



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
LEMA – LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA E MECÂNICA AGRÍCOLA



CONTROLE AUTOMATIZADO DA IRRIGAÇÃO UTILIZANDO UM CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL ASSOCIADO A UM INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Adunias dos Santos Teixeira (adunias@ufc.br)

Marcos Alves Ferreira (mestrando em Engenharia Agrícola/UFC)



➤ **TEMA: CONTROLE AUTOMATIZADO DA IRRIGAÇÃO UTILIZANDO UM CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL ASSOCIADO A UM INVERSOR DE FREQUÊNCIA.**

PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (plc) ASSOCIATED TO A VARIABLE FREQUENCY DRIVE FOR IRRIGATION CONTROL

➤ **EQUIPE TÉCNICA MULTIDISCIPLINAR.**

➤ **ÁREAS DO CONHECIMENTO:**

- ✓ **relação água-solo-planta**
- ✓ **sistemas hidráulicos**
- ✓ **eletricidade e eletrônica**
- ✓ **programação**



► **Vantagens da automação para área agrícola:**

- ▶▶ Melhor administração da propriedade ou projeto agrícola;
- ▶▶ Economia de mão-de-obra, de água, de energia e de fertilizantes;
- ▶▶ Economia no custo de funcionamento, consumindo energia elétrica nas horas de menor custo;
- ▶▶ Permite programar a irrigação em função da umidade do solo, temperatura do ar, evapotranspiração e vento.

(Fonte: Pizzaro,1990)

- ▶▶ Aumento da Produtividade das culturas

► **Desvantagens:**

- ▶▶ Alto custo de instalação;
- ▶▶ Interface pouco amigável (texto em inglês, espanhol);
- ▶▶ Assistência técnica deficiente;
- ▶▶ Baixo índice de instrução e treinamento dos operadores do sistema.

CONCEITOS



► SISTEMA DE CONTROLE

- **Definição:** Disposição de componente físicos, conectados ou relacionados de tal maneira a comandar, dirigir ou regular a si mesmo ou a outros sistemas. Distefano et al. (1978).
- **Conjunto de componentes relacionados entre si para executar uma determinada tarefa:** sistema elétrico, sistema hidráulicos, etc.

⇒ **ENTRADA(INPUT):** estímulo, ou excitação, aplicado a um sistema.

⇐ **SAÍDA (OUTPUT):** resposta obtida de um sistema de controle .

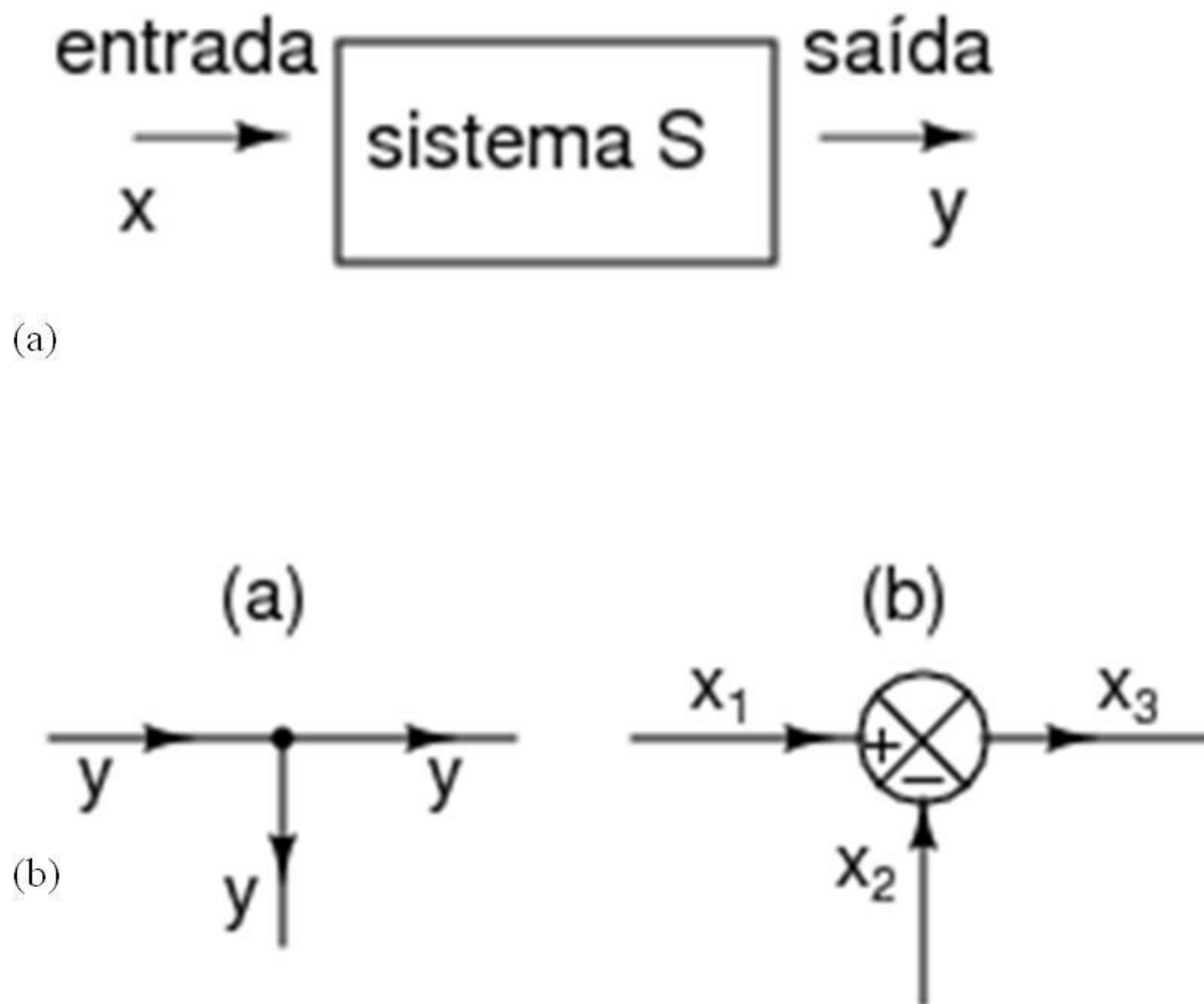


FIGURA 1 – Representação: (a) Sistema de controle, (b) diagrama de bloco.
(Fonte: adaptado de Gutierrez et al, 2008).



Componentes de um SISTEMA de CONTROLE (Santos, 2005):

- **PROCESSO:** operação onde pelo menos uma propriedade física ou química varia ao longo do tempo.
- **VARIÁVEL CONTROLADA:** propriedade que se deseja controlar, corresponde a saída do processo. **Ex.: umidade do solo.**
- **VARIÁVEL MANIPULADA:** propriedade a ser modificada diretamente pela ação do controlador e cuja variação irá afetar a variável controlada, corresponde a entrada do processo. **Ex.: tempo de irrigação.**
- **VALOR DESEJADO** (setpoint): valor de referência para a variável controlada. Em geral é determinado por um operador baseado nas necessidades do processo.
- **ELEMENTO PRIMÁRIO** (sensor): dispositivo que utiliza a energia do processo para proporcionar uma medida da variável controlada. **Ex.: Sensores Capacitivos.**



- **TRANSMISSOR:** elemento que transforma a medida do sensor em um sinal padronizado que pode ser transmitido e interpretado pelo controlador.
- **ELEMENTO FINAL DE CONTROLE** (atuador): dispositivo que recebe o sinal do controlador e, desta forma, altera a variável manipulada. **Ex. válvulas, relés, Inversor de Frequência, etc.).**
- **CONTROLADOR:** dispositivo que compara o valor da variável controlada com o valor desejado, calcula a ação corretiva necessária e emite o sinal de correção para o atuador.

SISTEMA DE CONTROLE (funções cotidianas):

⇒ Controle de Variáveis Contínuas ⇒ temperatura, vazão, pressão, etc.

⇒ Controle de Variáveis Discretas ⇒ posição, número, etc..

✓ **SISTEMA DE MALHA ABERTA (Open Loop Control)**

✓ **SISTEMA DE MALHA FECHADA (Close Loop Control)**

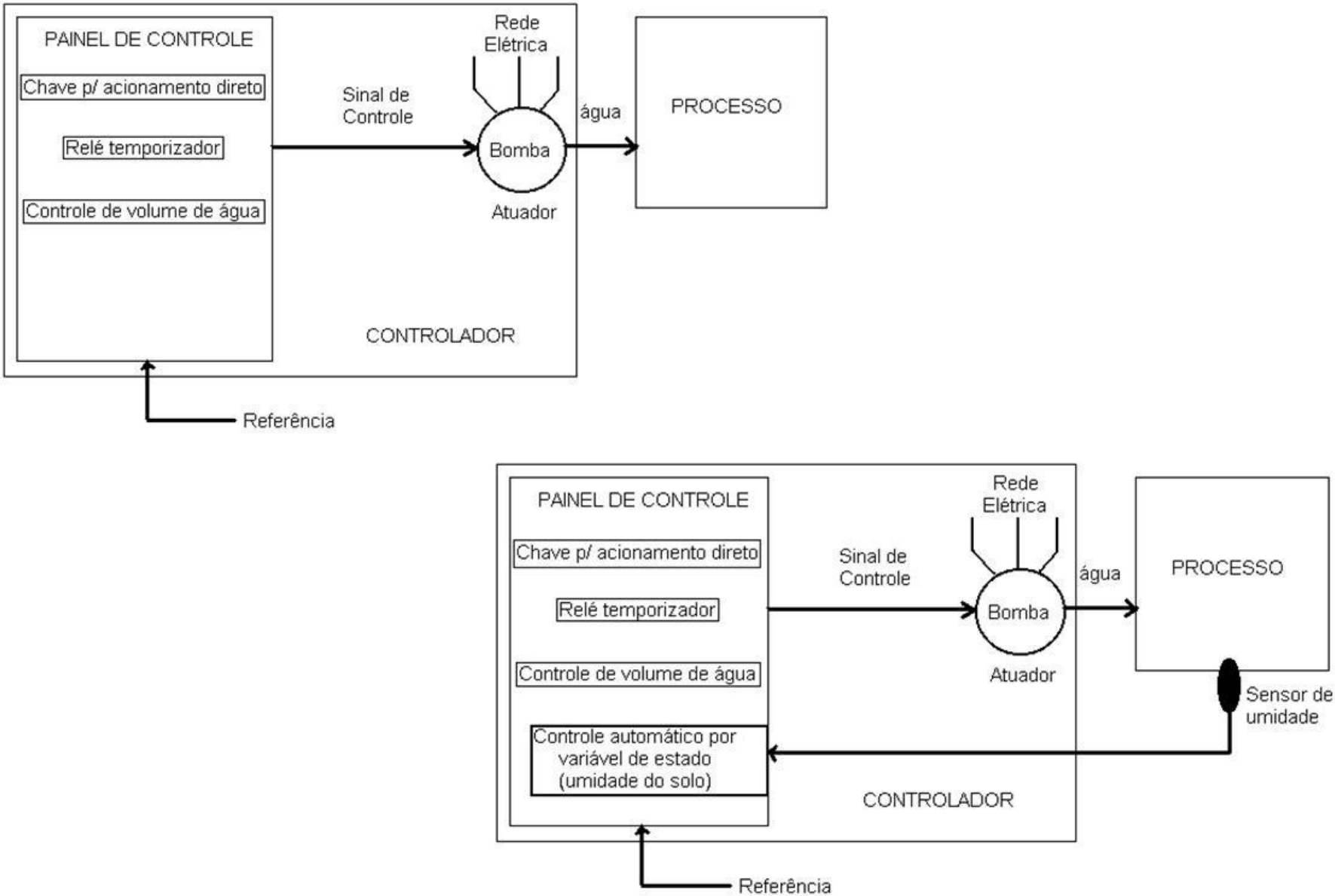


FIGURA 4 – (a) Controle de irrigação em Malha Aberta, (b) Controle de irrigação em Malha Fechada.

Equipamentos Utilizados



► Controlador Lógico Programável (CLP) – Programmable Logic Controller (PLC)

✓ Definição: dispositivo eletrônico, que controla máquinas e processos. Utiliza uma memória programável, para armazenar instruções e executar funções específicas de controle: energização/dessenergização, temporização, contagem, seqüenciamento, operações matemáticas e manipulação de dados, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos (Santos, 2007).

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) o CLP é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais.

Breve Histórico

↘ Surgimento: O desenvolvimento dos CLPs começou em 1968, em resposta, a uma necessidade da Divisão Hidramática da General Motors (GM).

↘ Substituição do sistema de controle por relé.

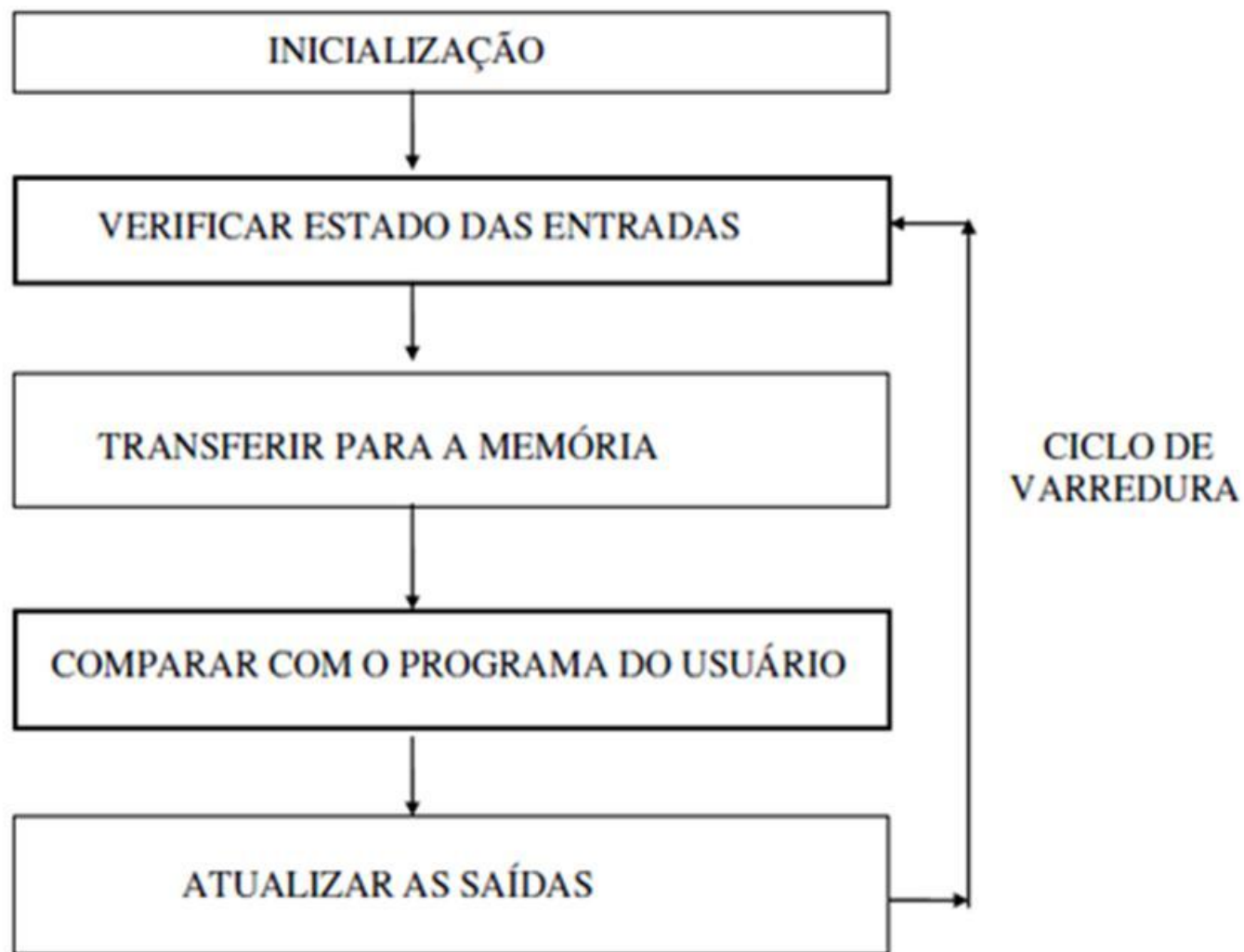


FIGURA 6 – Princípio de funcionamento de um CLP.
(Fonte: adaptado de Silva Filho, 2008)



FIGURA 7 – Exemplo do CLP utilizado no trabalho.

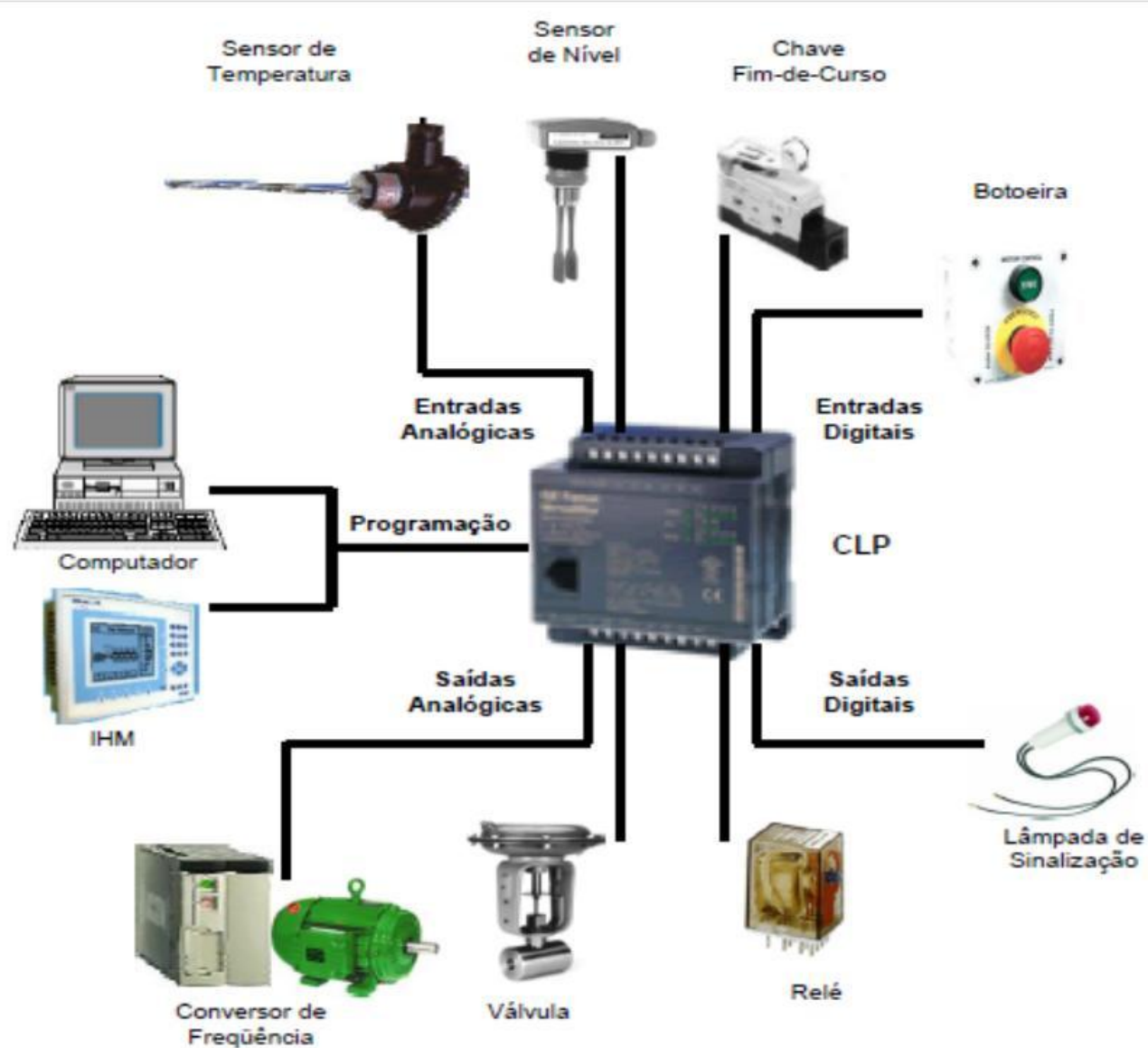


FIGURA 8 – Principais dispositivos conectados a um CLP.

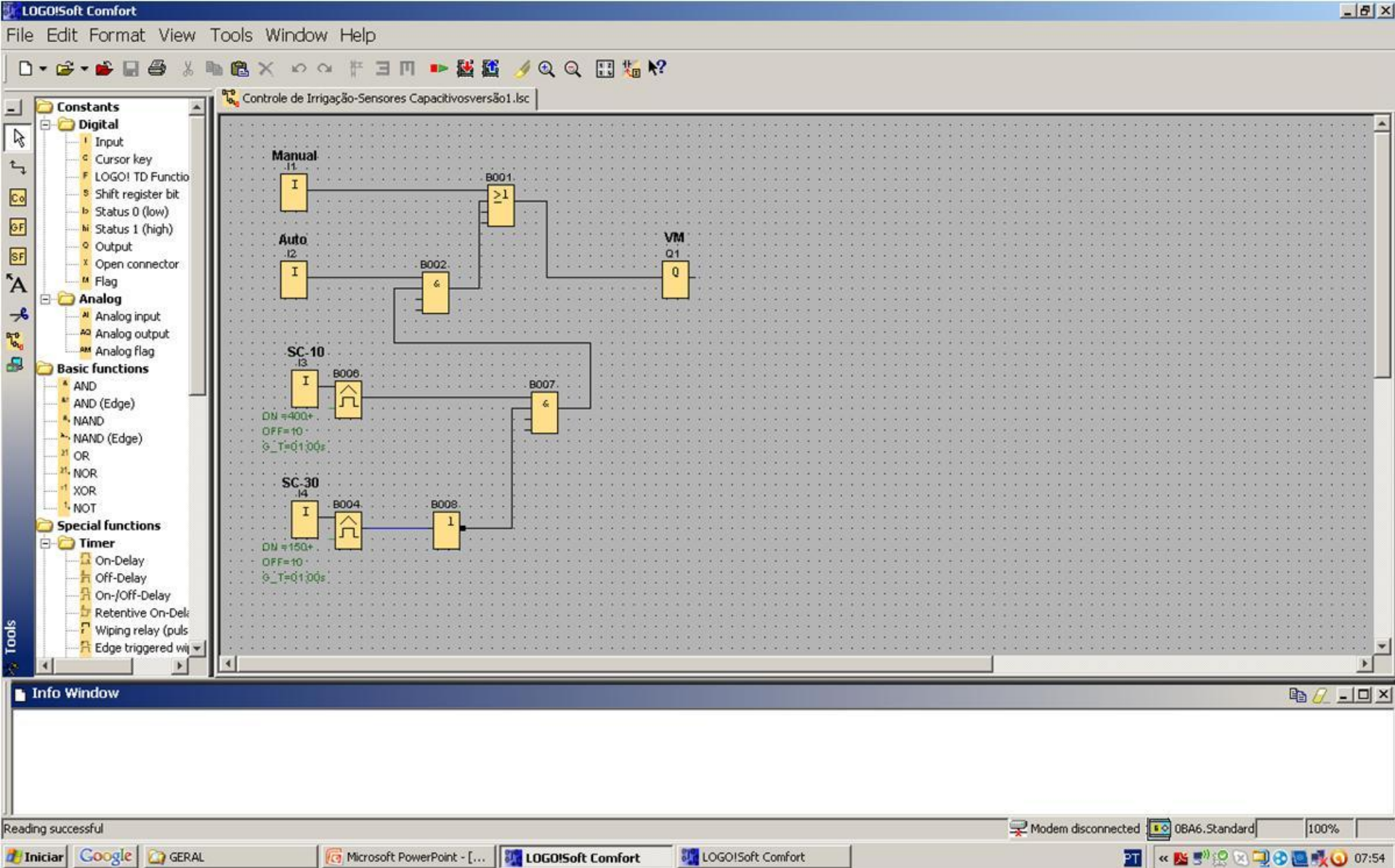


FIGURA 9 – Exmplo de Diagrama de programação de um CLP, usando software LOGO!.

► Sensores Capacitivos (Capacitance soil moisture sensors)

Desenvolvimento: Silva, 2008

Aplicações e avaliações: Oliveira (2008), Neto (2010)

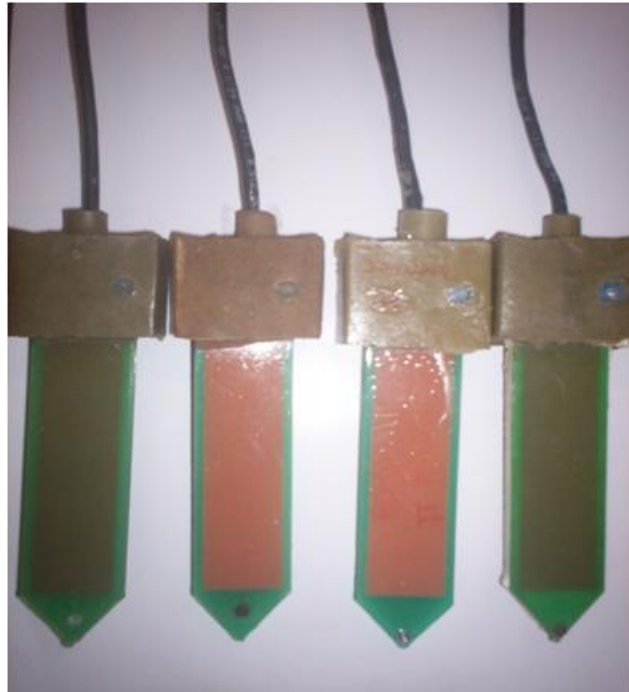
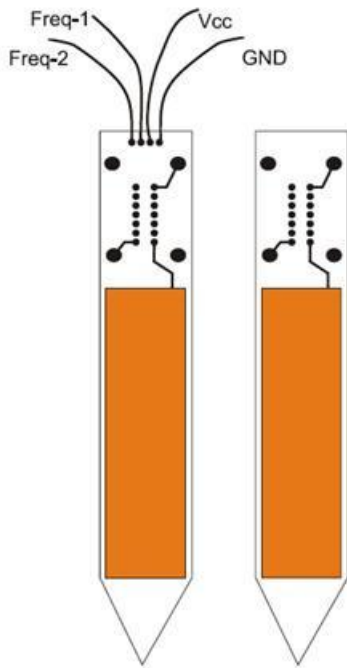


FIGURA 17- Esboço e prototipo do sensor capacitivo.

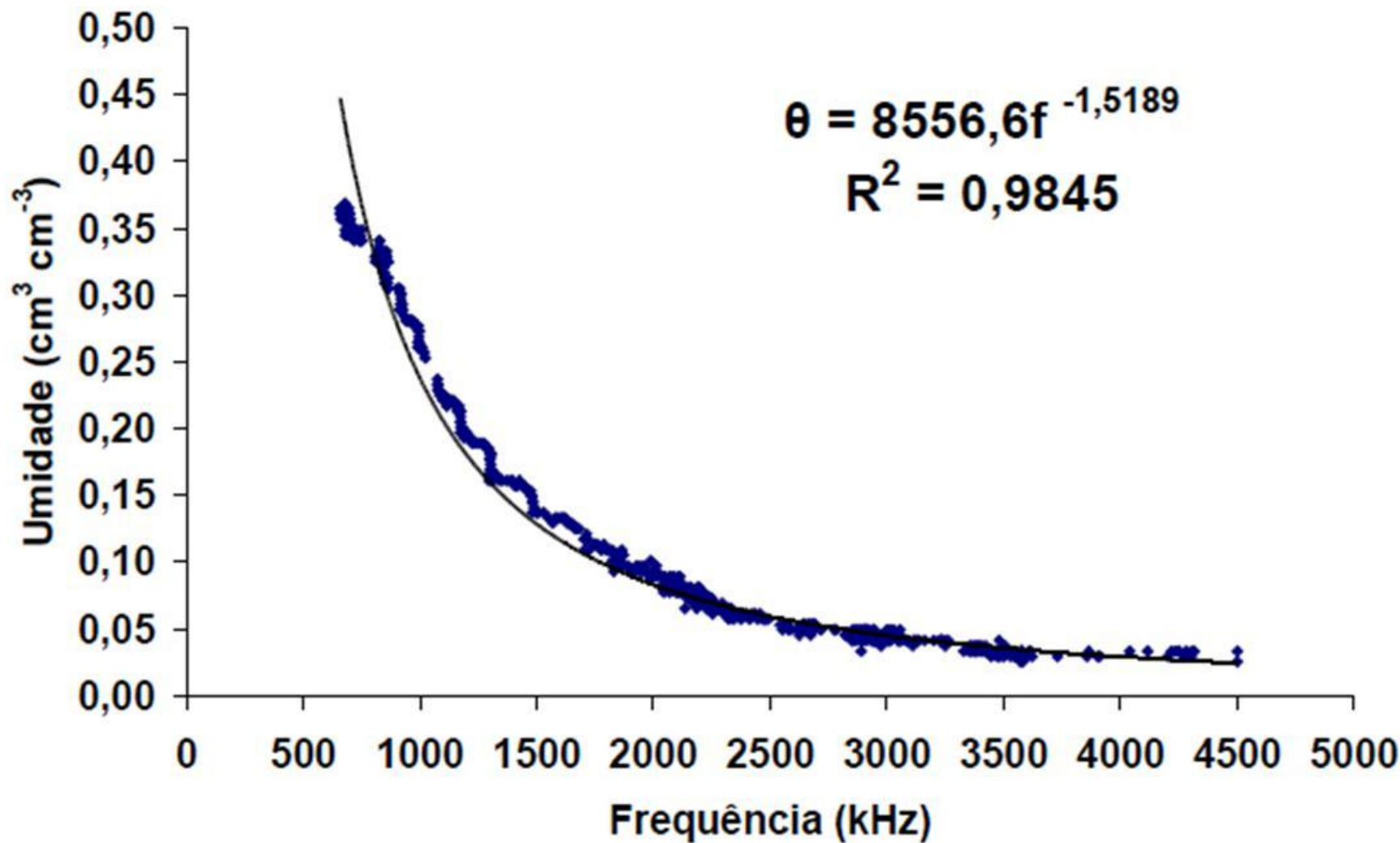
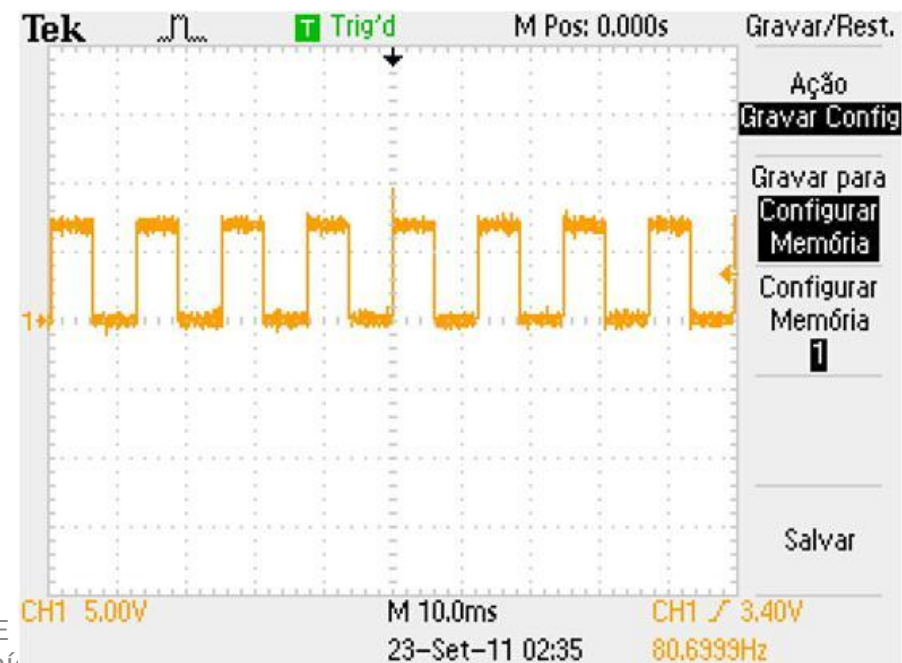
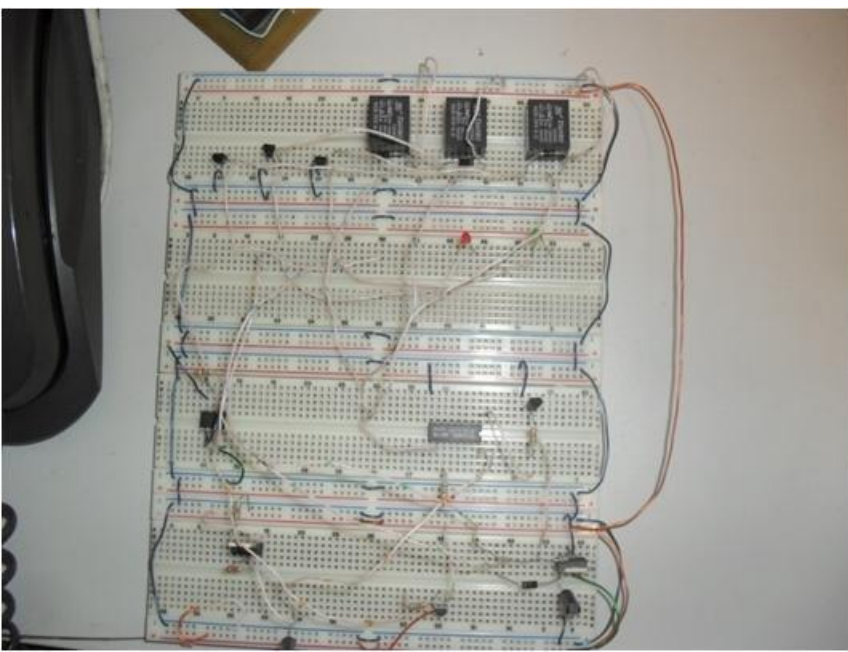
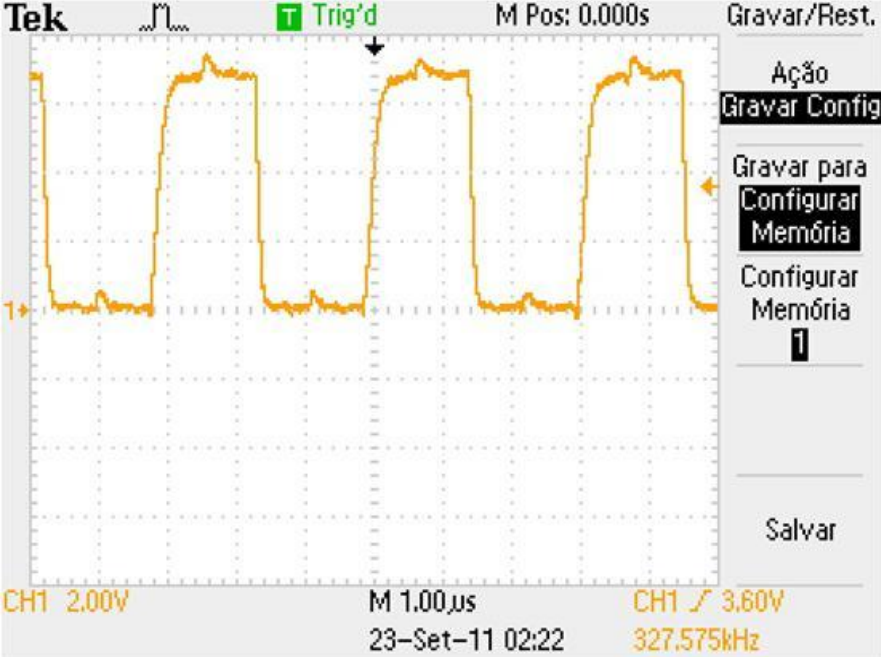


FIGURA 18 – Dispersão dos dados de água do solo versus respostas do sensor capacitivo.

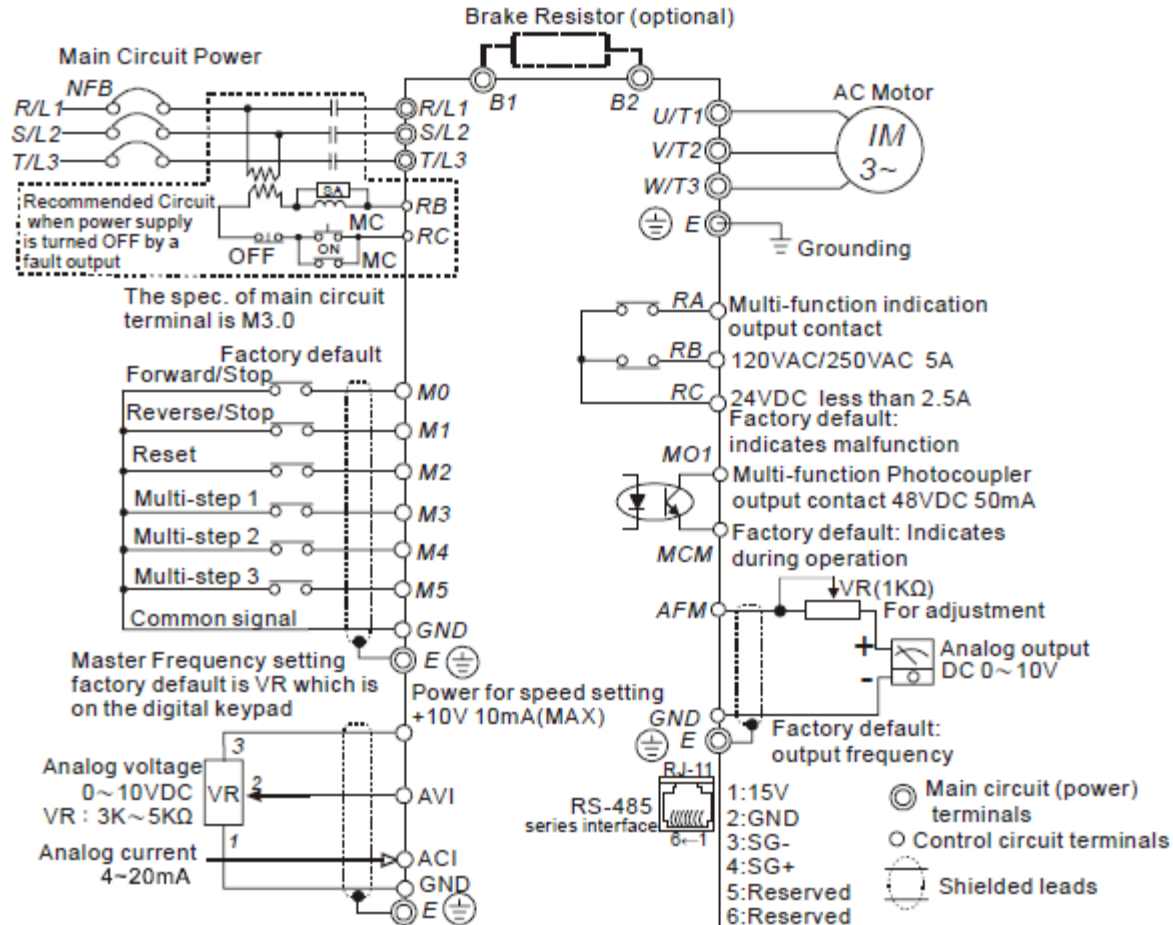
Fonte: Cruz (2009).



INVERSOR DE FREQUÊNCIA – FREQUENCY INVERTER **variable-frequency drive (VFD)**

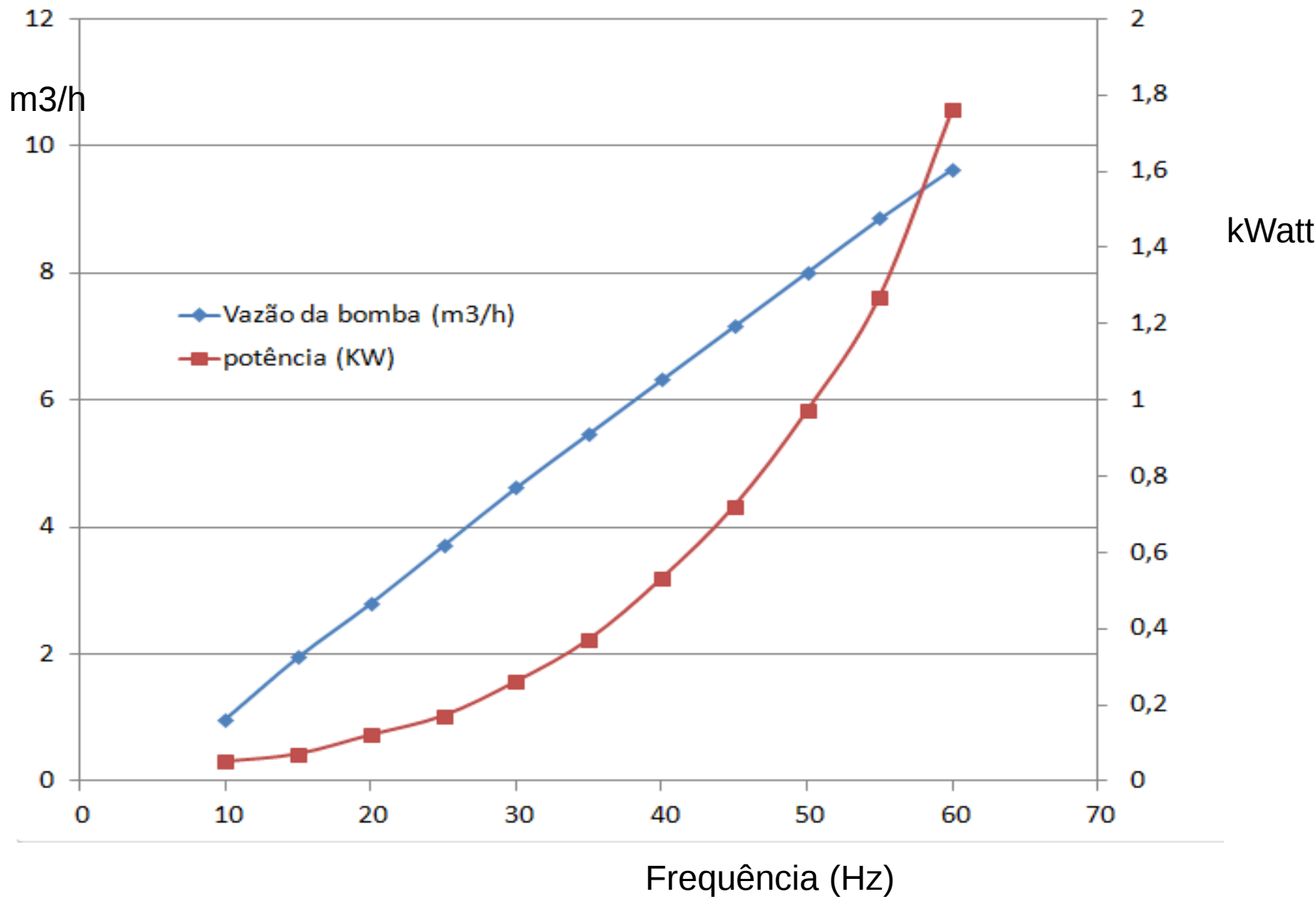


Basic Wiring Diagram



NOTE: Do not plug a Modem or telephone line to the RS-485 communication port, permanent damage may result. Terminal 1 & 2 are the power sources for the optional copy keypad and should not be used while using RS-485 communication.

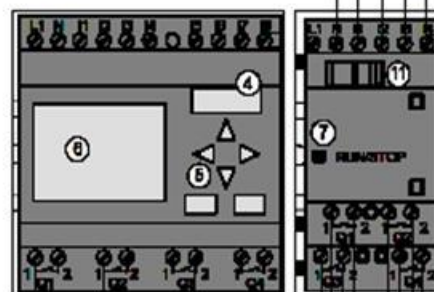
* If it is single phase model, please select any of the two input power terminals in main circuit power.



Detalhe Parcial de montagem (wiring)

Inversor de frequência: bornes para automação

M0 M1 M2 M3 M4 M5



comum

F1

F2 entrada: sinal de frequência proveniente dos sensores capacitivos

F3

F4

V1

V2

V3

V4

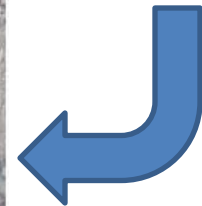
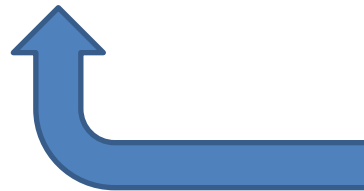
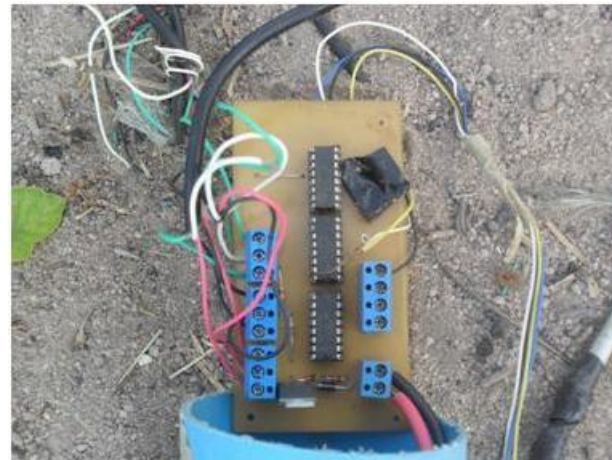
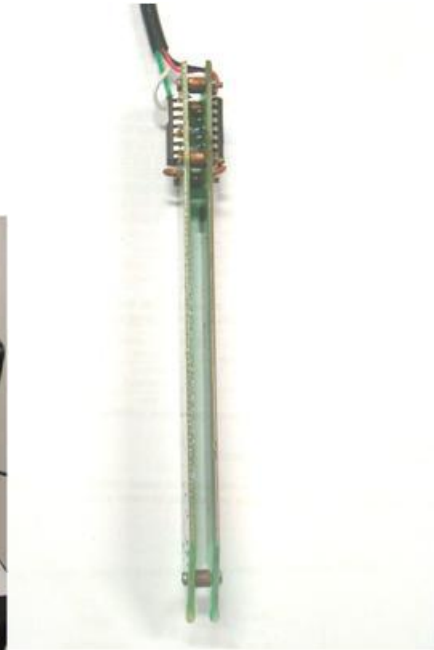
comum



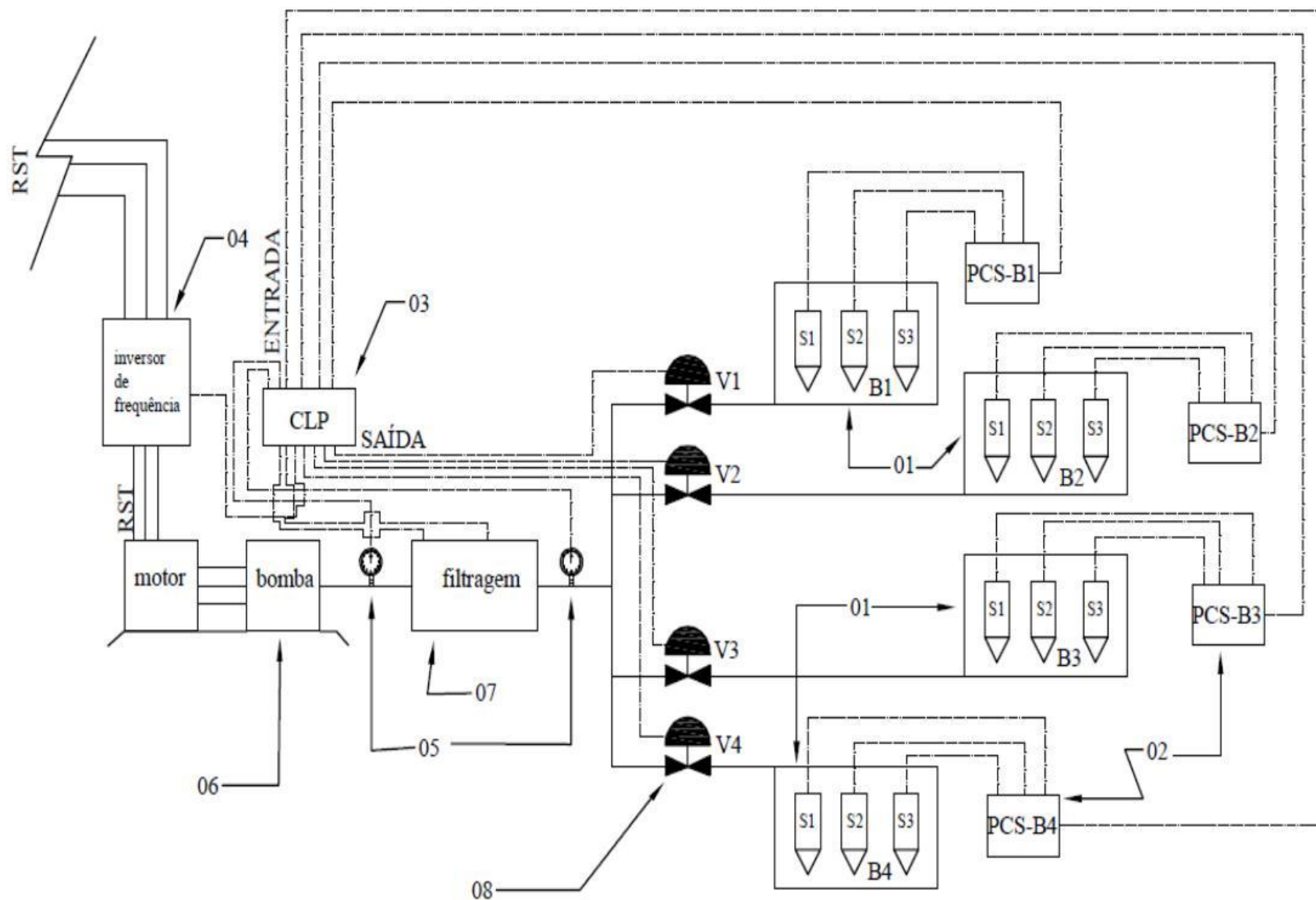


Interface entre CLP e sensores

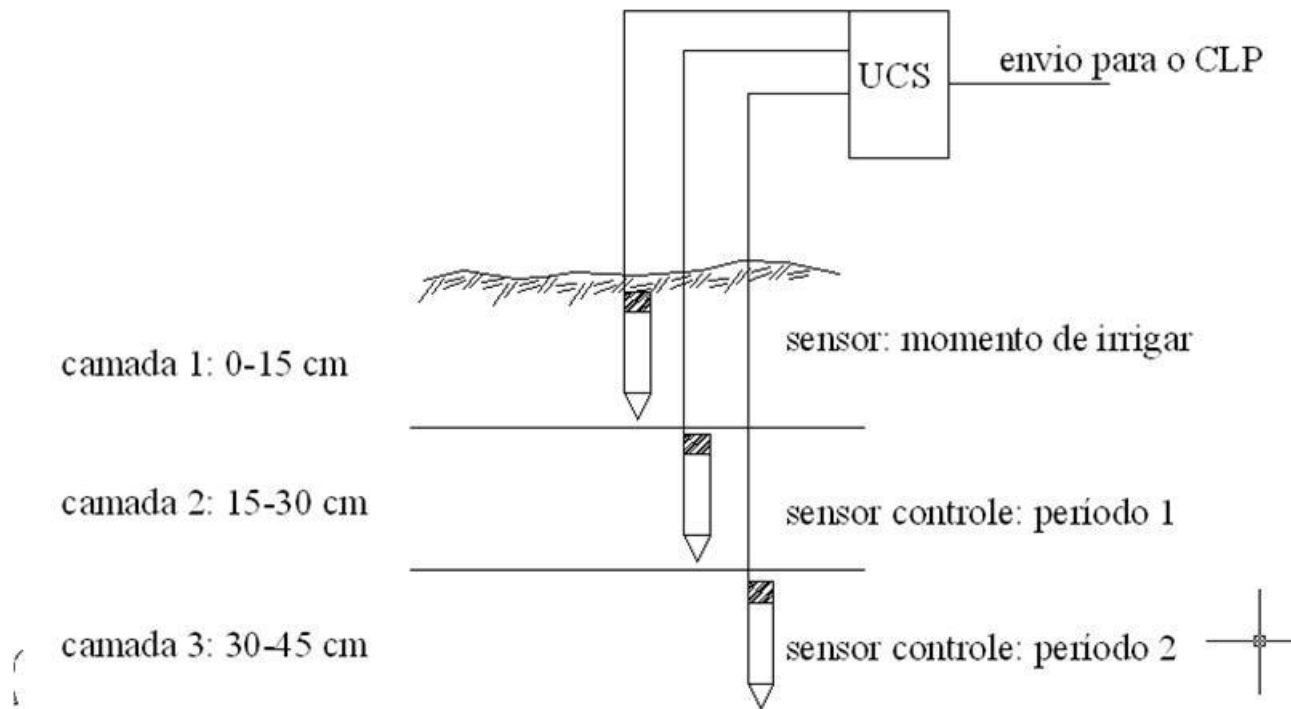
Interfacing the PLC and capacitive sensors



Sistema de Controle (Control Diagram)



- ✓ **Objetivo:** manter a camada superior com umidade próxima à CC e a camada inferior com baixa umidade.
- ✓ **Main Goal:** To maintain soil moisture in the upper layer close to field capacity and lower layers dry



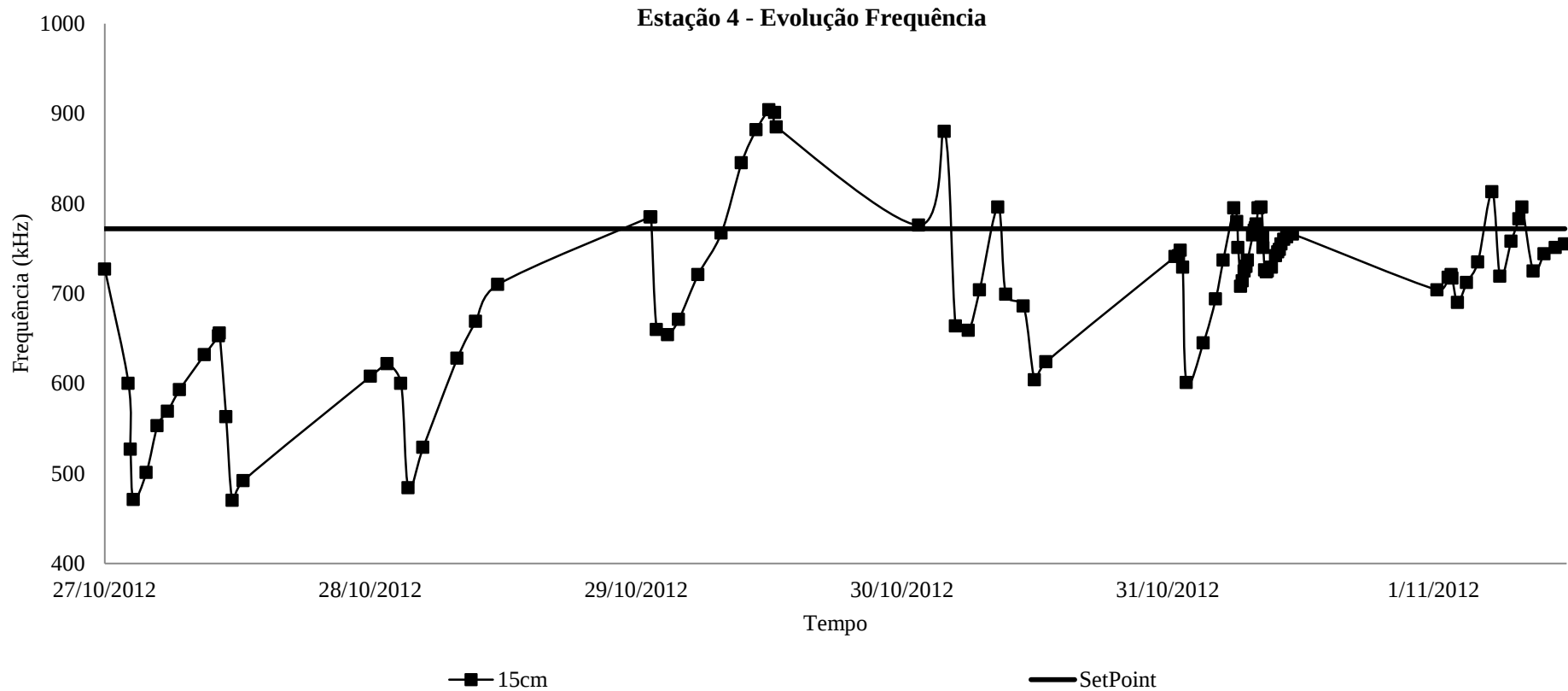


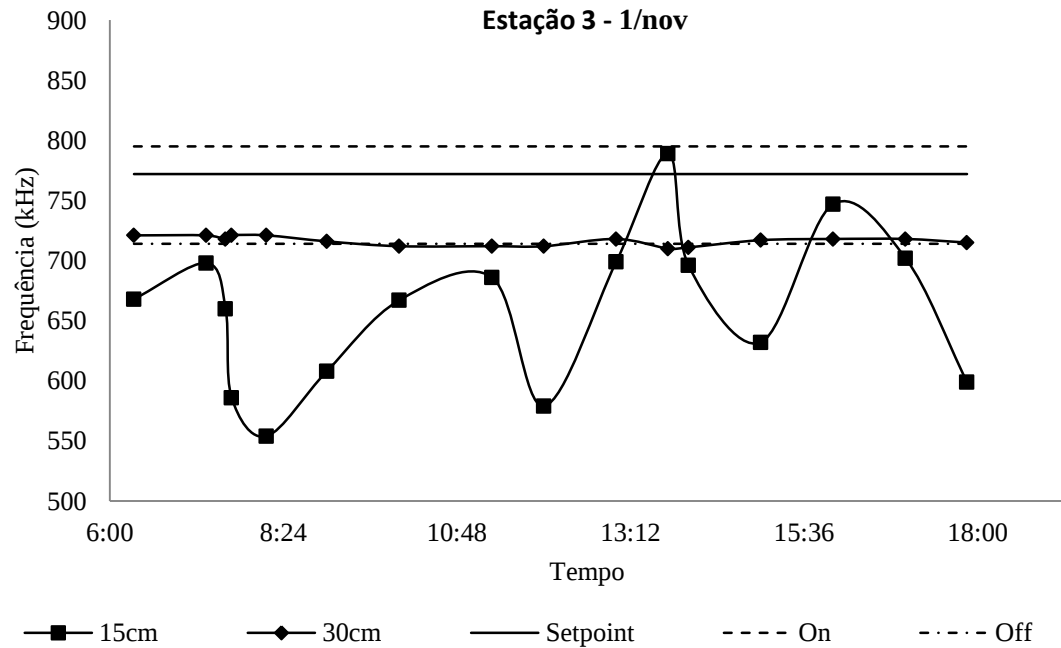
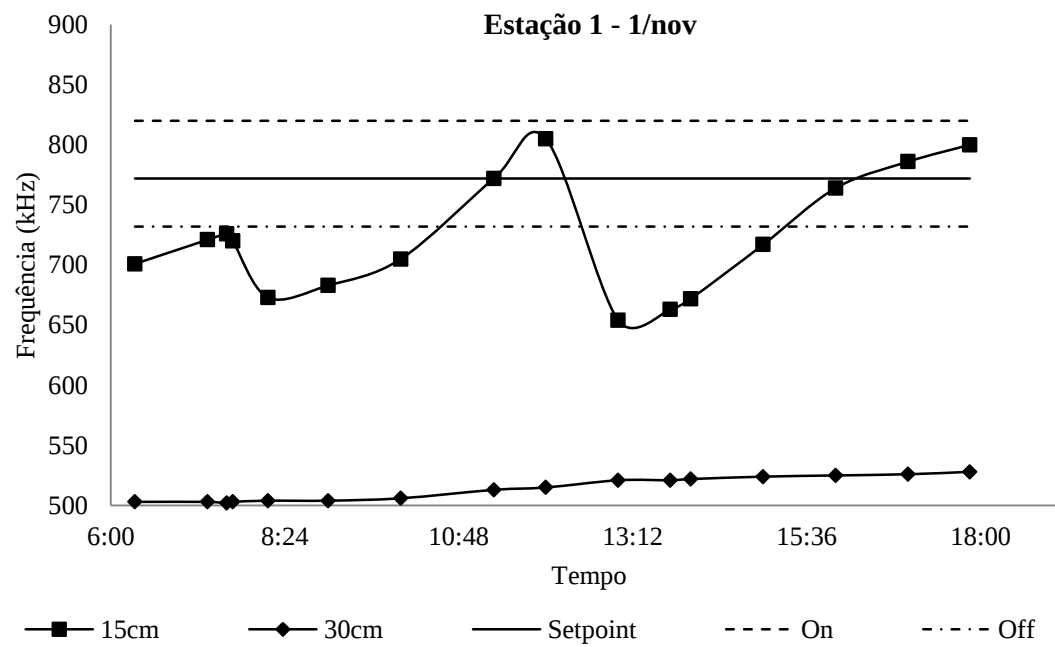
Estratégias de controle (control strategies)

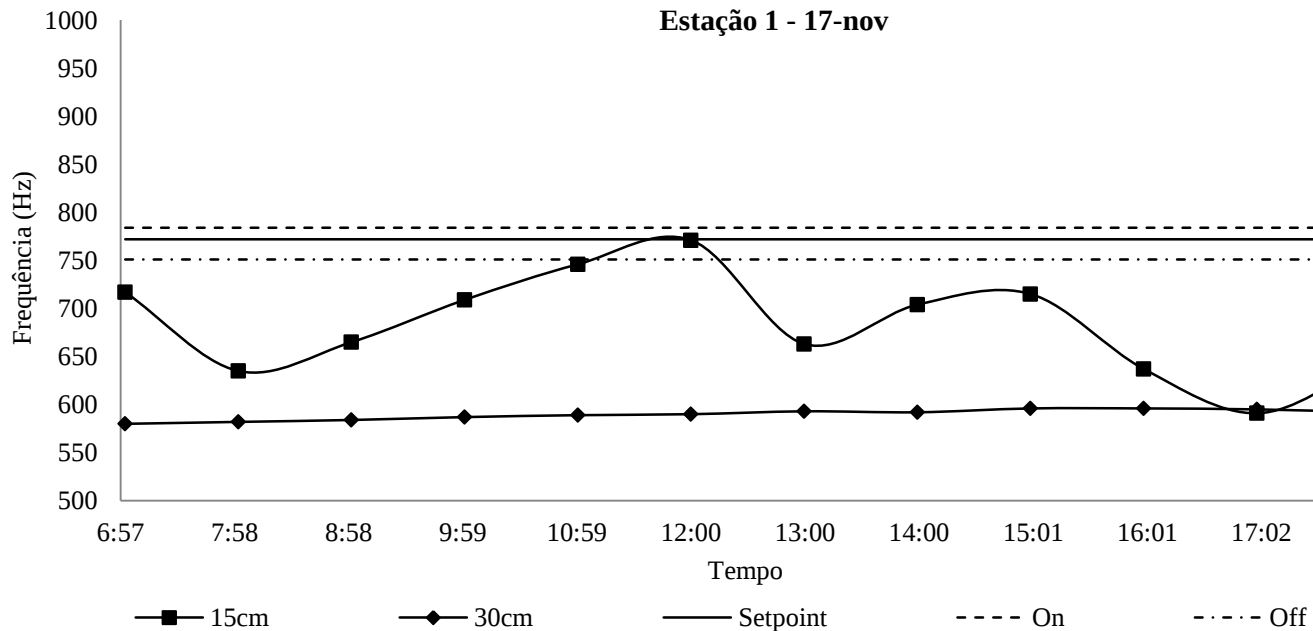
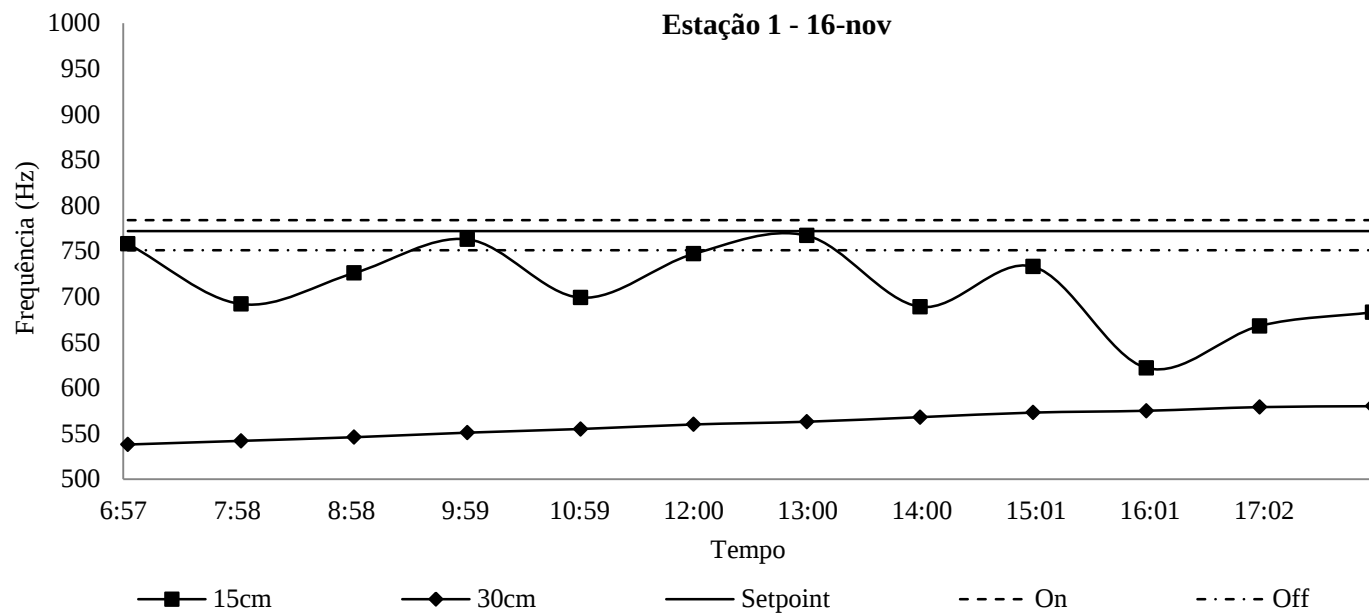
TABELA 1. Parâmetros de controle do sistema em função da frequência obtida pelos sensores capacitivos.

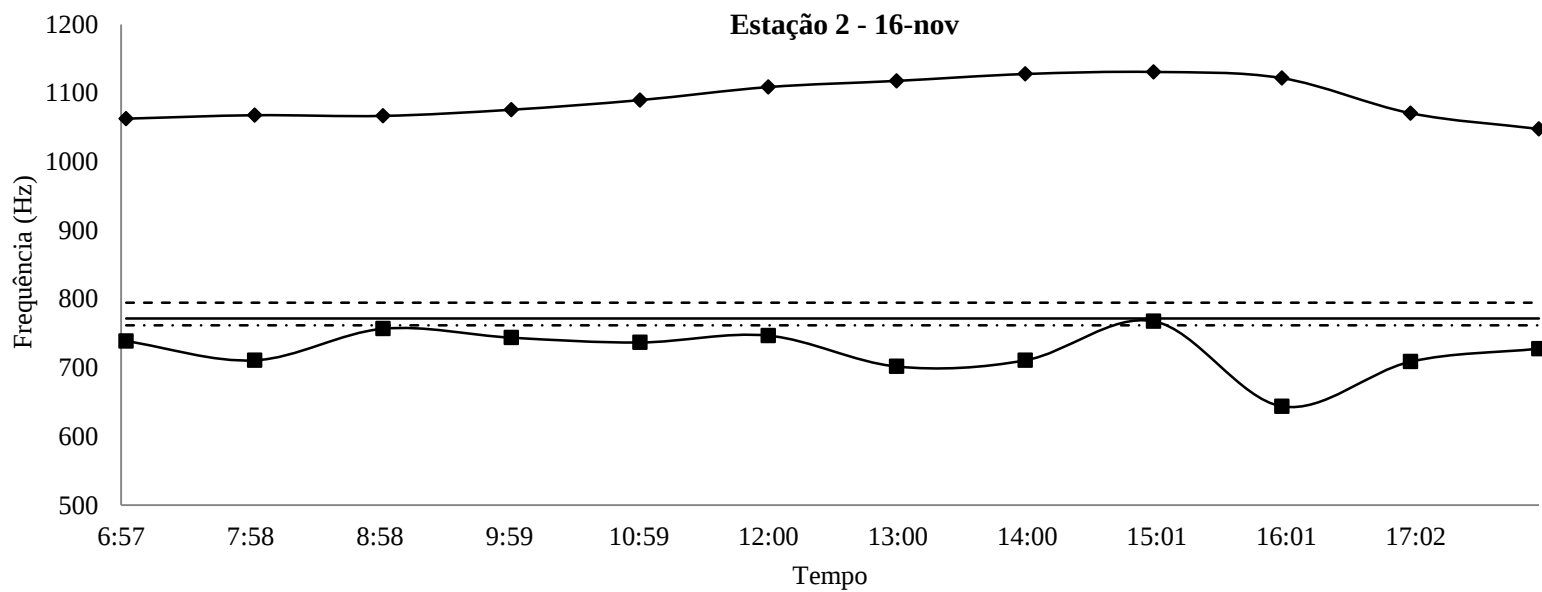
Tratamento	Frequência Bruta		Frequência Condicionada		Umidade	
	(kHz)	(kHz)	(Hz)	(Hz)	(cm ³ cm ⁻³)	(cm ³ cm ⁻³)
	on	off	on	off	on	off
E1	1679	1499	820	732	0,18	0,22
E3	1628	1462	795	714	0,19	0,23
E4	1628	1538	795	751	0,19	0,21
Set Point	1582		772		0,20	

Resultados (Results)

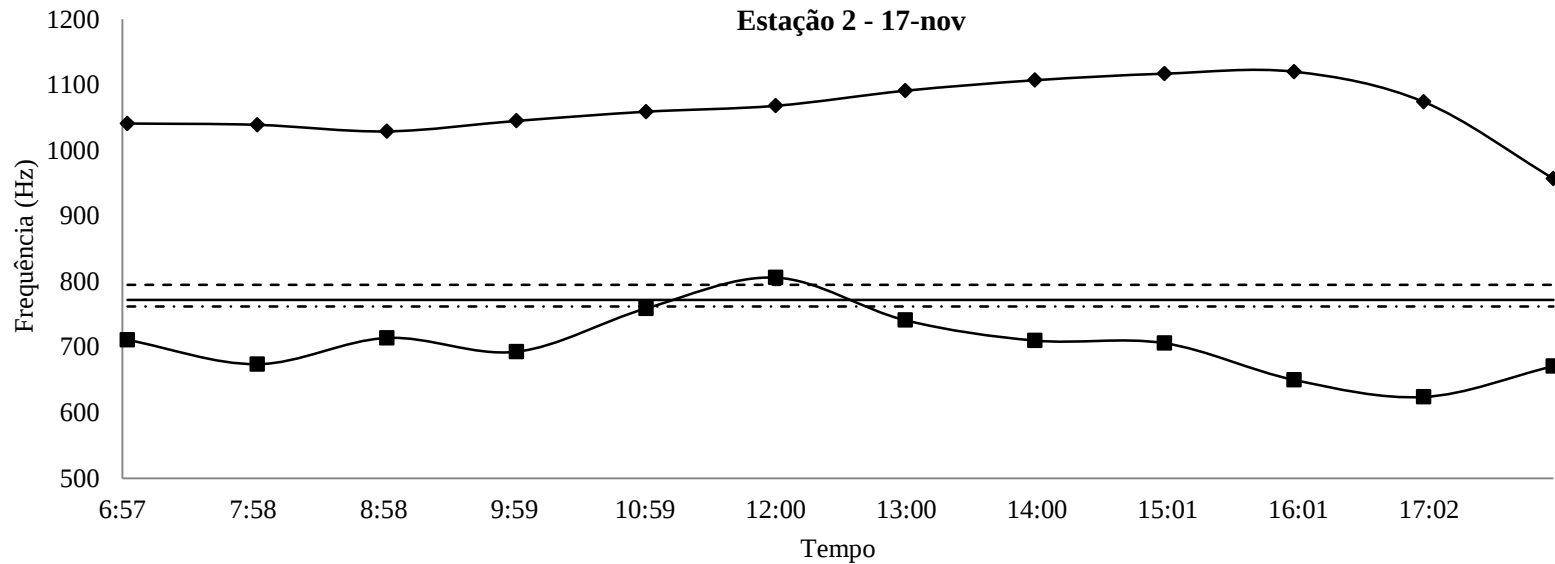








■ 15cm
◆ 30cm
— Setpoint
---- On
-.-.- Off



■ 15cm
◆ 30cm
— Setpoint
---- On
-.-.- Off

OBRIGADO !



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

