

## **Desenvolvimento de protótipo para controle de temperatura no processo de parboilização do arroz**

### **Prototype development for temperature control in the rice parboiling process**

**Áurea Cristina Costa Freitas**<sup>\*</sup>  
UNEMAT

**Dejaine Parizotto**<sup>†</sup>  
UNEMAT

**Evelyn Morgana de Araújo Telline**<sup>‡</sup>  
UNEMAT

**Tadeu Miranda de Queiroz**<sup>§</sup>  
UNEMAT

**Uenisson Sanches Santana**<sup>\*\*</sup>  
UNEMAT

#### **RESUMO**

O presente trabalho teve como objetivo a elaboração de um protótipo para simular um sistema de controle automático de malha fechada, onde os circuitos são independentes e podem ser acionados via rádio frequência, com controle ON/OFF, capaz de aquecer um fluido contido em um tanque de aquecimento para arroz parboilizado. O circuito foi constituído basicamente de uma placa protoboard, um transistor, um LED verde, um LED vermelho, capacitores, resistores, um relê, um decodificador, um codificador, um regulador de tensão, um receptor, um transmissor, mini contator, bateria de 9V, fios e cabos e um aquecedor ebulidor elétrico simulando o aquecimento do tanque. De forma geral, o controlador atendeu adequadamente a finalidade pelo qual foi construído.

**Palavras-chave:** Controle ON/OFF, rádio frequência, tanque de parboilização

---

<sup>\*</sup> Áurea Cristina Costa Freitas, cursa Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Mato Grosso (UNEMAT). E-mail: [aurea\\_eng@hotmail.com](mailto:aurea_eng@hotmail.com)

<sup>†</sup> Dejaine Parizotto, é graduada em Engenharia de Alimentos pela Universidade do Estado de Mato Grosso, com experiência no laboratório de microbiologia e química. Atuou como bolsista realizando análises físico-químicas e microbiológicas. E-mail: [dejaineparizotto2009@hotmail.com](mailto:dejaineparizotto2009@hotmail.com)

<sup>‡</sup> Evelyn Morgana de Araújo Telline cursa Engenharia de Alimentos na Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. E-mail: [evelynmorgana@hotmail.com](mailto:evelynmorgana@hotmail.com)

<sup>§</sup> Tadeu Miranda de Queiroz, é graduado em Engenharia Agrícola (UFLA - 2002), Mestre em Engenharia Agrícola (UFLA - 2004) e Doutor em Agronomia (ESALQ/USP - 2007). É pesquisador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCT-EI) em Piracicaba-SP. E-mail: [tdmqueiroz@yahoo.com.br](mailto:tdmqueiroz@yahoo.com.br)

<sup>\*\*</sup> Uenisson Sanches Santana, é engenheiro de alimentos com formação pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Atuou como líder de produção pela BRF- Brasil Foods unidade de Varzea Grande/MT. E-mail: [uenisson\\_sanches@hotmail.com](mailto:uenisson_sanches@hotmail.com)

### **ABSTRACT**

*This study aimed to construct a prototype to simulate a system of automatic control of open loop where the circuits are independent and can be triggered via radio frequency with ON / OFF control, capable of heating a fluid contained in a tank for heating parboiled rice. The circuitry developed, used in the studies is low cost and simple operation, consisting basically of a plate breadboard, a transistor, a green LED, a red LED, capacitors, resistors, a relay, a decoder, an encoder, a voltage regulator, a receiver, a transmitter, mini contactor, 9V battery, the type of phone wires, cables and a heated "hot Tail", simulating the heating tank. In general, the controller met adequately the purpose for which it was constructed.*

**Keywords:** ON / OFF control, radio frequency, parboiling tank.

## **1.INTRODUÇÃO**

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial. É considerado o cultivo alimentar de maior importância em muitos países em desenvolvimento, principalmente na Ásia e Oceania, onde vivem 70% da população total dos países em desenvolvimento e cerca de dois terços da população subnutrida mundial. É alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas e, segundo estimativas, até 2050, haverá uma demanda para atender ao dobro desta população (EMBRAPA).

As três formas mais conhecidas de processamento de arroz são produção de: arroz integral, arroz polido ou branco e o arroz parboilizado (TERRA DE ARROZ).

Segundo ABIAP 2013, a parboilização foi descoberta, por acaso, pelo químico e nutrólogo inglês Eric Huzenlaub, no início do século XX. Na época, um processo primitivo, no qual o arroz em casca era mergulhado em potes de barro com água à temperatura ambiente. Em seguida, era secado ao sol ou em chapas aquecidas e, posteriormente, descascado.

A parboilização é realizada através de três operações básicas: encharcamento: onde o arroz em casca é colocado em tanques com água quente por algumas horas; gelatinização: processo autoclave o arroz é submetido a uma temperatura mais elevada sob pressão de vapor; Secagem: o arroz é secado para posterior descascamento, polimento e seleção (EMBRAPA).

No processo de encharcamento o arroz é submetido a um pré-cozimento, onde é posto em água quente com uma temperatura em torno de 68°C – 72°C para arroz seco e, 75°C – 76°C para arroz verde durante aproximadamente 6 a 7 horas. Com esta etapa espera-se que o grão tenha de 30% a 32% de umidade, o que promove uma quebra das pontes de hidrogênio das ligações de amido, facilitando a etapa de gelatinização (DARABAS, 2013).

Para realização de um processo deve-se conhecer e definir o tipo de controle a ser utilizado. Existem três tipos de controle que são eles: manual, onde o próprio ser humano realiza a ação, apresenta uma menor eficiência e menor confiabilidade no processo; automático, a ação é realizada por um microcontrolador, empregando equipamentos precisos, técnicas modernas, oferecendo maior confiabilidade e eficiência no processo; auto operado, este sistema é mais utilizado para controle de pressão e vazão e a energia utilizada é obtida do próprio sistema (SENAI, 1999).

A Automação de um equipamento consiste em um conjunto de técnicas com o intuito da construção de sistemas ativos sendo capazes de atuar com ótima eficiência através das informações recebidas ao qual atuam. Este sistema pode atuar em vários pontos de forma a melhorar todo o controle de processos de qualquer produção, trazendo vantagens como menor custo, maior quantidade, menor tempo, maior qualidade (MARTINS, 2012).

A regulação e o controle automático de sistemas industriais desempenham um papel de vital importância no desenvolvimento da ciência e da engenharia. O controle automático é essencial, por exemplo, em operações industriais que envolvam o controle de posição, velocidade, pressão, vazão, temperatura, umidade, viscosidade (NISE, 2002).

Existem basicamente dois tipos de sistemas de controle: sistema de malha fechada e sistema de malha aberta. No sistema de malha fechada é constituído por componentes contínuos ou analógicos, o sinal de saída possui um efeito direto na ação de controle, pelo que poderemos designá-los por sistemas de controle com realimentação ou retroação ("feedback"), é introduzido no controlador de modo a reduzir o erro e a manter a saída do sistema num determinado valor, pretendido pelo operador. Por outras palavras, o termo "malha fechada" implica necessariamente a existência de uma realimentação com o objetivo de reduzir o erro. Controle em Malha Aberta, são aqueles em que o sinal de saída não afeta a ação de controle. O sinal de saída não é comparado com o sinal de referência de entrada. Assim, cada valor do sinal de referência de entrada corresponde a uma condição de operação fixa (SENAI, 1999; ALMEIDA, 2012).

Os controladores podem ser classificados de acordo com o tipo de tecnologia utilizada na sua construção. Deste modo, poderemos ter: controladores pneumáticos, controladores hidráulicos, controladores eletrônicos. A realização do sinal de comando pelo controlador, designadas por "ações de controle ou de regulação", permite classificar os controladores de diversas formas: a ação de controle de duas posições (ON-OFF), apresenta a vantagem de ser simples e barato, o que se traduz na sua grande aplicação, tanto em sistemas industriais como domésticos. Neste sistema, o elemento possui apenas duas posições fixas, que são a de ligado ou desligado (BAPTISTA, 2013).

Os circuitos integrados (CI) são usados em praticamente todos os equipamentos eletrônicos, por conter um tamanho reduzido, menor consumo de energia e funciona como amplificadores, osciladores, chaveadores e reguladores de tensão. Um CI normalmente é composto por transistores, diodos e resistores (PTT-RADIO, 2013).

Os diodos são dispositivos que conduzem a corrente num único sentido. Por este motivo eles são utilizados tanto em funções lógicas como na retificação, ou seja, para converter corrente alternada em corrente contínua. O LED é um diodo emissor de luz, especial feito de arseneto de gálio que acende quando polarizado no sentido direto. É usado nos circuitos como sinalizadores visuais (MUTT, 2013).

O transistor é um diodo com a possibilidade de controlar a passagem de corrente. Possui três terminais: base, emissor e coletor. Caso exista alguma tensão na base ele permite a passagem da corrente entre emissor e coletor, caso não exista corrente, ele não conduz. Os transistores também têm como característica à amplificação de sinais (efeito transistor) e regulação de tensões, funciona como uma chave que liga e desliga a corrente elétrica (MAIMON, 2004).

Resistor é um componente elétrico cuja função é transformar energia elétrica em energia térmica, utilizado também para limitar a intensidade da corrente em determinados trechos do

circuito elétrico. Os resistores são feitos, geralmente, de aço, tungstênio ou carvão (TAVARES, 2009).

Para elaboração da placa de controle outros equipamentos eletrônicos também foram utilizados como: os relés, são elementos fundamentais de manobra de cargas elétricas, pois permitem a combinação de lógicas no comando, bem como a separação dos circuitos de potência e comando. Os mais simples constituem-se de uma carcaça com cinco terminais. Os terminais (1) e (2) correspondem a bobina de excitação. O terminal (3) é o de entrada, e os terminais (4) e (5) correspondem aos contatos normalmente fechado (NF) e normalmente aberto (NA), respectivamente (SOUZA, 2009).

O contator assim como o relê é uma chave de comutação eletromagnética direcionada, geralmente, para cargas de maior potência. Possui contatos principais (para energização da carga) e auxiliares NA e NF com menor capacidade de corrente. Este último é utilizado para auxílio nos circuitos de comando e sinalização além do acionamento de outros dispositivos elétricos (ALIEVI, 2008)

O decodificador é o circuito lógico que converte um código binário de N bits que lhe é apresentado como entrada, em M linhas de saída, sendo que cada linha de saída será ativada por uma, e, somente uma, das possíveis combinações dos bits de entrada. Os decodificadores são ferramentas importantes nos projetos digitais, pois são amplamente utilizados para selecionar memórias e realizar conversões de códigos (por exemplo, binário para decimal) e roteamento de dados. Os codificadores são circuitos lógicos dedicados que convertem informações alfanuméricas ou de controle para um código determinado (VENTURA, s.d).

Capacitor é um componente que tem como característica o armazenamento de carga elétrica, é constituído basicamente de duas placas separadas por um material isolante (dielétrico). Seu funcionamento é simples, quando seus terminais são submetidos a uma corrente elétrica as duas placas internas se carregam com as cargas positivas e negativas, a partir daí diversos efeitos ocorrem e que são utilizados na elétrica e eletrônica. O principal efeito é a capacitância a unidade de medida é o farad, no entanto está é uma unidade muito grande por isso na maior parte das vezes se encontra sob a notação de  $\mu\text{f}$  (micro farad) (MUSSOI, 2000).

Regulador de tensão são usados para estabilizar o valor de uma tensão contínua (+B) para alimentar um determinado circuito eletrônico. Recebe uma tensão não estabilizada mais alta e fornece uma tensão mais baixa, porém, constante (PTT-RADIO, 2013).

O transmissor é responsável pela codificação da mensagem escolhida da fonte de informação, o receptor, por sua vez, decodifica o sinal, reconstruindo a mensagem transmitida ao longo do canal de comunicação, distribuindo-a ao destinatário, o qual pode ser uma máquina (MORONI, 2009).

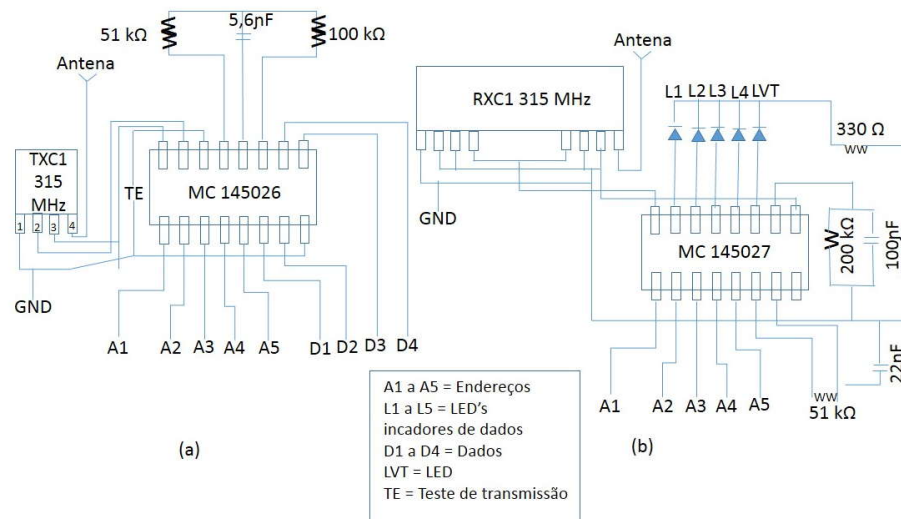
O sinal de Rádio Frequência é gerado por uma válvula ou por um transistor. Onde componentes, tais como, bobinas, capacitores e resistores, são agrupados ao redor do elemento principal (válvula ou transistor) para produzir oscilações alternadas, com uma frequência situada dentro do espectro eletromagnético, seja para transmissão de dados ou radiocomunicações (FANZERES, 1985).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um protótipo alternativo para o controle automático de malha fechada para parboilização de arroz, onde o circuito é acionada por rádio frequência

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Campus Universitário “Dep. Estadual Renê Barbours”, na Universidade do Estado de Mato Grosso cidade de Barra do Bugres, no laboratório de automação.

O tanque de aquecimento representado é composto de um recipiente com capacidade para 500 ml de água e um aquecedor 1000 W popular “Rabo quente”. Para a execução do presente trabalho foram utilizados os materiais descritos a seguir: uma placa protoboard, um transistor (BC548), um LED verde, um LED vermelho, três capacitores (5.6nF, 22 nF e 100 nF), sete resistores dois de 330  $\Omega$ , dois de 51 k $\Omega$ , um de 100 k $\Omega$ , 100  $\Omega$  e 200 k $\Omega$ , um relê, um decodificador (MC 145027), um codificador (MC 145026), um regulador de tensão (KA 7805), um receptor (RX D1), um transmissor (TX C1), um mini contator, uma bateria de 9V, fios e cabos com 0,25 mm<sup>2</sup> e 0,50 mm<sup>2</sup>. Como pode ser observado no circuito esquemático descrito na Figura 1.



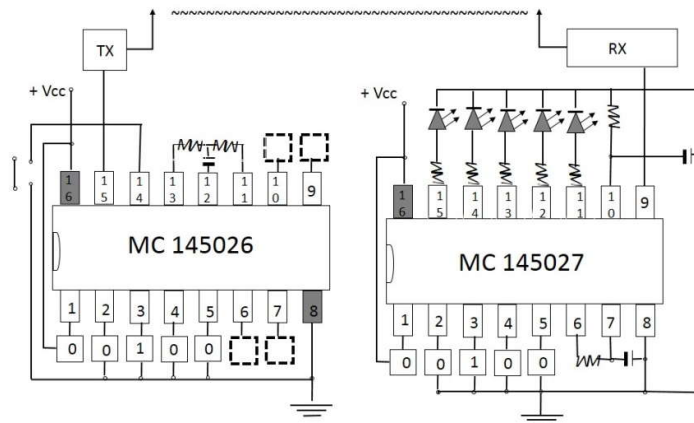
**Figura 1:** Circuito esquemático da montagem de um transmissor (a) e receptor (b), montados para testar o acionamento via rádio frequência para aquecedor.

**Fonte:** Autores .

O protótipo contém um circuito integrado cujo funcionamento se inicia quando a bateria alimenta a placa que aciona o relê, e ativa o eletro ímã do contator logo, estando ligado deixa passar energia para o circuito, ou seja, liga o aquecedor de água. Quando o LED verde estiver acesso é sinal de que o contator estará ligado e o aquecedor funcionando. O LED vermelho da placa quando acesso indica o recebimento de uma informação externa.

A placa é alimentado por uma bateria de 9V Voltagem de Corrente Contínua (Vcc), o contator é alimento por uma diferença de potencial de 127V Voltagem em Corrente Alternada (VCA) e aciona o aquecedor podendo ser controlado com um micro controlador que liga e desliga automaticamente.

A transmissão de dados via rádio frequência, foi montada através de um receptor (RX D1) e um transmissor (TX C1), constituído de um código binário, esquematizado na Figura 2.



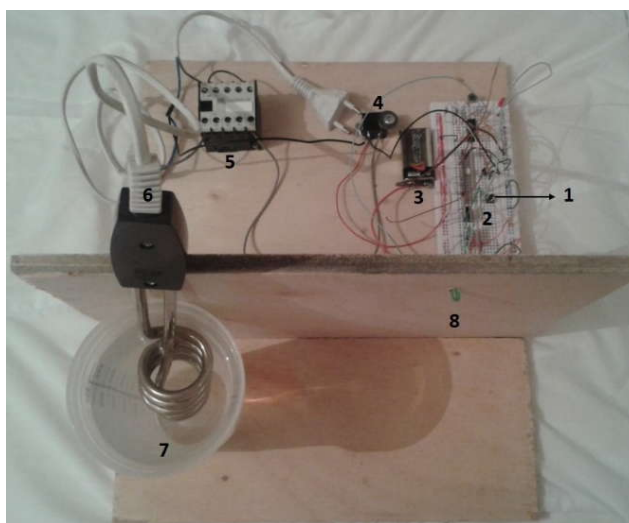
**Figura 2** – circuito esquemático para controle via rádio frequência com endereço.

**Fonte:** Adaptado, material fornecido pelo professor.

Para verificar a temperatura e o tempo em que o protótipo atingiu a temperatura adequada de para a parboilização, utilizou-se um termômetro graduado em graus Celsius (°C) e um cronômetro graduado em segundos.

### 3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da montagem do protótipo pode ser analisado na Figura 3, representando um sistema de malha Aberta com controle ON/OFF e transmissão via rádio frequência.

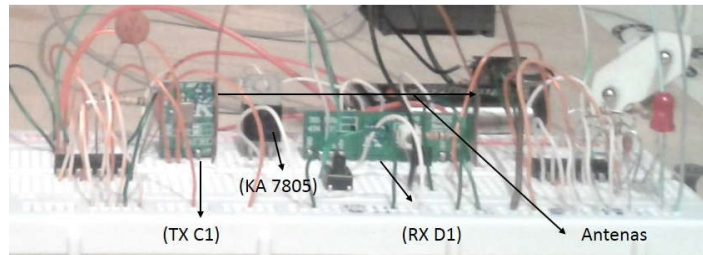


**Figura 3:** protótipo montado com descrição dos equipamentos.

**Fonte:** Autores.



O protótipo foi enumerado com um a escala hedônica de 1 a 8, onde o número 1 representa o botão de acionamento responsável pelo comando ON/OFF, (2) placa de comando protoboard representando um circuito, (3) bateria 9 V, (4) relê, (5) contator, (6) aquecedor (7) tanque de parboilização (8) LED verde.



**Figura 4:** protótipo com circuito de rádio transmissão.

**Fonte:** Autores.

Pode ser observado as placas do receptor (RX D1), transmissor (TX C1), regulador de tensão (KA 780) e as antenas de comunicação via rádio frequência.

O circuito é acionado por comando ON/OFF podendo ser observado pelo LED verde, pois quando o circuito está em funcionamento ele acende e quando inativado apaga.

Os resultados obtidos de temperatura e tempo para circuito integrado podem ser observado na Tabela 1.

**Tabela 1** – Valor obtidos de tempo e temperatura em tanque de parboilização do Arroz em um período de 320 s.

Tempo (s) *	temperatura (°C)
0	26
40	34
80	40
120	46
160	53
200	59
240	66
280	73
320	80

\*tempo medido com intervalo de 40 segundos

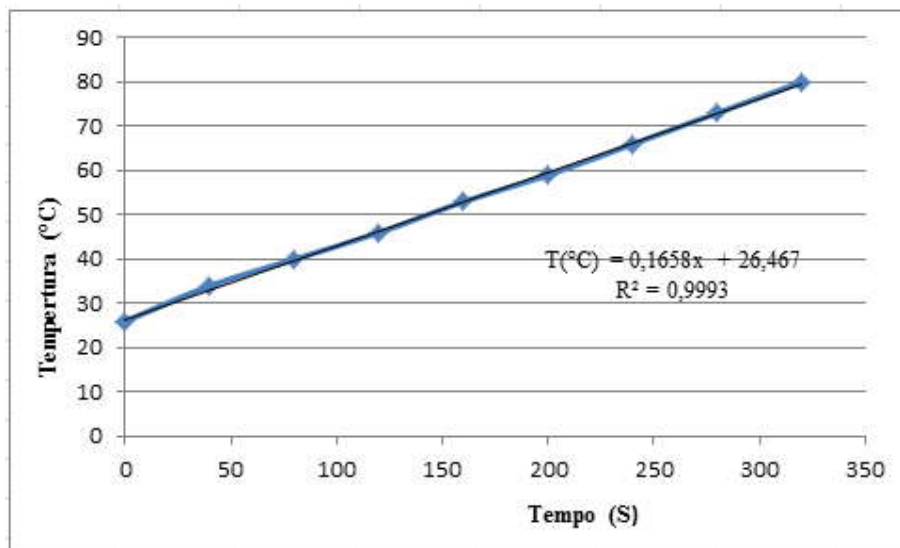
Fonte: Autores.

A tabela 1 representa a temperatura atingida por um determinado período de tempo. Segundo DARABAS (2013), no processo de encharcamento o arroz é submetido a um pré-cozimento,

onde é submerso em água uma faixa de temperatura 68°C – 72°C para arroz seco e, 75°C – 76°C para arroz verde durante aproximadamente 6 a 7 horas.

Portando, para a parboilização de arroz seco no protótipo o mesmo atingiria a temperatura adequada em um intervalo de 240 a 280 s, quando a temperatura ultrapassar a permitida o sistema seria desligado. Porém, para a parboilização de arroz verde o tanque estaria com a temperatura adequada com uma faixa de tempo 280 a 320 s, ligando e desligando o aquecedor quando a temperatura for menor e maior respectivamente. No trabalho elaborado por Ruas *et al* (2009), verificou um protótipo de aquecedor solar de baixo custo, a avaliação do coletor consistiu na verificação das leituras de temperatura de água feitas entre as 10 e 16 horas, com 6 leituras diárias, obtendo-se temperaturas entre 32,2 e 38,3 °C.

Os dados de tempo e temperatura da tabela tabela1 foram agrupado e representado graficamente na Figura 4.



**Figura 4:** Representação gráfica da variação da temperatura com intervalo de medida de 40s.

**Fonte:** Autores.

A partir da Figura 4, foi determinada a equação da temperatura em função do tempo. Obteve uma reta com crescimento linear  $T(^{\circ}\text{C}) = 0,1658x + 26,467$  e um valor de  $R^2 = 0,9993$ , mostrando um aumento de temperatura proporcional ao tempo.

#### 4. CONCLUSÃO

O circuito desenvolvido de controle automático de malha aberta ON/OFF, via rádio frequência atuou de maneira satisfatória e se mostrou eficaz quanto ao aquecimento do fluido contido no tanque.

Para que houvesse um controle maior sobre tempo e temperatura seria necessário a utilização de um sensor de temperatura e um temporizador acoplado ao tanque de encharcamento. Por



não conter um temporizador o aquecedor só seria desligado quando fosse desativada a chave de comando passando de ON para OFF.

De forma geral, o controlador atendeu adequadamente a finalidade pelo qual foi construído.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira Das Industrias De Arroz Parboilizado (ABIAP). **História do Arroz Parboilizado**. Disponível em: <<http://www.cnfaf.embrapa.br/arroz/historia.htm>>. Acesso em 29 de junho de 2013.

ARROZ, Terra. **Processamento**. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/Alimentus/terradearroz/referencias.htm>>. Acesso em: 29 de junho de 2013.

ALIEVI, C, A. **Automação residencial com utilização de controlador lógico programável**. Centro Universitário Feevale. Novo Hamburgo, 2008.

ALMEIDA, A.W. **Modelagem E Controle De Sistemas Dinâmicos Utilizando Reguladores FUZZY TSK Com PDC**: projeto e análise de estabilidade via LMI. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. 2012.

BAPTISTA, L.F. **Instrumentação e Controle**. Apontamentos sobre Controladores Analógicos. Escola superior Náutica Infante Dr Henrique. Departamento de Engenharia Mecânica. 2013.

DARABAS, Aline Manenti. **Processo de Produção do Arroz da Cooperja**. Disponível em: <<http://www.cooperja.com.br/produtos/producaodearroz.pdf>>. Acesso em: 29 de junho de 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Disponível em: <<http://www.abiap.com.br/index.php?area=saude&sub=historia>>. Acesso em: 29 de junho de 2013.

FANZERES, A. Transmissores e geradores de RF. Cap 1, p. 15-23, cap. 2, p. 25. Editora Tecnoprint. Rio de Janeiro, 1985. MARTINS, G. M. **Princípios de Automação Industrial**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2012.

MOIMON, F. **Projeto de um sistema eletrônico para o controle de motores de alta potência por PWM**. Engenharia de Controle e Automação, Pontifca Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO). Rio de Janeiro, 2004.

MORONI, J. **O conceito de informação no contexto da Teoria da Auto-Organização**. In: 4º Encontro de Pesquisa na Graduação em Filosofia da UNESP, Vol. 2, n. 1, 2009.

MUTT, H . C. **Noções básicas de componentes eletrônicos**. Disponível em: <[http://files.comunidades.net/mutcom/Nocoos\\_basicas\\_de\\_componentes\\_eletronicos.pdf](http://files.comunidades.net/mutcom/Nocoos_basicas_de_componentes_eletronicos.pdf)>. Acesso em: 05 de julho de 2013.

MUSSOI, F. L. R.; VILLAÇA, M. V. M. **Capacitores**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina. 3º ed. Florianópolis, 2000.

NISE, N. S. **Engenharia de Sistemas de Controle**. LTC Editora. 3º ed. Rio de Janeiro, 2002.

PTT - RADIO. **Circuitos integrados**. Disponível em: <<http://www.ptt-radio.qsl.br/Documentos/Componentes.pdf>>. Acesso em: 05 de julho de 2013.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI). **Apostila: Fundamentos de Controle de Processo**. Espírito Santo, 1999. 72p. Disponível em: <<http://docente.ifrn.edu.br/samueloliveira/disciplinas/automacao-industrial/apostila/controle-de-processo-senai>>. Acesso em: 04 de julho de 2013.

RUAS, R. A. A.; MAGALHÃES, E. A.; FILHO, A. F.L.; SILVA, J.S. Análise Energética de um Protótipo de Aquecedor Solar de Baixo Custo. **Global Science and Technology**, v. 02, n. 02, p.01 - 07, 2009.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI). **Sistemas de Automação e Controle**. Apostila elaborada pelo Professor de Instrumentação/Automação Industrial: Fábio da Costa Pinto. 2005.

SOUZA, N. S. **Apostila de acionamentos elétricos**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte, 2009.

TAVARES, C. E. **Ciência e tecnologia dos materiais**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia - MG, 2009.

VENTURA, L.; PALVA, M. S. V. **Decodificadores**. Disponível em: <<http://www.sel.eesc.usp.br:8085/upload/sel415/sel415-Decodificadores.pdf>>. Acesso em: 05 de julho de 2013.