



**PLANTA DIDÁTICA DE INSTRUMENTAÇÃO PARA
PROCESSAMENTO DE ÁGUA GELADA**

**Diego Maretti
dos Santos**

diegomaretti@yahoo.com.br
AEDB

**Rafael Martins
de Lima**

rafael.martinsdelima@yahoo
.com.br
AEDB

**Romulo Lourenço
Vidal**

romulo-vidal@hotmail.com
AEDB

***Resumo** - Plantas didáticas para desenvolvimento prático em centros de ensino são de grande importância para o desenvolvimento técnico do aluno, onde são criadas situações que ocorrem em ambiente fabril para preparar o aluno para o mercado de trabalho.*

Através desta planta será possível manipular por supervisorio desenvolvido em LabVIEW, diferentes variáveis de processo, tais como, vazão, pressão, temperatura e nível de forma isolada ao processo possibilitando a seleção do tipo de controle desejado. A planta também será capaz de produzir água gelada através de pastilhas termoelétricas que funcionam através do “Efeito Peltier”, fornecendo recursos necessários de práticas laboratoriais para o curso de Engenharia Elétrica/ Eletrônica e Automação Industrial da Faculdade de Engenharia de Resende.

***Palavras chave:** Planta didática, variáveis de processo, controle, LabVIEW, efeito peltier.*

INTRODUÇÃO

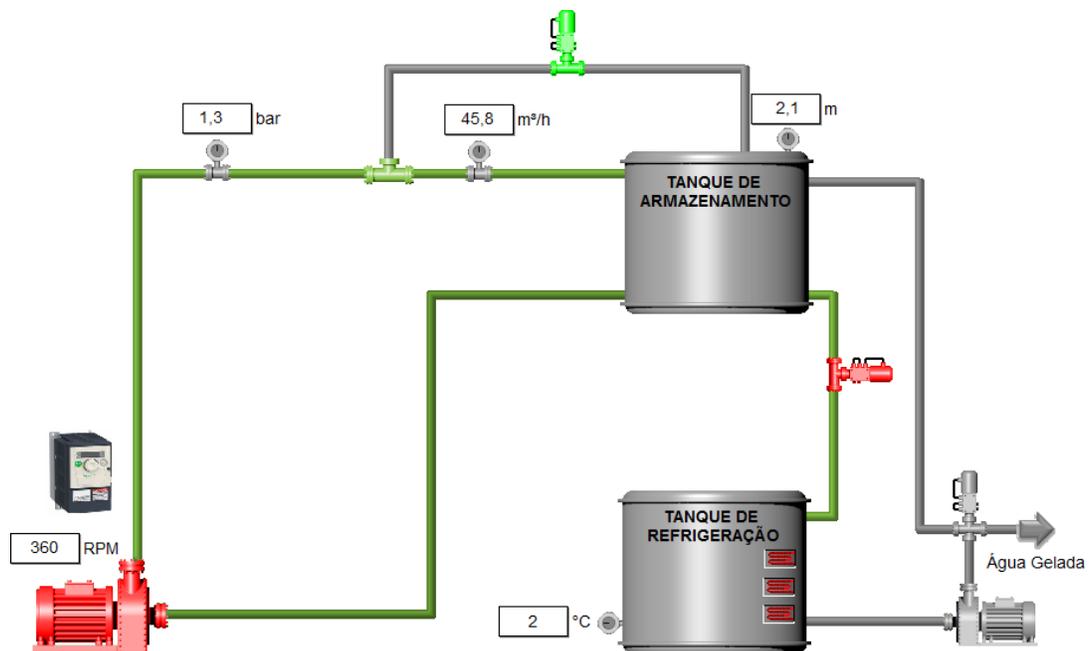
A planta é composta por um sensor de vazão, um sensor de nível, um sensor de temperatura, um sensor de pressão, um bomba trifásica 220VAC/1CV, um inversor de frequência PowerFlex 70, um controlador lógico programável Micrologix 1200, dois tanques

para armazenamento e refrigeração de água, pastilhas termoelétricas de efeito peltier e válvulas solenóides.

Com esse conjunto montado, é possível realizar diversas experiências laboratoriais que envolvem controle PID (proporcional-integral-derivativo) de vazão, controle ON/OFF de nível, controle PWM (modulação por largura de pulso) de temperatura e produzir água gelada conforme especificação do setpoint de temperatura. Serão realizados pelo sistema supervisor, as seleções dos tipos de controles aplicados, das variáveis monitoradas e dos parâmetros de controle, além de possuir uma interface que facilita a interação dos alunos e observadores com o processo através de animações gráficas que representam exatamente o que está acontecendo em tempo real.

O layout da planta pode ser observado através da figura 1.

Figura 1 – Layout da planta.



1. SENSORES UTILIZADOS

1.1 – MEDIÇÃO DE NÍVEL

O instrumento utilizado para a medição de nível no tanque de armazenamento de água, é um sensor óptico de distância com alcance de 0,2 até 10m. O sinal de saída do sensor é de 4 a 20 mA. Com a resposta do nível em metros e conhecendo a capacidade do tanque, é possível também calcular e indicar na tela do supervisor o volume de água existente no tanque.

Figura 2 – Sensor de nível.



1.2 – MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

O sensor responsável pela medição de temperatura da água refrigerada é um PT 1000 classe A, com faixa de medição de 0 a 140°C. A medição é feita com a imersão da haste do sensor em meio líquido ou gasoso, neste caso o meio de medição será a água. A resposta deste sensor é dada em corrente na faixa de 4 a 20 mA.

Figura 3 – Sensor de temperatura.



1.3 – MEDIÇÃO DE VAZÃO

A medição de vazão será realizada através de um transdutor de fluxo que tem por princípio de funcionamento a dispersão térmica. O Equipamento trabalha na faixa de 3 a 300 cm/s, ou seja, a resposta é dada em velocidade. Conhecendo o diâmetro da tubulação onde o transdutor está inserido, é possível determinar a vazão através do produto da velocidade do fluido com o diâmetro. O sinal de saída é de 4 a 20mA.

Figura 4 – Transdutor de fluxo.



1.4 – MEDIÇÃO DE PRESSÃO

A medição de pressão será realizada através de um sensor de pressão relativa microprocessado com range de -1 a 10 bar. O uso do sensor de pressão na planta, inicialmente se dá apenas para o monitoramento, podendo futuramente ser utilizado como elemento fundamental para um controle de pressão na linha.

Figura 5 – Sensor de pressão combinada.



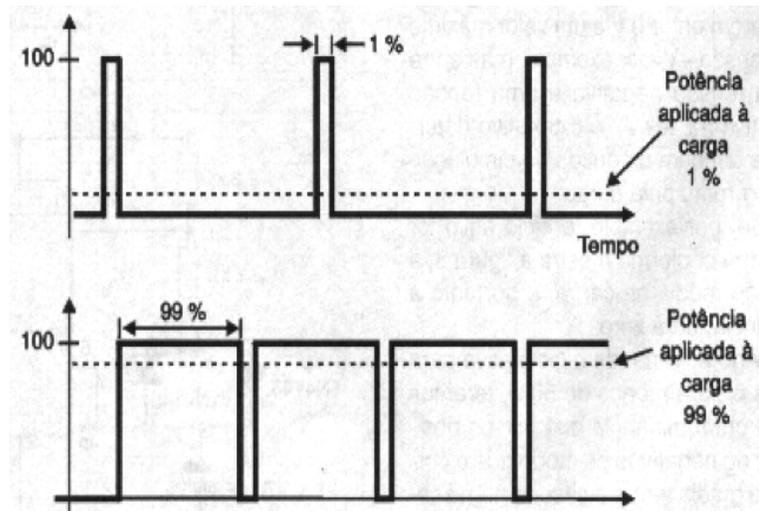
2- MODULAÇÃO POR LARGURA DE PULSOS – PWM

A produção de água gelada da planta é realizada de forma controlada, onde o aluno/operador do supervisório entra com o valor desejado da temperatura da água. A partir do início da produção inicia-se o processo de controle das pastilhas termoelétricas que fazem a refrigeração da água para que a temperatura chegue no valor que foi estabelecido. O controle aplicado na planta de estudo é o PWM.

A modulação por largura de pulsos ou PWM de uma fonte de tensão envolve a modulação do seu ciclo de trabalho para controlar a quantidade de potência entregue a uma carga. Utiliza-se uma onda quadrada cujo ciclo de trabalho é modulado pela variação do sinal.

Considerando-se uma onda quadrada $f(t)$ com valores mínimos e máximos, o valor médio da forma de onda será dado conforme figura 2.1.

Figura 6 – Chaveamento da tensão de entrada em um circuito PWM.



O PWM pode ser usado para reduzir o valor total de potência entregue a uma carga sem perdas normalmente encontradas quando uma fonte de tensão é limitada por meios resistivos. Isto acontece porque a potência entregue é proporcional a modulação da largura de pulso.

Sistemas de controle de potência PWM em alta frequência podem ser facilmente construídos com chaves semicondutoras. Os estados de on/off da modulação são usados para controlar o estado das chaves, os quais correspondem ao controle através da tensão ou a corrente através da carga. A maior vantagem desse sistema de chaveamento é que enquanto estão desligados não há condução de corrente e quando ligados não tem (idealmente) uma queda de tensão. O produto da corrente pela tensão dado em um tempo definido resulta na potência dissipada pelo dispositivo.

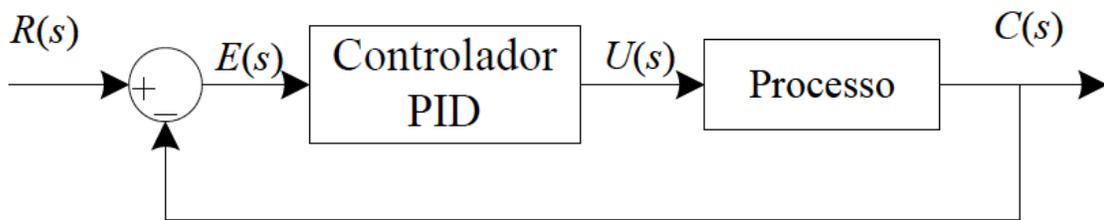
“O ruído causado no chaveamento é normalmente combatido com um filtro composto por um capacitor e um indutor...” (HOSOKAWA, 2006, p.10).

3- CONTROLE PID

O tipo de controle aplicado para a regulação da vazão é o PID, que funciona atuando diretamente na referência do inversor de frequência para que a vazão seja controlada através da modulação da rotação da bomba.

O controlador PID combina as vantagens do controlador PI e PD. A ação integral está diretamente ligada à precisão do sistema sendo responsável pelo erro nulo em regime permanente. O efeito desestabilizador do controlador PI é contrabalanceado pela ação derivativa que tende a aumentar a estabilidade relativa do sistema ao mesmo tempo em que torna a resposta do sistema mais rápida devido ao seu efeito antecipatório.

Figura 7 – Diagrama de blocos com controlador PID.



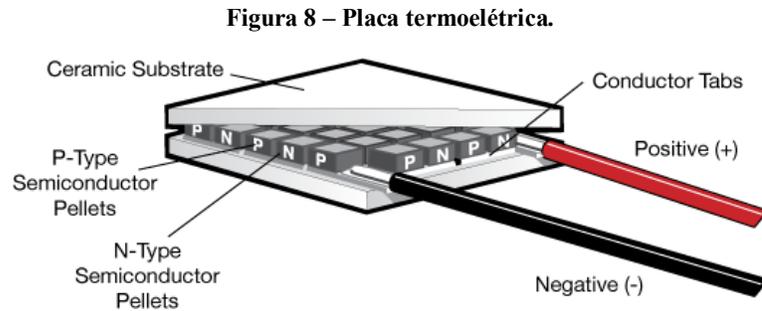
4- EFEITO PELTIER

Jean Charles Athanase Peltier foi um físico francês que descobriu, em 1834, que uma junção metálica pode produzir calor ou frio, dependendo da direção da corrente elétrica rendendo o nome de Efeito Peltier em sua homenagem. Embora o Efeito Seebeck, que produz energia elétrica através do calor, tenha sido descoberto 13 anos antes por Thomas Johann Seebeck, Peltier descobriu a capacidade reversível dos termopares para refrigerar, ou seja, gerar frio na junção metálica.

O efeito Peltier que é a produção de um gradiente de temperatura em duas junções de dois condutores ou semicondutores de materiais diferentes quando submetidos a uma diferença de potencial em um circuito fechado.

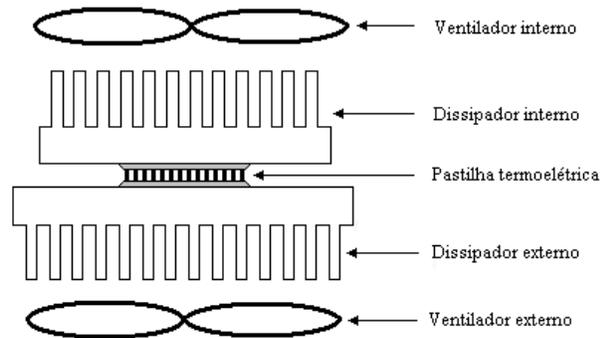
Pastilhas termoelétricas operam utilizando o efeito Peltier, baseada na teoria de que há um efeito aquecedor ou resfriador quando uma corrente elétrica passa por dois condutores. A tensão aplicada aos pólos de dois materiais distintos cria uma diferença de temperatura. Graças a essa diferença, o resfriamento Peltier fará o calor mover de um lado ao outro. Uma

típica pastilha de Peltier contém uma série de elementos semicondutores do tipo-p e tipo-n, agrupados como pares (ver figura 10), que agirão como condutores dissimilares.



Primeiramente foi pensando no melhor jeito de tornar a célula Peltier mais eficiente. Assim foi testado de várias maneiras como seria seu melhor rendimento, e chegou-se a uma conclusão que com 2 dissipadores e 2 coolers seriam as melhores maneiras de facilitar a convecção. Já que somente dois dissipadores e um só cooler do lado de fora para retirar o calor seria pouco eficiente.

Figura 9 – Montagem dos dissipadores a placa termoeétrica.



A célula Peltier vem ganhando espaço no mercado devido a inúmeras vantagens sobre sistemas de resfriamentos convencionais. A principal vantagem é o espaço físico que é bem pequeno, esta vantagem vem associada à outra que é o peso. Não apresenta vibração e nem ruído durante a operação, além de não utilizar gases como em sistemas de refrigeração convencionais. Pode operar em qualquer orientação espacial e, quando bem controlada, garante um controle de temperatura sem oscilações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos deste projeto são desenvolver uma planta didática para a Faculdade de Engenharia de Resende, onde os alunos possam aplicar na prática os conceitos vistos em sala de aula, facilitando o entendimento daqueles que ainda não atuam profissionalmente na área de estudo e possibilite a todos uma visão real de controle de processos e produzir água gelada que pode ser utilizada em outros processos existentes na instituição.

ABSTRACT

Plants for teaching practical development in education centers are of great importance to the technical development of students, where factory situations are created to prepare the students to the future.

This plant permits the selection of control modes and manipulation of any process variables, such as flow, pressure, temperature and level, by the supervisory system developed in LabVIEW. The plant will also be able to produce chilled water through thermoelectrical tablets that works through the "Peltier Effect" by providing resources necessary for laboratory practice for the course in Electrical Engineering / Electronics and Industrial Automation of Engineering College of Resende.

REFERÊNCIAS

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2000.

SANTOS, Bruno André dos; BOTTINO, Daniel Martins; FERREIRA JUNIOR, Nerval Paes. **Controle de Temperatura Utilizando Célula Peltier**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica / Eletrônica) – Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro.

RIBERI, Rodrigo Midusauskas; STRAZZA, Fabrício. **Projeto de uma Micro-adega Climatizada de Baixo Custo**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Disponível em: < <http://143.54.70.55/medterm/20072/peltier.pdf> - acessado em 02/05/2012

Disponível em: < http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation - acessado em 22/04/2012

Disponível em: < <http://www.ifm.com/ifmbr/web/home.htm> - acessado em 03/04/2012