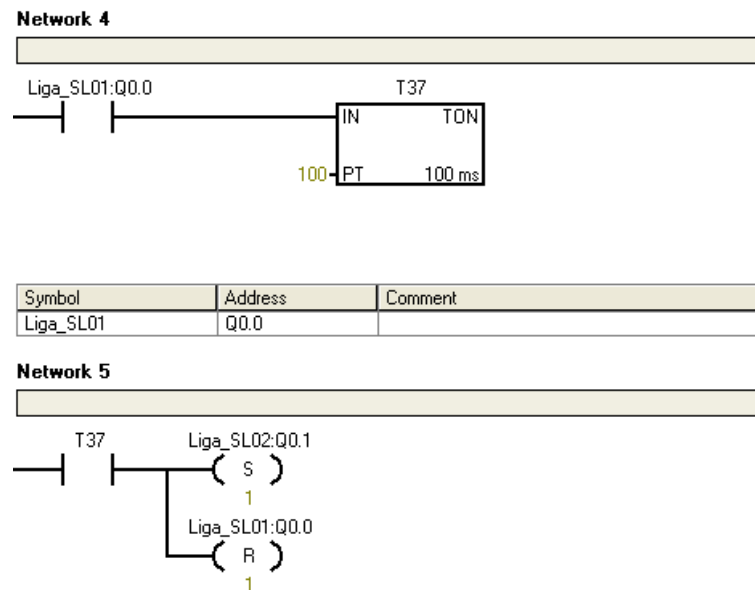


Figura 11 - Contagem de tempo para abertura da válvula
Fonte: Autoria própria

Quando o temporizador T38 termina a temporização SL-02 abre e o CLP liga a saída Q0.2 para ligar a solenóide SL-03, e o processo é repetido para as válvulas SL-04 e SL05 respectivamente, cada válvula é aberta alternadamente e possuem o seu próprio temporizador, o que permite que o tempo de irrigação para cada área do pomar seja diferente e adaptado para cada tipo de planta irrigada.

Ao final do processo é ativado um módulo responsável pelo retorno da informação para o usuário, conforme mostra a figura 12.

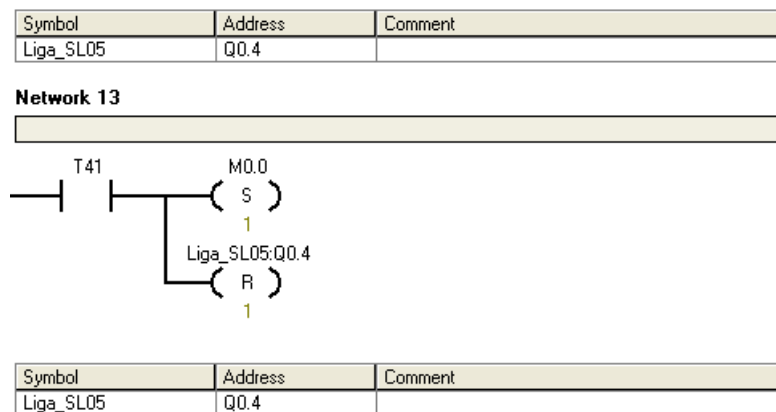


Figura 12 - Fim do programa
Fonte: Autoria própria

O fluxograma apresentado na figura 13 mostra as sequências lógicas de acionamento das saídas do CLP. Estas saídas ligam as válvulas do sistema de irrigação. Quando o usuário solicita remotamente o início da irrigação, o CLP recebe a informação e executa a verificação do nível de água no reservatório, se o reservatório não estiver vazio é aciona a saída Q0.0 que liga a bobina do relé RL1 conforme na figura 14. Se o nível estiver baixo o comando é ignorado e o sistema permanece em estado de espera.

O relé é alimentado por 24V gerados pela saída do CLP e atraca em 120V para alimentar a bobina da válvula solenóide. Quando a solenóide SL-01 é energizada ela altera do estado normalmente fechada para o estado de aberta e por gravidade a água contida no reservatório é escoada para as mangueiras de gotejamento estrategicamente instaladas nas fileiras do pomar. Uma vez aberta a solenoide SL-01 permanece neste estado enquanto o temporizador está acionado contado o tempo estipulado via CLP, após o término deste tempo o CLP desliga sua saída e corta a energia de SL-01 que volta ao estado fechado. Simultaneamente é acionada a saída Q0.1 do CLP que energiza a solenóide SL-02 e abre a válvula para irrigar outra parte do pomar. Após contar o tempo a válvula SL-02 é desligada e ligada a solenóide SL-03 através da saída Q0.2. A saída Q0.3 aciona a solenóide SL-04 e após acionar a solenóide SL-05 o circuito volta para a posição inicial e aguarda novo comando.

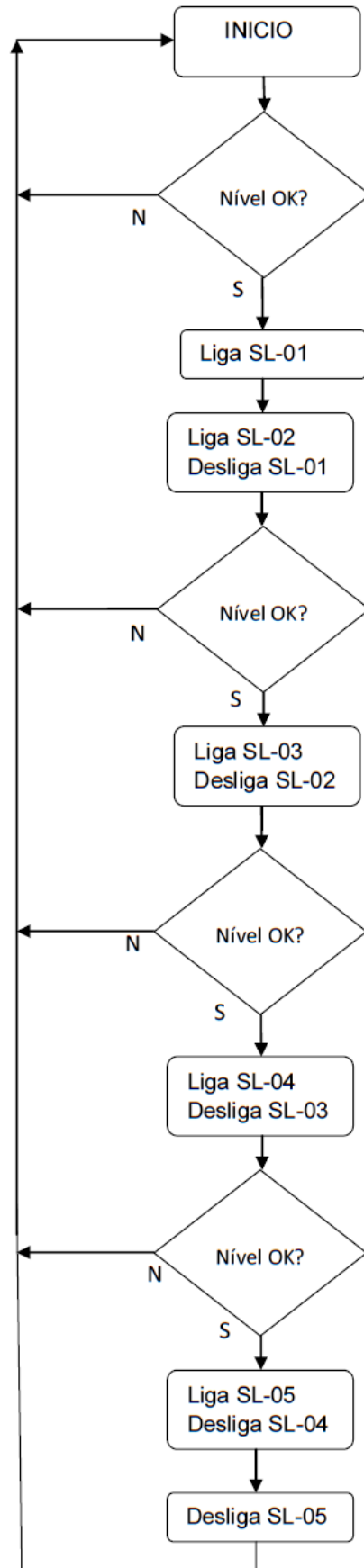


Figura 13 - Fluxograma de funcionamento
Fonte: Autoria própria

Neste sistema foram utilizadas cinco saídas do CLP S7-200 para acionar cinco válvulas solenóides, mas dependendo da aplicação podem ser utilizadas até sete saídas ou pode ser acrescentado um módulo de expansão para obter mais saídas.

O tempo de abertura da válvula solenóide é definido pelo programador no *software Simatic S7 Micro//Win*, e cada saída pode ter um tempo diferente em que fica ativa e melhorar o desempenho da irrigação em diferentes tipos de plantas com um único circuito de controle.

3.6 DIAGRAMA ELÉTRICO

Para desenhar o diagrama elétrico do quadro de automação foi utilizado o *software ProfiCAD* que é específico para desenhos elétricos e fornece em sua biblioteca todas as funções utilizadas no diagrama.

A figura 14 mostra o diagrama elétrico com as ligações do sistema de irrigação. A alimentação do circuito é em 120 Vac , possui proteção por fusível de 3 A. Na fonte a tensão alternada é retificada para 24Vdc e em seguida alimentar as saídas do CLP S7-200.

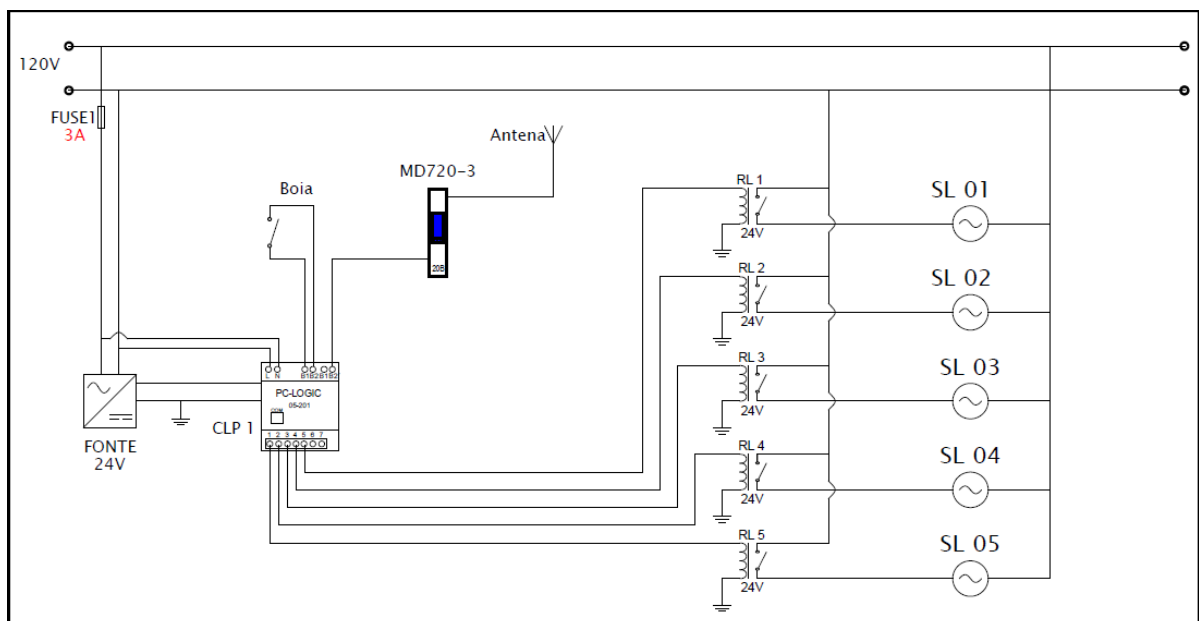


Figura 14 - Diagrama elétrico
Fonte: Autoria própria

As saídas do CLP são de 24 Vdc e acionam os relés também de 24 Vdc, estes comutam com a rede de 120 Vac e alimentam as bobinas das válvulas solenóides. Quando alimentadas às válvulas abrem e tem início o processo de irrigação. Quando o CLP desliga suas saídas, os relés que são normalmente abertos voltam para seu estado normal.

Na figura 18, adaptada do catálogo da Siemens *Applications & Tools*, mostra a concepção do conjunto de comunicação instalado em campo. Ele é dotado de fonte chaveada de 24 Vdc corrente de 1,3 A (1), uma CPU S7-200 224 (2) com um modem GSM/GPRS SINAUT MD730-3 (3) conectado. O modem GSM/GPRS está conectado a uma antena Quadband ANT 794-4MR (4).

O modem e o controlador estão ligados por um cabo PC/PPI. No modem é inserido o cartão SIM do provedor de telefonia celular.

3.7 MÓDULO DE COMUNICAÇÃO GPRS

O sistema de controle utiliza o *software SINAUT Micro SC* com o modem GPRS MD720-3 para visualizar os dados de processo das estações remotas na estação central e trocar dados de processo entre as estações remotas.

O módulo de comunicação MD 720-3 de fabricação da Siemens, é compatível com o CLP S7-200. É usado para a troca de dados a longa distância, com estações móveis e armazenamento de dados em períodos sem comunicação (SIEMENS, p. 15).

A figura 15 mostra a imagem do módulo de comunicação.



Figura 15 - MD 720-3
Fonte: Siemens

As vantagens de se utilizar o *software SINAUT Micro SC* está na possibilidade uma comunicação de dados econômica e bidirecional entre todas as estações remotas e o supervisor do operador.

O servidor OPC integrado no *SINAUT Micro SC* permite a visualização e o controle de todos os dados de processo das estações remotas, a manutenção de todas as estações remotas pode ser realizada através do teleservice de *STEP 7-Micro/WIN*.

Uma antena *quadband*, mostrada na figura 16 possibilita o endereçamento da rede no mundo inteiro, através do sistema GPRS do provedor de telefonia celular GSM.

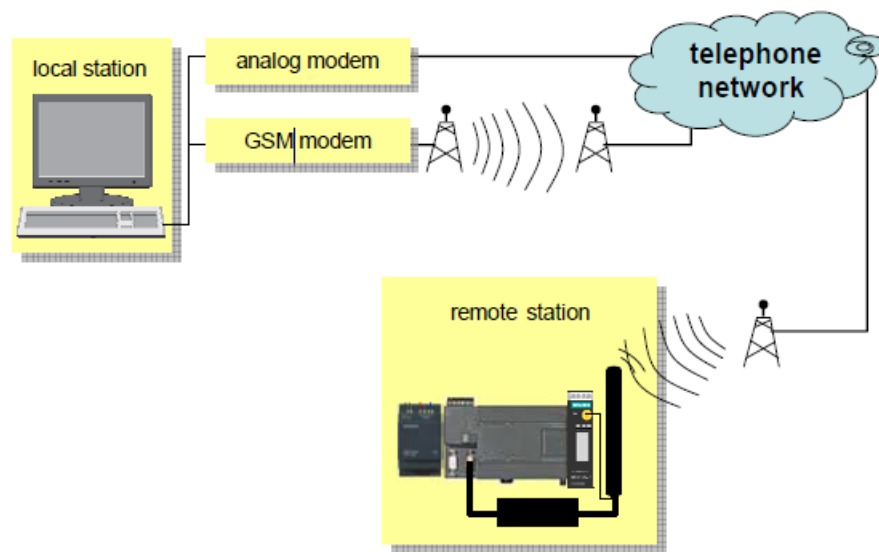


Figura 16 - Comunicação *network*
 Fonte: catalogo da Siemens

Ainda na figura 16 representa-se a forma de comunicação do sistema entre o CLP instalado no campo e o supervisor instalado no PC. Para que haja compatibilidade entre os equipamentos de campo e o computador é necessário instalar o *software SINAUT MICRO SC* o qual a função é a de administrar a comunicação entre o supervisor e o equipamento de campo. A interface *SINAUT MICRO SC* é apresentada na figura 17 a qual mostra passos para configuração da interface de comunicação.

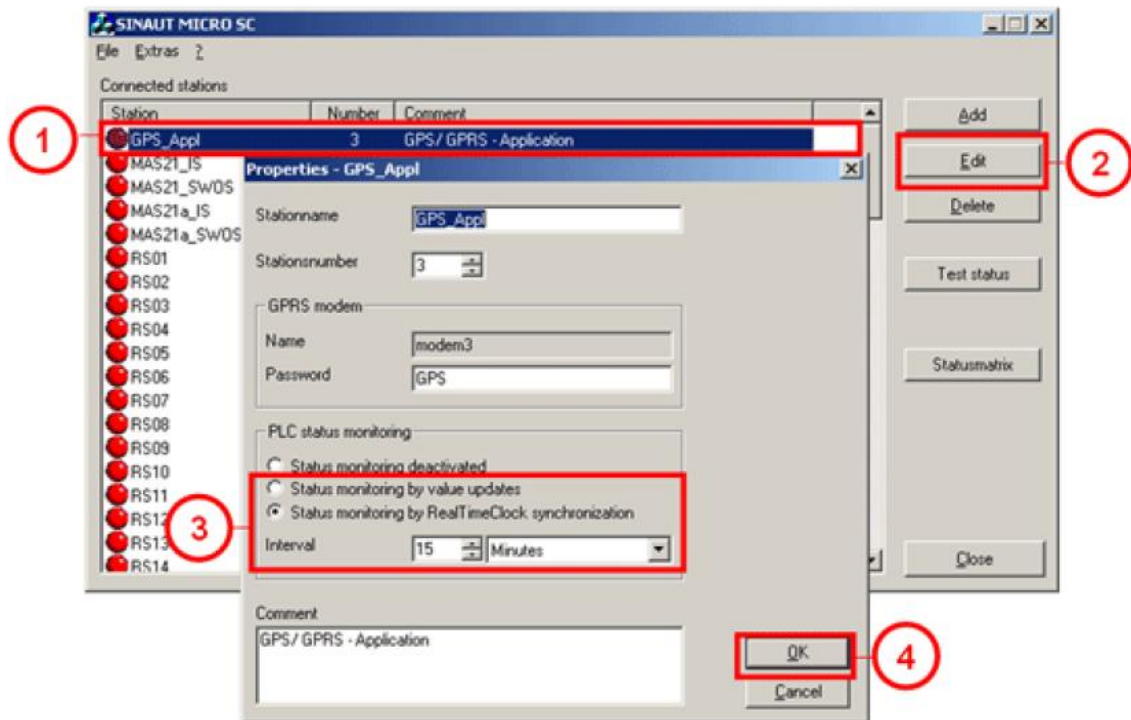


Figura 17 - Interface SINAUT MICRO SC
Fonte: Adaptado do manual Siemens MD720-3.

A figura 18 representa a estrutura de uma estação remota contendo fonte de alimentação de 24V, o CLP S7-200, o módulo GPRS MD720-3 e antena de comunicação de dados, adaptada do catálogo da Siemens *Applications & Tools*, mostra a concepção do conjunto de comunicação instalado em campo. Ele é dotado de fonte chaveada de 24V corrente de 1,3 A (1), uma CPU S7-200 224 (2) com um modem GSM/GPRS SINAUT MD730-3 (3) conectado. O modem GSM/GPRS está conectado a uma antena Quadband ANT 794-4MR (4).

O modem e o controlador estão ligados por um cabo PC/PPI. No modem é inserido o cartão SIM do provedor de telefonia celular.

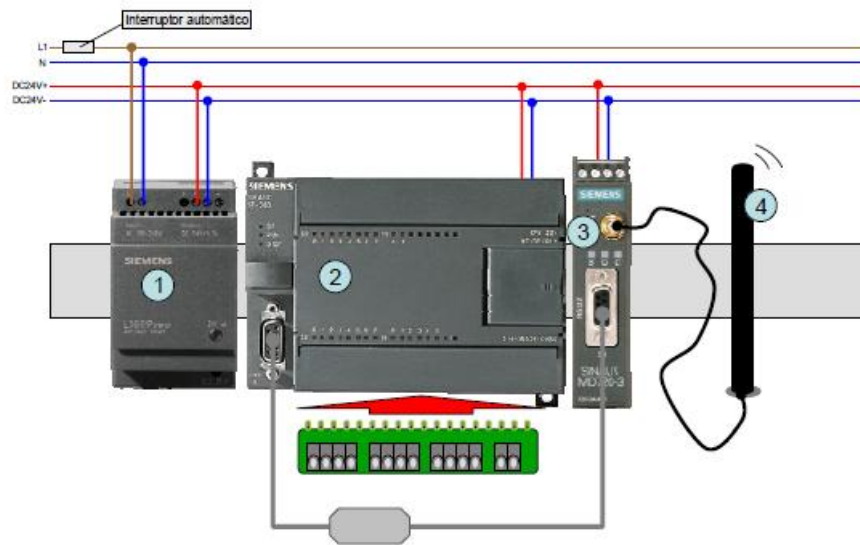


Figura 18 - Estrutura da estação remota
 Fonte: adaptado do catálogo Siemens (2008, p.12).

3.8 BLOCOS DE COMUNICAÇÃO GPRS

3.8.1 Bloco de comunicação "WDC_INIT"

O módulo da figura 19 é chamado ciclicamente no programa do usuário e transmite os parâmetros de conexão definidos no módulo de dados ao modem MD720-3.

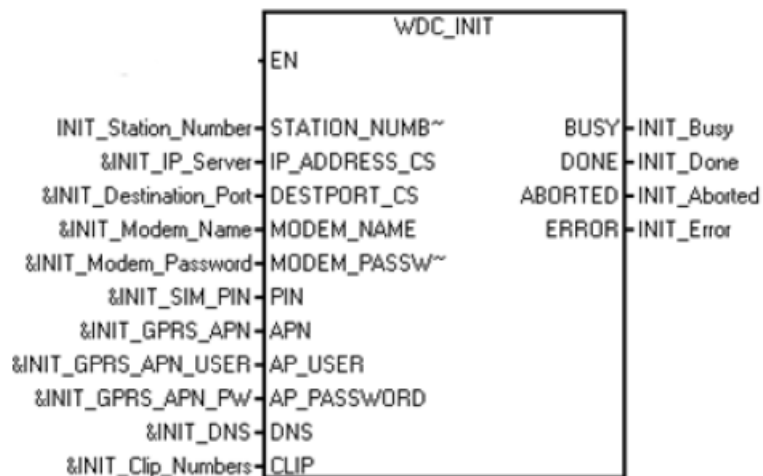


Figura 19 - Bloco de comunicação WDC_INIT
 Fonte: Manual da Siemens

3.8.2 Módulo de envio com "WDC_SEND"

O módulo chamado ciclicamente no programa de usuário envia um bloco de dados de um tamanho máximo de 239 bytes indicando o número de estação da estação remota de destino, este módulo é representado na figura 20.

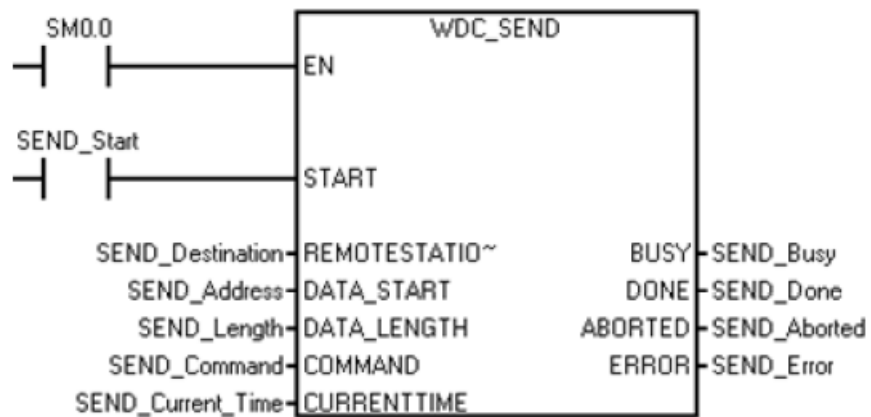


Figura 20 - Módulo *WDC_SEND*
Fonte: Manual Siemens

3.8.3 Realização de funções especiais com "WDC_CONTRL"

Este módulo representado na figura 21 é chamado ciclicamente no programa de usuário possibilita as seguintes funções especiais: (Siemens 2007, p.28).

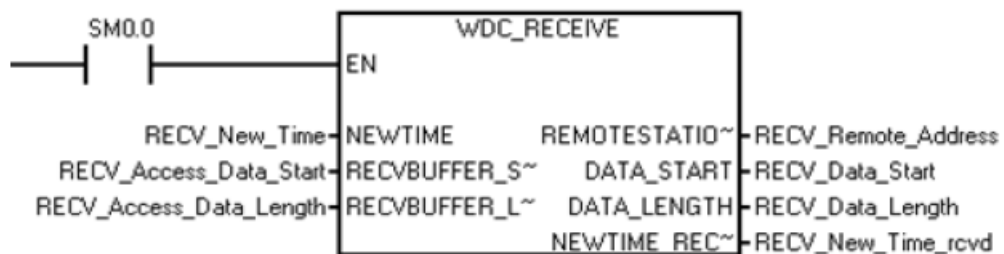


Figura 21 - Módulo *WDC_RECEIVE*
Fonte: Manual da Siemens

- Aceitação de chamadas CSD autorizadas com o objetivo da manutenção da estação remota correspondente por meio de *telesserviço*.

- Mudança para o chamado modo AT com o objetivo de, por exemplo, enviar uma SMS utilizando comandos AT. Neste modo a conexão GPRS está desativada.

3.8.4 Envio de dados GPRS remoto para o sistema Supervisório

A figura 22 representa a sequencia de comunicação entre o CLP instalado em campo e o supervisório com acesso do usuário.

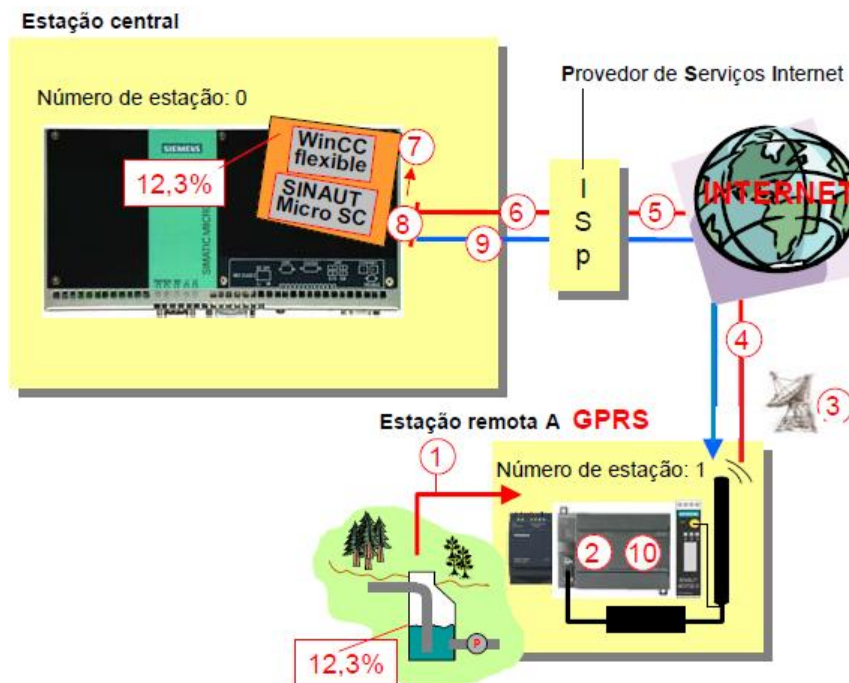


Figura 22 - Comunicação Entre CLP e Supervisório
Fonte: Adaptado Siemens (2007, p.28)

A seguir é apresentado o quadro 1 adaptado do manual da Siemens (2007, p.30) com a sequência de eventos para concretizar esta comunicação.

Sequência	Função
1.	O dado, p.ex. um nível de enchimento de 12,3% é lido pelo controlador da estação remota "A" através de uma interface analógica.
2.	O S7-200 envia o nível de enchimento (p.ex. 12,3%) por meio da chamada do módulo S7 "WDC_SEND" indicando o: <ul style="list-style-type: none"> • endereço lógico da estação central de destino • endereço de variável e o comprimento de byte do nível de enchimento a enviar (p.ex. 12,3%) ao modem.
3.	O modem processa o nível de enchimento (p.ex. 12,3%) e envia-o via GPRS ao provedor de telefonia celular.
4.	O provedor de telefonia celular transmite o nível de enchimento (p.ex. 12,3%) à INTERNET
5.	A INTERNET roteia o nível de enchimento (p.ex. 12,3%) ao provedor de serviços INTERNET da estação central.
6.	O provedor de serviços INTERNET da estação central transmite o nível de enchimento (p.ex. 12,3%) ao servidor SINAUT MICRO SC da estação central.
7.	O servidor OPC de SINAUT MICRO SC põe à disposição os dados de processo recebidos ao cliente OPC (sistema HMI).
8.	SINAUT MICRO SC envia após o recebimento com sucesso uma confirmação ao modem da estação remota "A".
9.	O modem transmite a confirmação à CPU S7-200.
10.	O módulo S7 "WDC_RECEIVE" recebe a confirmação. O módulo S7 "WDC_SEND" informa a seguir o programa de usuário sobre o processo de envio concluído com sucesso

Quadro 1- Comunicação entre GPRS e Supervisório
Fonte: Adaptado Siemens (2007, p.28)

3.8.5 O envio de dados do Supervisório para o modulo GPRS

O quadro 2 mostra a sequência de comunicação com o supervisório enviando dados para a estação GPRS. Tabela adaptada do manual da Siemens (2007, p.30).

Sequência	Função
1.	Uma variável é alterada/atualizada no cliente OPC.
2.	O cliente OPC transmite a variável alterada ao servidor OPC de SINAUT MICRO SC
3.	SINAUT MICRO SC envia o valor alterado à estação remota "A" atribuída a esta variável. O endereço IP atual encontra-se na tabela de roteamento.
4.	O provedor de serviços INTERNET transmite o novo valor de processo à INTERNET.
5.	Na INTERNET os dados são roteados ao provedor de telefonia celular.
6.	O provedor de telefonia celular transmite os dados ao modem.
7.	O valor de processo alterado é transmitido do modem à S7-200 via cabo PC/PPI.
8.	O valor de processo atualizado é recebido pela CPU S7-200 por meio dos módulos S7 "WDC_RECEIVE" e atribuído ao endereço de variável indicado
9.	O módulo da S7 "WDC_SEND" gera uma mensagem de confirmação e envia-a ao modem.
10.	O modem envia a confirmação a SINAUT MICRO SC da estação central
11.	Após o recebimento correto da confirmação, SINAUT MICRO SC atribui à variável enviada (tag) a qualidade "boa". Se dentro do tempo de monitoramento de 15s não for recebida nenhuma confirmação para a tarefa de envio, é atribuída a qualidade "fraca"

Quadro 2- Comunicação entre supervisório e GPRS
Fonte: Adaptado Siemens (2007, p.28)

3.9 SISTEMA DE SUPERVISÃO

O *software* utilizado interface entre o usuário e o CLP no sistema de irrigação com controle GPRS é o IFIX, fabricado pela empresa *General Electric*. O IFIX possui um sistema *SCADA* robusto e com varias opções de conectividade, tem arquitetura aberta e é altamente difundido na indústria, ideal para aplicações simples e complexas. A figura 23 mostra a tela inicial do IFIX já com a aplicação do pomar.

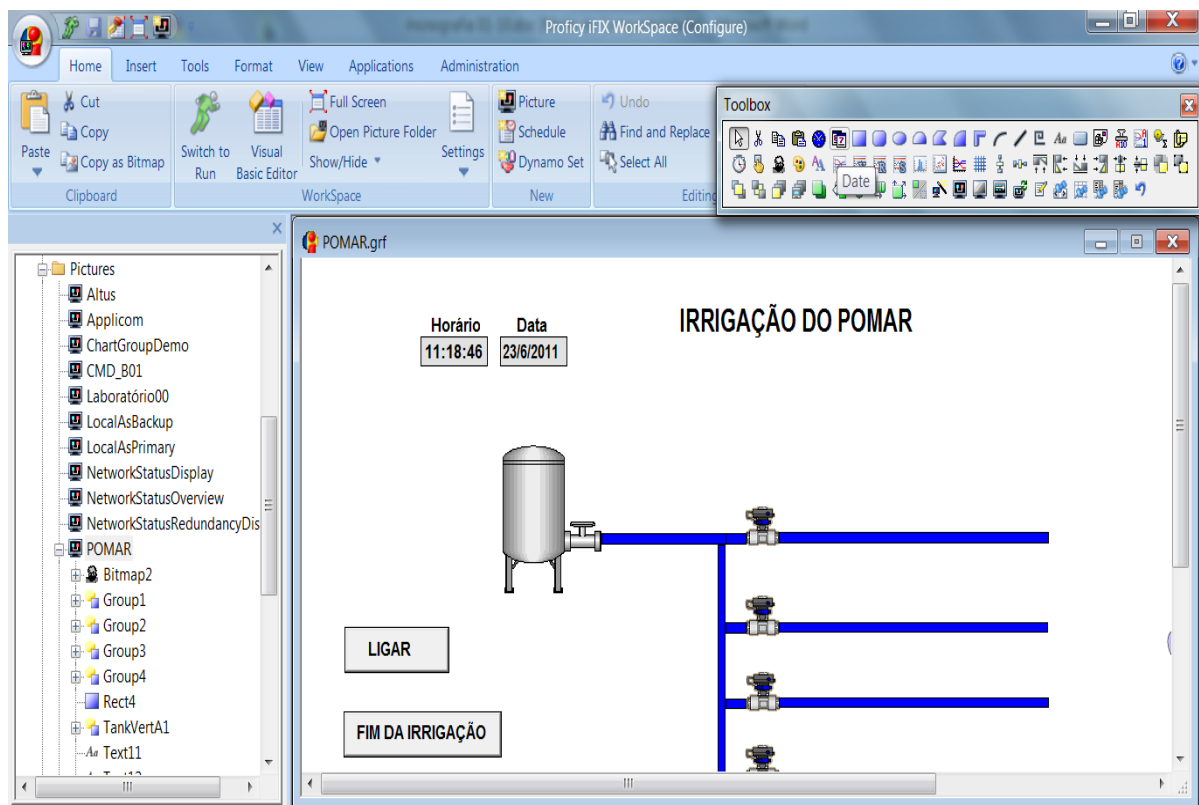


Figura 23 - Página inicial do IFIX
Fonte: Autoria própria

Para o sistema de irrigação foi criada uma tela no IFIX contendo um reservatório de água e uma válvula na saída com acionamento manual que tem a função de isolar a rede de água subsequente para facilitar o acesso em caso de necessidade de manutenção.

As válvulas solenoides de SL-01 a SL-05 ficam em campo e são acionadas pelo CLP e que por sua vez é comandado pelo supervisor.

Na figura 24 esta a representação do sistema aplicado ao pomar em modo de espera, pronto para iniciar o ciclo de irrigação. Quando está em modo de espera o botão “ligar” tem a cor cinza e o botão “fim da irrigação” tem a cor verde que indica o

processo parado. Para iniciar o processo de irrigação basta clicar em ligar a animação do supervisório vai assumir a cor vermelha indicando que o processo está em andamento.

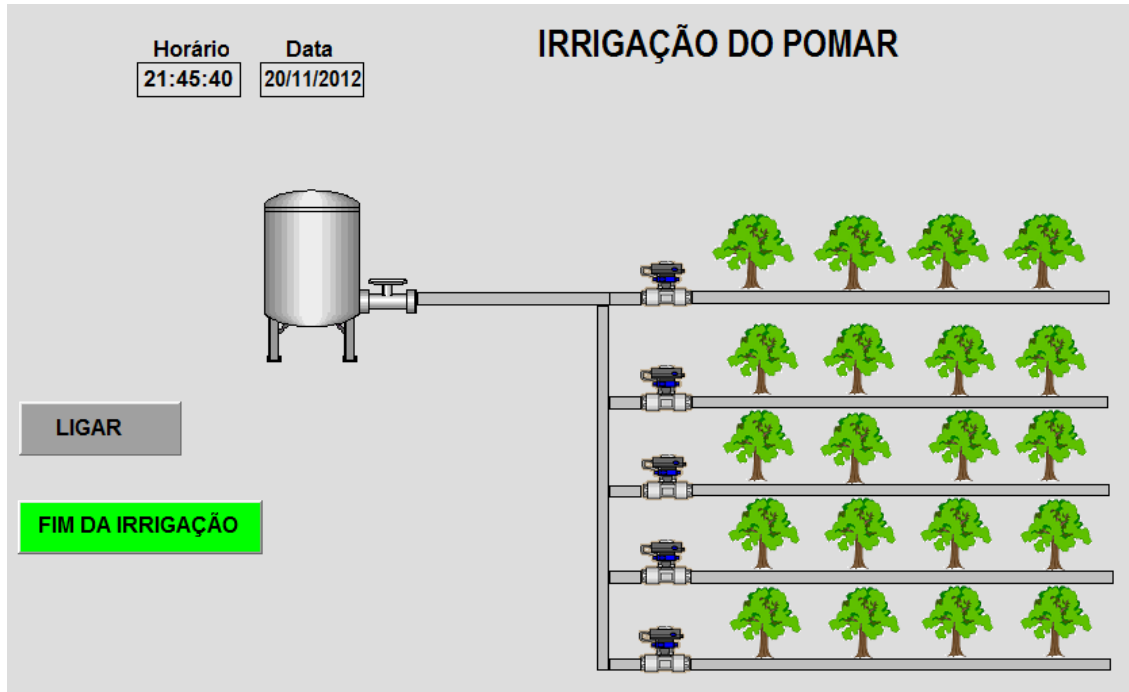


Figura 24 - Sistema de irrigação em espera
Fonte: Autoria própria

A figura 25 mostra a irrigação em andamento, a válvula solenóide SL-01 abre e inicia o processo de irrigação na primeira parte do pomar, assim que o temporizador desligar a válvula SL-01 fecha e é aberta SL-02 dando início à irrigação por gotejamento em outra parte do pomar. Enquanto estiver em processo de irrigação no supervisório o botão “ligar” permanece em vermelho, e o botão “fim da irrigação” em cinza, caso seja acionado a irrigação é cancelada e o sistema volta para a posição inicial.

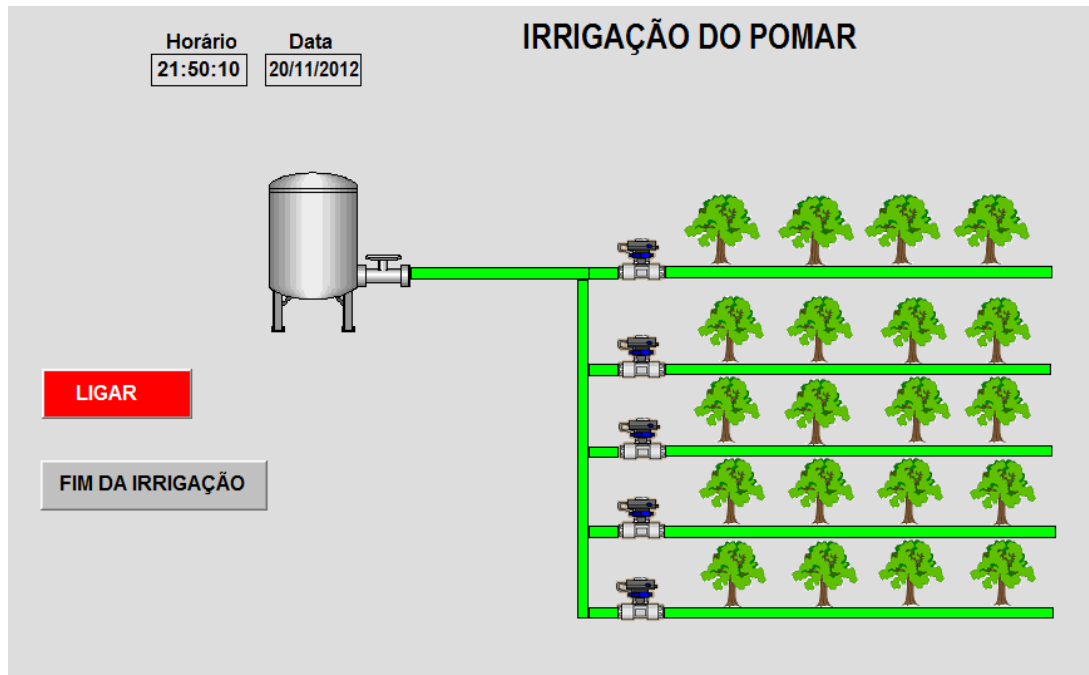


Figura 25 - Irrigação em processo
Fonte: Autoria própria

Assim que todas as válvulas completarem o ciclo de irrigação é acionada a memória M0.0 que aciona a função GPRS para enviar um retorno do final da irrigação ao supervisor. O *software* indica o fim da irrigação e fica em modo de espera aguardando novo comando para reiniciar a irrigação.

4 CONCLUSÕES

O presente trabalho propôs a configuração de um sistema de irrigação controlado à distância via *software* supervisor. Todo o esforço dirigido para o desenvolvimento desta monografia resultou em uma experiência positiva para a vida profissional, pois trouxe à tona a necessidade de aprofundamento e busca constante de conhecimento tais como: o estudo da comunicação via GPRS, a linguagem de programação LADDER para o desenvolvimento do programa do CLP, a integração do módulo de comunicação MD720 3 com o CLP Siemens S7-200, o desenvolvimento de interface supervisionada com a ferramenta IFIX.

Os resultados foram satisfatórios e demonstraram a possibilidade de comunicação entre um usuário e um ponto remoto qualquer, contudo há a necessidade de aperfeiçoamento do sistema, tal como a possibilidade de serem adicionadas variáveis de medidas em campo como pressão e nível, e até mesmo um controle com inversor de frequência no pomar. Ainda, pode ser adicionada ao circuito uma IHM (interface homem máquina) para visualização do *status* em campo. Faz-se necessário mencionar, também, a praticidade em adaptar o sistema para a automação residencial uma vez que o princípio de funcionamento é o mesmo e pode controlar sistemas de segurança residências e automotivos, abertura e fechamento de portas, irrigação em jardins, controle de iluminação e sistema de som ambiente entre outras aplicações.

O projeto tem como base o controle automático à distância de um dispositivo de automação, mas para isso é primordial que na região em que este equipamento for instalado tenha cobertura de uma operadora de celular com disponibilidade de troca de dados para o usuário. No Brasil não são todas as áreas rurais que possuem esta disponibilidade, quadro que deve mudar conforme a forem surgindo demanda e sendo realizados investimentos zonas rurais do país.

Para finalizar, pode ser dito que o objetivo principal foi alcançado, pois se constatou a viabilidade de comunicação e controle de um sistema de irrigação via GPRS.

REFERÊNCIAS

- IFIX, Proficy HMI/SCADA IFIX 5.5. **Manual de configuração do supervisorio**. General Eletric. 2010. Disponível em: <http://www.ge-ip.com/products/3311>. Acesso em 01/out/2012.
- HOLZBACH, Rafael H. **Proposta de critérios para avaliação de aspectos de sustentabilidade em projetos de inovação tecnológica**. Projeto de Dissertação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha. **Sistema de otimização hidráulica de irrigação localizada usando algoritmos genéticos**. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Paulo, 2008.
- NATALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. Editora Érica, São Paulo, 2002.
- NETO, Vicente Soares. **Sistema móvel de telefonia celular**. Editora Érica, São Paulo, 1990.
- PRUDENTE, Francesco. **Automação Industrial – PLC: Programação e Instalação**. Editora LTC (Grupo GEN), São Paulo, 2010.
- RAPPAPORT, Theodore S. **Comunicação sem fio, princípios práticos**. 2ª Edição Editora Pearson, 2008.
- REGAZZI, Rogério Dias; PEREIRA, Paulo Sergio; SILVA JR, Manuel Feliciano. **Soluções Práticas de Instrumentação e Automação – Utilizando a Programação Gráfica LabVIEW**. PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2005.
- SIEMENS, Applications & Tools – **Comunicação de dados sem fios baseados em GPRS**. Manual de aplicações, Siemens, 2007. Disponível em: http://cache.automation.siemens.com/dnl/jQ/jQ0MzQxMQAA_22537809_Tools/Set21_DocTech_v3d3_pt.pdf. Acesso em 10/set/2012.
- SVERZUT, José Umberto. **Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS – Evolução a Caminho da Terceira Geração (3G)**. Editora Érica, São Paulo, 2005.
- TATEOKI, Getúlio Teruo. **Monitoramento de Dados via Internet baseado em Telefonia Celular**. Dissertação submetida à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, 2007.
- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**. UTFPR, 2008.
- VIANNA, William S. **Controlador Lógico Programável**. CEFET, 2000.