

SISTEMA AUTOMÁTICO DE IRRIGAÇÃO COM CONTROLE PID

Automatic irrigation system with PID control

Matheus de Oliveira Servulo¹, Marly da Silva Leite², Marco Antônio Durço³

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais/Campus Araxá - CEFETMG/ARAXÁ
Departamento de Eletromecânica - Aluno do curso de Engenharia de Automação Industrial
matheuservulo@equipepositiva.com.br

² Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais/Campus Araxá - CEFETMG/ARAXÁ
Departamento de Eletromecânica - Aluno do curso de Engenharia de Automação Industrial
marly.leite@hotmail.com

³ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais/Campus Araxá - CEFETMG/ARAXÁ
Departamento de Eletromecânica - Professor Doutor do curso de Engenharia de Automação Industrial
marcodurco@cefetmg.br

Resumo. A irrigação traz inúmeros benefícios para os agricultores no sistema produtivo. Porém, existe uma grande preocupação a respeito do uso racional dos recursos hídricos, o que justifica a inserção da Automação nos sistemas de irrigação– para que a água seja melhor utilizada e satisfaça as necessidades da safra, sem perdas na produtividade. Com este projeto, propôs-se controlar um sistema de irrigação usando a técnica PID (Proporcional Integral Derivativo). A partir da umidade do solo medida por um sensor higrômetro, há uma variação de tensão que é transmitida para o microcontrolador, alterando a saída PWM (Modulação por Largura de Pulso, do inglês Phase Width Modulation), e controlando a taxa de vazão da bomba. O controle PID foi feito a partir da obtenção de dois pontos de tensão. Foram realizados vários testes para entender o funcionamento do microcontrolador e obter o circuito do sistema de irrigação.

Palavras-chave: microcontrolador; controle PID; irrigação.

Abstract. Irrigation brings countless benefits to farmers in the production system. However, there is a great concern about the rational use of water resources, which justifies the insertion of Automation into irrigation systems - so that water is better used and meets the needs of the harvest, without losses in productivity. With this project, it was proposed to control an irrigation system using the PID (Proportional Integral Derivative) technique. From the humidity of the ground measured by a hygrometer sensor, there is a voltage variation that is transmitted to the microcontroller by changing the PWM (Pulse Width Modulation) output, and controlling the rate of pump flow . The PID control was obtained by obtaining two voltage points. Several tests were performed to understand the operation of the microcontroller and to obtain the circuit of the irrigation system.

Key words: microcontroller, PID control, irrigation.

Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística
Edição Temática em Tecnologia Aplicada

Vol. 8 no 2 – Setembro de 2019, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>

E-mail: revistaic@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-SemDerivações 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Internacional 

1. Introdução

Á água é um recurso natural indispensável à sobrevivência do homem e seres vivos do Planeta. No contexto agrícola, estima-se que o setor é o maior consumidor de água, sendo a nível mundial responsável por cerca de 69% do consumo de água (PAZ, 2000).

Na agricultura, uma das formas de se otimizar a utilização de recursos é a implantação de tecnologia que no seu contexto é denominada agricultura de precisão. Segundo MANZATTO et al, (1999) a agricultura de precisão visa aplicar os insumos no local e momento correto e nas quantidades necessárias à produção agrícola em áreas mais homogêneas e menores.

O manejo da água na irrigação, segundo PAZ (2000), pode conduzir, se adequado, a resultados excelentes na produção de alimentos, porém se feito de maneira errada provoca degeneração do meio físico natural.

O projeto aborda a otimização do processo de irrigação por meio do controle PID. Para isso foi usado o microprocessador PIC16F877A, da MICROCHIP TECHNOLOGY INC (MICROCHIP, 1998), a estrutura do sistema de irrigação é composta por um sensor higrômetro que detecta a umidade do solo envia determinada tensão que é proporcional a essa umidade. Essa tensão é recebida como sinal analógico para entrada do PIC16F877A que faz a conversão para sinal digital, promove a lógica PID e envia um sinal de saída condizente para uma bomba esguicho, que, para simulação foi usada uma bomba do sistema de limpeza do para brisa de veículos.

2. Referencial Teórico

Microcontrolador é um computador em um chip, contém memória, periféricos de entrada e saída e um processador, podendo controlar suas funções e ações (FONSECA; BEPPU, 2010). O PIC16F877A, é um microcontrolador fabricado pela empresa MICROCHIP TECHNOLOGY INC (MICROCHIP, 1998), capaz de fazer uma sequência de comandos por meio de uma programação lógica.

De acordo com OGATA (2003), sensor ou elemento de medição, é um dispositivo que converte a variável de saída em outra variável conveniente, como deslocamento, pressão, tensão e outros, e o atuador é um dispositivo de potência que produz o sinal de entrada na planta de acordo com o sinal de controle, de modo que a saída se aproxime do sinal de entrada de referência.

O controlador PID é a estrutura de controle de maior sucesso em termos de aplicação industrial. É simples e robusta, e fácil de ser entendida pelo engenheiro de controle (ALMEIDA, 2002).

O controle PID (Proporcional – Integral – Derivativo) resume-se em obter um valor de atuação sobre o processo, tomando como base o *set point* (SP) e o valor atual da variável de processo. Este valor de atuação é transformado em um sinal adequado ao atuador utilizado no processo (válvula, motor), assegurando um controle preciso e estabilidade do sistema.

Matematicamente, o controle PID pode ser representado pela seguinte equação, tomando $MV(t)$ como saída:

$$MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

em que,

K_p = Ganho proporcional

K_i = Ganho integral

K_d = Ganho derivativo

e = Erro

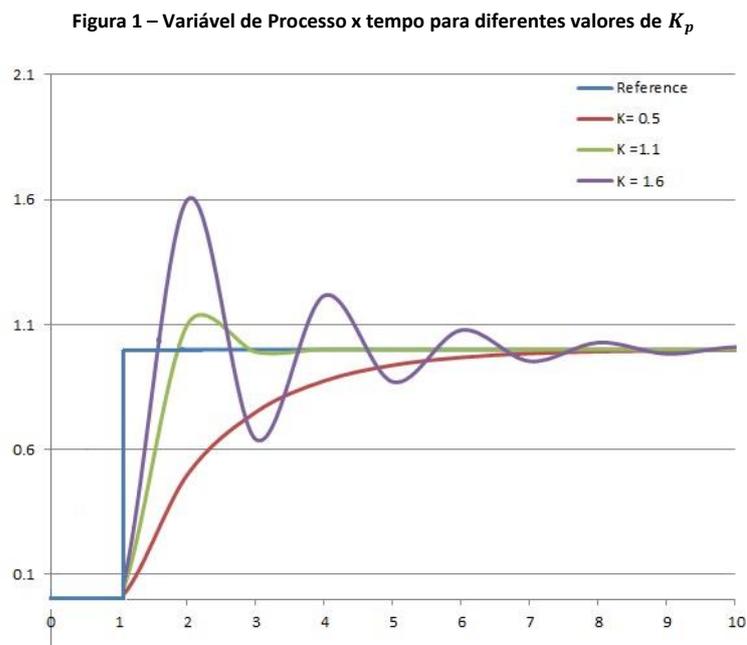
t = Tempo

τ = Tempo de integração

As três ações que compõe o controle PID são:

O controlador proporcional consiste num amplificador com ganho ajustável. Uma característica importante das ações de controle proporcional, é a existência de um erro residual permanente sempre que ocorre uma alteração de carga. (LOURENÇO, 1997). Considerando-se que o sinal de saída é proporcional ao erro, um erro não nulo (off-set) é gerado. Por exemplo, se o erro tiver uma magnitude de 10, um K_p de 5 é gerada uma saída proporcional de 50.

Na Figura 1, observa-se que quanto menor o K_p , mais próxima ao *setpoint* será a estabilização.

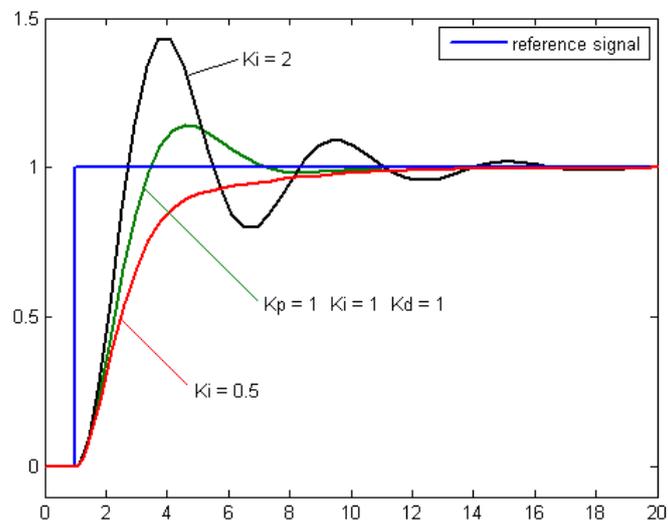


Fonte: autores

A integral não é uma técnica que pode ser utilizada isoladamente, precisa ser incrementada ao proporcional. A correção é aplicada proporcionalmente ao produto tempo x erro, o objetivo é fazer uma correção mais intensa de pequenos erros que persistem há muito tempo. A componente integral, tão logo, elimina o erro estacionário de posição, independentemente do sistema que se pretende controlar. (LOURENÇO, 1997).

Na Figura 2, é possível observar que quanto maior o valor de K_i , mais instável o sistema se apresenta. Porém, se o valor de K_i for baixo, mais tempo o sistema vai demorar a atingir o valor de referência.

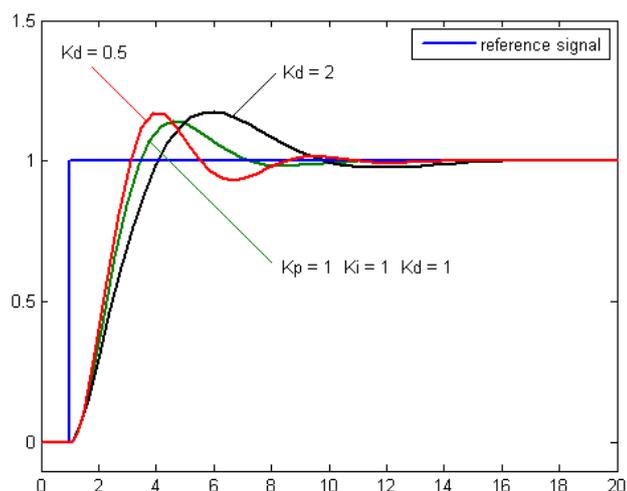
Figura 2 – Variável de Processo x tempo para diversos valores de K_i



Fonte: autores

Derivativo – O derivativo não é uma técnica de controle possível de ser usada isoladamente. A ação derivativa consiste em resposta proporcional à velocidade de variação do desvio (OGATA, 2003). A ação derivativa tem o efeito de reduzir a velocidade das variações da variável manipulada. O controlador calcula a variação do processo e adiciona esse valor a MV (Variável Manipulada). Se o desvio estiver reduzindo, PV (Variável do Processo) aumenta e produz uma variação negativa. Isso reduz o valor de MV, retardando o aumento de PV. A intensidade da ação derivativa é ajustada variando-se o intervalo de cálculo da diferença, sendo este parâmetro chamado tempo derivativo (dt). O aumento da variação de dt aumenta a ação derivativa, reduzindo a velocidade de variação de PV, figura 3.

Figura 3 – Variáveis de processo x tempo para diferentes valores de K_d



Fonte: autores

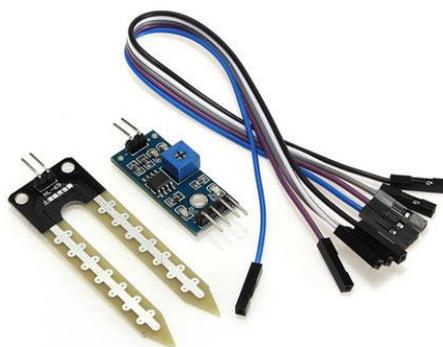
3. Materiais e Métodos

3.1 - Materiais

O projeto foi desenvolvido no laboratório de eletrônica do CEFET - MG Campus IV/Araxá. Os softwares usados para a programação do PIC16F877A foram o Proteus 8[®] e o MPLAB X IDE[®] v3.55. Para a gravação do microcontrolador foi usado o gravador de PIC “PICKIT 3”, além de um módulo adaptador Zif 40 pinos e o software PICKIT 3 Programmer (Beta Release). Para o desenvolvimento do circuito do projeto, foi usado tanto o protoboard quanto a placa de fenolite.

O sensor de umidade utilizado foi o higrômetro (Figura 5). Ele detecta as variações de umidade no solo, sendo que quando o solo está seco a saída do sensor fica em estado alto (5V), e quando úmido em estado baixo (0V), o PIC16F877A recebeu esse valor em 8 bits, sendo então 0 para 0v e 255 para 5v. O limite entre seco e úmido é ajustável através do potenciômetro presente no sensor que regulará a saída analógica A0.

Figura 5 – Sensor Higrômetro



Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-do-solo-higrometro/>

Foi usado microcontrolador PIC16F877A que faz parte da família de micro controladores de 8 bits e núcleo de 14 bits da MICROCHIP.

Foi usada uma bomba esguicho (Figura 6), que normalmente é usado em carros para jogar água no para-brisa, pra que o próprio possa ser limpo. Ela utiliza uma tensão de 12 V.

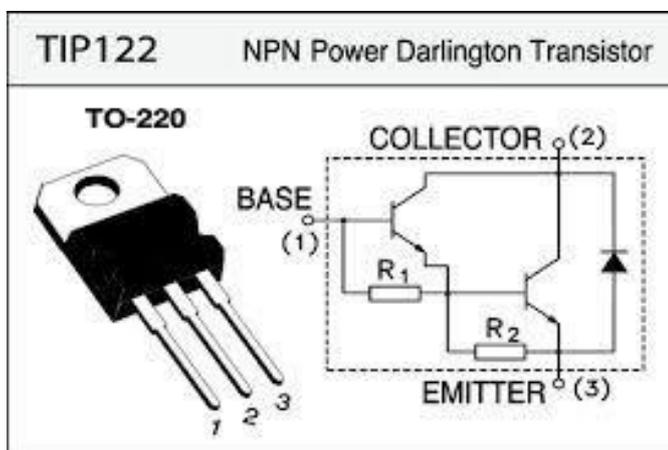
Figura 6 – Bomba esguicho



Fonte: autores

Para multiplicar a corrente utilizada pela bomba esguicho, utilizou-se o TIP 122 (Figura 7) que é um transistor NPN. Ele possui uma entrada que é a base, aonde chega o sinal do PIC, na entrada do coletor, é onde fica o objeto que vai sofrer o acréscimo de corrente, e no emissor temos o aterramento.

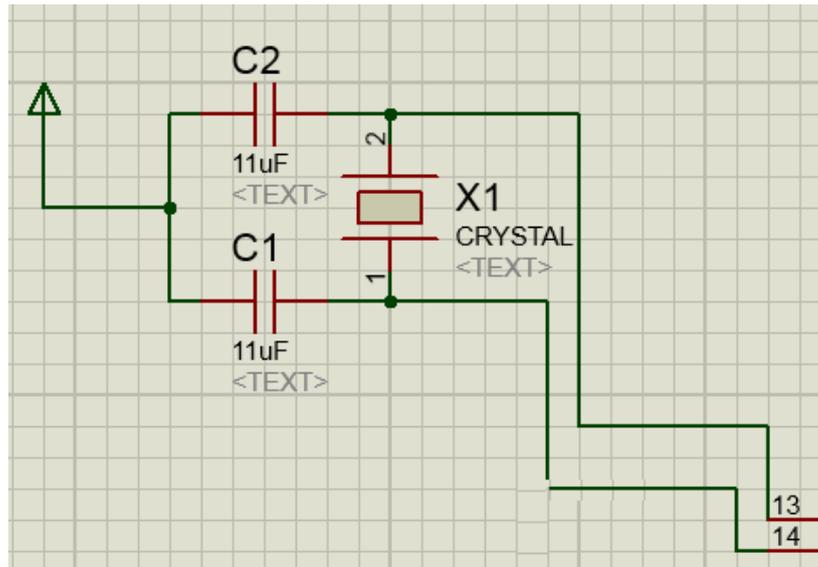
Figura 7 – Bomba esguicho



Fonte: <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Tip122>

O circuito oscilador foi desenvolvido através de dois capacitores de 11pf aterrados, em paralelo a eles um cristal de 4Mhz, que encontram a entrada 13 e 14 do PIC16F877A.

Figura 10 – Circuito oscilador



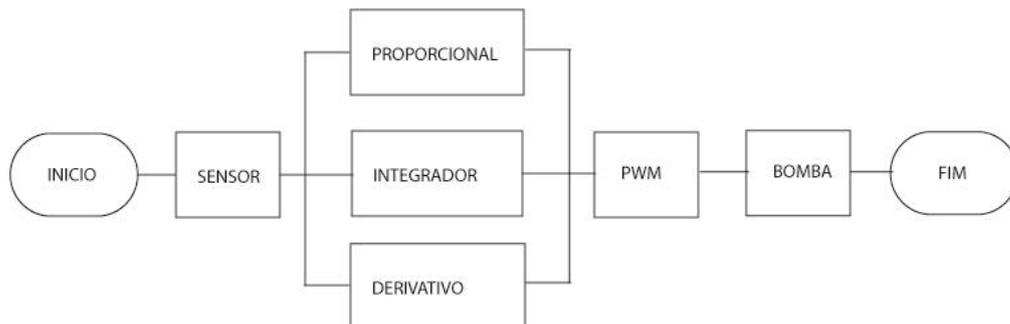
Fonte: autores

3.1 Métodos

A pesquisa se dividiu entre montagem do projeto, funcionamento do processo e como resultado as comparações dos resultados práticos com a irrigação clássica de temporização.

Primeiro houve a montagem do sensor e da bomba junto ao PIC16F877A. O algoritmo seguiu o fluxograma da figura 4 que mostra que o sensor capta a situação de umidade do processo, o microcontrolador faz os cálculos de proporcional integral e derivativo e a soma destes é configurado como potência na saída PWM na bomba.

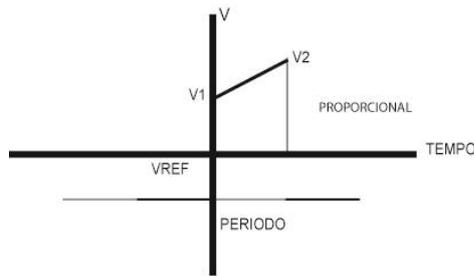
Figura 4 – Fluxograma do sistema



Fonte: autores

O controle PID foi feito a partir da obtenção de dois pontos de tensão. A partir disso, criou-se uma reta, figura 8. Dessa reta obteve-se a equação de primeiro grau, que foi integrada para o I e derivada para o D do PID. O SETPOINT (VREF) trabalhado no projeto, foi de 0V, então, a bomba irá desligar quando estiver o sensor totalmente úmido. A saída P é proporcional ao sinal de entrada, sendo, portanto, o segundo ponto de tensão (V2) adquirido.

Figura 8– Gráfico referente ao controle proporcional

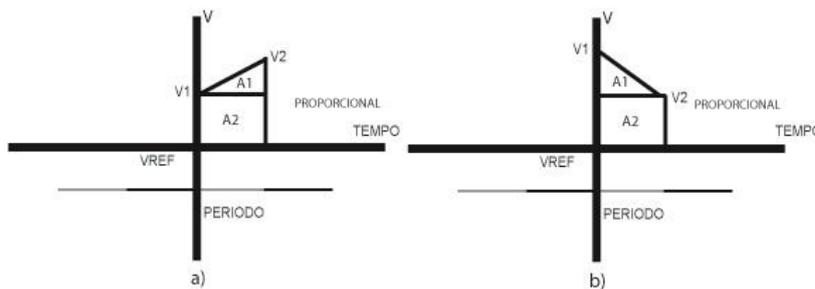


Fonte: autores

O Integrador corresponde à área abaixo da reta obtida pelas tensões V1 e V2. Como na figura 9.

Figura 9 – Gráfico referente ao controle integral

a) Para $V1 < V2$ eb) Para $V1 > V2$



Fonte: autores

Em a) a Tensão 1 ($V1$) é menor que a Tensão 2 ($V2$), então se $A1 = V1 - V2$ teremos uma área negativa, com $A2$ formando um retângulo que vai de 0 a $V2$, $A2 + A1$ tão logo é a área que precisamos. Em b) como a Tensão 1 ($V1$) é maior, a área $A1$ é positiva, e a área $A2$ também, sendo a área $A2$ um pequeno retângulo abaixo de $V2$, somando as duas, temos a área que precisamos. Foi usado o período de 2s para a obtenção das tensões. O derivativo é tangente da reta. Na geometria a tangente da reta é dada por: $D = (V2-V1) / \text{Período} = (V2 - V1) / 2$.

4. Resultados e Discussões

O controle PID desenvolvido, demonstrou comportamento mais parecido com um controle ON-OFF, isso se deve a limitação do sensor usado no processo. O sensor de umidade mostrou-se, mesmo na função analógica, um comportamento seco ou úmido, apresentando respostas muito altas quando seco, e muito baixas quando molhado, não tendo, tão logo, um comportamento meio seco ou meio molhado. Essa característica tornou a resposta do elemento final de controle, a bomba esguicho, em ligado quando o sensor se apresentava em nível baixo e desligado quando o sensor se apresentava nível alto.

Na comparação com o processo clássico de irrigação temporizada, o PID desenvolvido mostrou características diferentes quanto a frequência de acionamento, tempo de operação, umidade do solo e consumo de água.

Quanto à frequência de acionamento, percebeu-se que o PID foi acionado algumas vezes no período de 1 hora, enquanto num sistema temporizado, o mesmo é acionado de acordo com a configuração do sistema, sendo normalmente configurado para além de 1 hora entre um acionamento e outro.

Quanto ao tempo de operação, o controle PID apresentou períodos curtos de cerca de poucos segundos já que o sistema funciona apenas do período de detecção de nível seco até a detecção de nível molhado, enquanto que no temporizado normalmente este tempo de configuração é de pelo menos 1 minutos de funcionamento, indo até horas de funcionamento direto.

Na umidade do solo, o PID demonstra uma umidade suficiente enquanto o temporizado apresenta períodos de encharcamento e, no final do período entre acionamentos, pode apresentar solo seco dependendo do clima.

Sendo assim, se considerarmos sobre o ponto de vista da cultura, os benefícios do sistema PID são maiores que o temporizado. Logo, culturas que necessitam de um controle fino de irrigação, são mais apropriadas para este processo. Para as culturas mais rústicas, cujo processo não necessita de tantos cuidados, a irrigação temporizada ainda é mais indicada.

Um processo que talvez alie as vantagens destes dois, seria um controle inteligente, ON-OFF. Neste, o sensor detecta que o solo está seco, e irriga durante determinado tempo, sendo este tempo, o mesmo do processo temporizado. Assim, se consegue evitar que o solo fique seco, e que o elemento final de controle seja acionado em tempos curtos, economizando assim energia e água. Além disso, quando chovesse, o sensor detectaria o solo molhado, e não acionaria o elemento final de controle desnecessariamente.

5. Conclusão

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas do mundo, nesse sentido, pensar em soluções que tornem mais eficientes esses processos agrícolas é muito importante. O trabalho tão logo se mostra muito enriquecedor no sentido de tentar propor uma alternativa para controle e consumo dos meios hídricos.

Referências

ALMEIDA, Otacílio da Mota. Controle PID auto-ajustável, inteligente e preditivo, Dissertação (Doutorado em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

MANZATTO, C.V.; BHERING, S.B.; SIMÕES, M. Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos. EMBRAPA Solos, 1999.

<https://www.microchip.com>. Acessado em maio de 2019.

FONSECA, E. G. P. BEPPU, Mathyan Motta. Apostila Arduino. Niterói-RJ: Universidade Federal Fluminense Centro Tecnológico, 2010. 23 p.

PAZ, V. P. S. Recursos Hídricos, Agricultura Irrigada e Meio Ambiente, 2000, v.4, n.3, p465-473.

OGATA, K.: Engenharia de Controle Moderno - 4ª Edição, 2003, Prentice-Hall.

LOURENÇO. João; Sintonia De Controladores P.I.D. Estudos Avançados, 1997