

CONTROLE E DOSAGEM PROGRAMADA DE MATÉRIA-PRIMA PARA PROCESSOS INDUSTRIAIS

Giovane Barreto da Silva¹
Reinaldo Galo Febrônio Alves²
Idelberto, de Genova Bugatti³
Édio Roberto Manfio⁴

RESUMO

O presente artigo tem por finalidade projetar e construir um equipamento para dosagem, baseado na necessidade das indústrias em controlar a quantidade de matéria-prima utilizada para a produção de produtos distintos, como uma alternativa barata e visando a eficácia do processo. O trabalho foi feito a partir de um protótipo dotado de elementos tangíveis (estrutura, motores, componentes eletrônicos) e intangíveis (programação lógica) que o torna um projeto interdisciplinar

PALAVRAS-CHAVE: Dosador, Microcontrolador, Automação, Pesagem.

INTRODUÇÃO

A automação dos processos de fabricação contribui para que o produto final seja produzido com agilidade e menor custo de produção. Segundo Rosário (2009, p.23) a automação é todo processo que realiza de maneira autônoma tarefas e atividades ou que presta auxílio ao homem em suas tarefas cotidianas.

A busca por alternativas com retorno a curto prazo faz com que as empresas invistam em maquinários com alta tecnologia agregada e que se interajam formando um sistema automatizado de manufatura com a utilização mínima possível de mão de obra humana.

Uma das principais preocupações de quem decide automatizar um sistema de manufatura é com a qualidade do produto que será adquirido no

¹ Graduando do curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial da FATEC-Garça. E-mail: giovane.silva5@fatec.sp.gov.br

² Graduando do curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial da FATEC-Garça. E-mail: reinaldogalo@bol.com.br

³ Mestre em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação da UNICAMP e graduado em Bacharelado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos. Atuou como professor Assistente do Dpto. de Computação da UFSCar durante 20 anos. Atualmente é professor do Centro Universitário Eurípides de Marília (UNIVEM) e do curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial da FATEC-Garça. E-mail: igbugatti@gmail.com

⁴ Doutor em Linguística pela Universidade Estadual de Londrina (2016), Mestre em Linguística pela Universidade Estadual de Maringá (2006), Graduado em Letras pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1997). Atualmente é professor Associado da Faculdade de Tecnologia de Garça onde desenvolve projeto em Regime de Jornada Integral – RJL. E-mail: prof.ediorobertomanfio@gmail.com

final do processo, já que a redução de interferências humanas reduz também o controle na realização da tarefa e a garantia de qualidade do produto final depende de alguns aspectos, como por exemplo:

- Matéria-prima;
- Investimento em Pesquisas e Desenvolvimento;
- Capacitação de mão de obra;
- Investimento em equipamentos;

O início do processo de produção é crucial, pois uma falha nessa etapa prejudica todas as etapas seguintes e é no início do processo que é feita a mistura das matérias-primas seguindo uma receita padrão, que será responsável pela qualidade do produto final.

Observando a necessidade da indústria em realizar tal mistura em determinadas porções de diferentes componentes e a análise do valor dos equipamentos que existem hoje no mercado, foram fatores determinantes para motivar o desenvolvimento de um equipamento de baixo custo que seja possível dosar a matéria-prima, que realize a mistura das porções dosadas e dê sequência ao processo de produção de forma eficaz.

1. OBEJTIVOS

O objetivo deste artigo é o desenvolvimento de um protótipo mecatrônico de um dosador nos moldes e princípio de funcionamento de um dosador gravimétrico voltado para dosagem de granulados.

Tal equipamento tem como base a aplicação na área industrial obedecendo a quesitos como baixo custo, eficácia e viabilidade em sua aplicação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E METODOLOGIA

A FATEC- Garça (Faculdade de Tecnologia Julio Julinho Marcondes de Moura) propõe aos alunos do curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial ao final de cada de semestre um PPM (Projeto Protótipo Mecatrônico, anteriormente chamado de Atividade Autônoma de Projeto – AAP).

[...] ao desenvolver um protótipo não se faz necessário representar toda a funcionalidade do produto. Pelo contrário, somente deve ser representada a funcionalidade que atenda aos objetivos do teste ou da avaliação. (RUBIN, 1994 apud SANTOS, 2006, p. 259).

Segundo Detregiachi (2011, p.01) “AAP tem como objetivo, segundo o projeto pedagógico do curso, preparar o futuro tecnólogo para buscar soluções e atuar com autonomia no desenvolvimento de suas atividades profissionais”.

O PPM desenvolvido no quarto semestre do curso de tecnologia em mecatrônica industrial teve como tema Sistemas Microcontrolados e a proposta foi desenvolver um protótipo baseado nos conhecimentos adquiridos até o momento no curso a partir da união das áreas de mecânica, eletroeletrônica e comando computadorizado. Seguindo a proposta do PPM e pensando na necessidade de vários segmentos industriais foi escolhido o tema relacionado a dosagem industrial.

Dosador é um equipamento utilizado para ministrar a quantidade adequada de produto ou ingrediente para um fim específico. Pode ser utilizado na indústria de alimentos, concretos, plásticos, etc., é comum seu uso para preparação de soluções e adição de suplementos, bem como, o reabastecimento de produtos (PRADO e EBEL, 2011, apud VERAS e NASCIMENTO NETO, 2015).

Podemos definir um sistema de dosagem como uma integração de elementos capaz de manusear e controlar as matérias-primas envolvidas no processo de acordo com uma unidade de medida estabelecida, que pode ser peso ou volume. Baseado nisso, existe dois tipos de elementos dosadores industriais presentes no mercado.

2.1. Dosador Volumétrico

Segundo EBEL (2004), um dosador volumétrico é um equipamento dotado de um moto-redutor acionado através de um inversor de frequência por um comando microprocessado.

Figura 1 – Dosador Volumétrico



Fonte: PIOVAN S.p.A.⁵

O dosador volumétrico tem capacidade para três componentes simultâneos, como se observa na Figura 1 e consegue realizar a dosagem contínua e uniforme de um mesmo percentual de material em intervalos de tempo pré-determinados. Um dosador desse tipo pode trabalhar com produtos líquidos, em pó e granulados, como por exemplo em uma peneira vibratória.

2.2. Dosador Gravimétrico

É um equipamento altamente preciso e comumente utilizado em indústrias químicas voltadas ao ramo de polímeros.

“O material granulado é pesado independentemente por uma célula de carga monitorada por um controlador microprocessado, o qual libera a mistura assim que atinge o peso programado” (EBEL; PRADO; VEDELAGO, 2004 apud JATOBÁ; CRISTOFOLINI; LEAL, 2013, p. 11).

Figura 2 – Dosador Gravimétrico



Fonte: Controlplast⁶

⁵ Disponível em: <http://www.piovan.com/pt/fam%C3%ADlia/dosagem-e-mistura/dosagem-de-masterbatch-volumetrica-serie-lybra-iv>>. Acesso em Fev 2016.

⁶ Disponível em: <http://www.controlplast.ind.br/#!controlmix/c1ret>>. Acesso em Fev 2016.

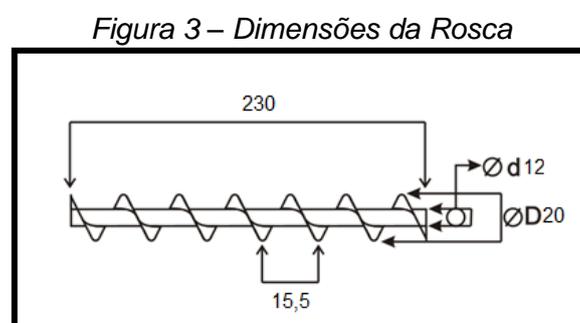
Os dosadores gravimétricos (figura 2), ou mássicos como também são chamados, tem seu princípio de funcionamento baseado na massa do elemento a ser dosado.

3. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O protótipo é composto de elementos mecânicos, eletroeletrônicos e de controle programável que serão detalhados nos tópicos seguintes.

3.1. Rosca Transportadora Helicoidal

A rosca transportadora helicoidal é um dispositivo que tem como partes básicas, o acionamento, a calha padrão e o corpo de entrada. (OCHÔA, 2012) e apresenta movimentos relativos entre o material e sua estrutura, sendo comumente utilizado em pequenas distâncias e para pequenas vazões (SACRAMENTO, 2016). Na Figura 3 é apresentada as dimensões utilizadas para a rosca no projeto.



Fonte: Adaptada de Shellton San⁷

Para o projeto, a rosca utilizada é uma rosca transportadora helicoidal de 230 mm e faz a função de transporte da matéria-prima do silo de abastecimento até a balança. Foi utilizado um eixo com diâmetro de 12 mm e um passo de 15,5 mm.

⁷ Disponível em: < <http://blogplanificacao.blogspot.com.br/2014/06/formulas-e-tracado-de-rosca-helicoidal.html>>. Acesso em nov. 2015.

3.2. Motor

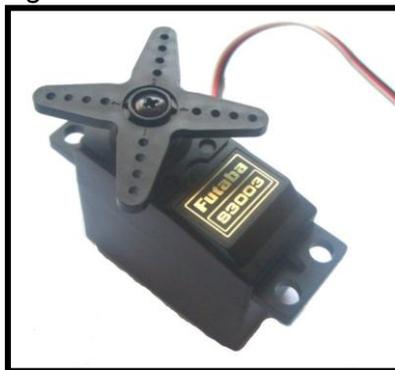
O motor utilizado foi um motor de 12 volts de corrente contínua, que fica responsável pelo acionamento da rosca sem fim.

3.3. Servomotor

Os servomotores (Figura 4) são dispositivos eletromecânicos que integram um motor de corrente contínua com um circuito interno de controle e uma caixa de engrenagens, o que proporciona um maior torque e alta precisão (EGLOWSTEIN, 2016).

332

Figura 4 – Servo motor Futaba



Fonte: *leaRobotics*⁸

Para a liberação do material utiliza-se um servo com engrenagens plásticas sólidas e bucha de teflon. Possui 2 rolamentos que diminuem o atrito do apoio das engrenagens, tensão de operação de 4,8 a 6V, velocidade de operação de 0,16s/60° e torque de 6,5 kg.

3.4. Célula de Carga

A Célula de Carga é um transdutor de força que tem a capacidade de transformar uma grandeza física, que é a força aplicada sobre si, em um sinal elétrico proporcional a força, fazendo possível a realização da medição do peso (PORTAL CÉLULA DE CARGA, 2016). A Figura 5 mostra o modelo *single point*

⁸ Disponível em: <<http://www.iearobotics.com/wiki/index.php?title=Archivo:Servo-futaba-3003-2.jpg>>. Acesso em out. 2015.

utilizado no protótipo, que tem como característica a insensibilidade nas laterais.

Figura 5 – Célula de carga



Fonte: Weigtech⁹

Seu princípio de funcionamento é baseado na variação da resistência ôhmica e suas aplicações variam de aplicações em balanças comerciais a automação em processos industriais.

3.5. Módulo Conversor Amplificado HX711

Módulo Conversor Amplificado HX711 é um preciso conversor análogo-digital de 24 bits projetado para balanças e aplicações de controle industrial através de uma interação direta com uma célula de carga.

O HX711 tem função de converter o sinal analógico proveniente da célula de carga em variação do valor da resistência além de amplificá-lo, pois, o mesmo possui intensidade muito baixa (milivolts).

3.6. Arduino

Arduino é uma plataforma de microcontrolador e prototipagem open-source¹⁰ que permite conectar circuitos e componentes eletrônicos aos seus terminais (MONK, 2013) com entradas e saídas digitais e analógicas. O hardware compõe-se de uma placa eletrônica de circuito impresso (figura 6) com os componentes e conectores soldados.

⁹ Disponível em: <<http://weigtech.com.br/admin/imgs/icones/celula-carga-single-point-sp4mac3-foto-400x295px.jpg>>. Acesso em set. 2015.

¹⁰ Termo em inglês que significa código aberto, ou seja, seu código-fonte pode ser adaptado para diferentes fins.

Figura 6 – Arduino Uno



Fonte: Techmount¹¹

Trabalha com um microcontrolador Atmega328 e possui 14 entradas/saídas digitais, 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16MHz, conexão USB, uma entrada para fonte, soquetes, e um botão de reset. Possui uma IDE¹² própria obtida gratuitamente, que implementa a utilização da linguagem de programação C.

3.7. Visor de Cristal Líquido

Visor LCD (liquid crystal display) é um painel eletrônico fino de camadas de vidro usado para exibir informações, tipicamente alfabético e números (DATAPLUS, 2016). É utilizado em painéis de instrumentos, displays em computadores de bordo de automóveis, relógios, calculadoras, telefones entre outras aplicações.

Para a aplicação, foi utilizado um display de fundo azul e caracteres brancos de 16 colunas por 2 linhas, ou seja, é possível mostrar 32 caracteres simultaneamente.

4. MONTAGEM

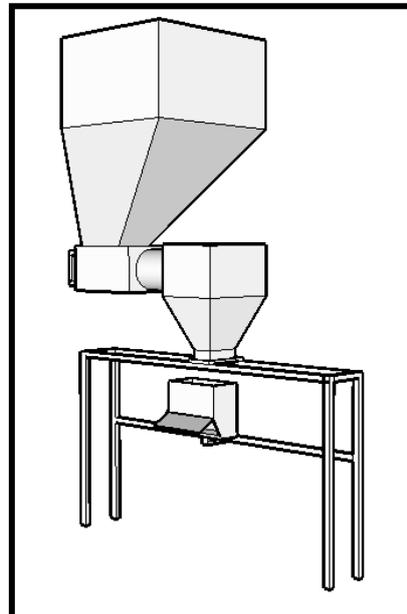
O protótipo foi construído sobre uma base metálica, e sobre si um silo de abastecimento e um silo de acesso a balança, interligados pela rosca

¹¹ Disponível em: < <http://www.techmount.com.br/arduino-uno-r3-original>>. Acesso em dez. 2015.

¹² Integrated Development Environment ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado-Software com ferramentas de apoio ao desenvolvimento do código

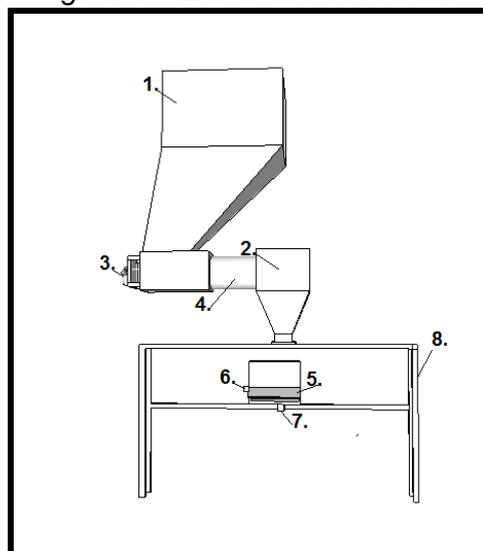
transportadora conforme é possível ver na Figura 7 e na Figura 8 reproduzida no software Sketchup 8 e na Figura 9 do protótipo físico.

Figura 7 – Esboço do protótipo



Fonte: Do autor

Figura 8 – Elementos estruturais



Fonte: Do autor

1. Silo de abastecimento
2. Silo da balança
3. Motor CC
4. Canhão da rosca transportadora

5. Balança
6. Servo motor
7. Célula de carga
8. Estrutura metálica

Figura 9 – Estrutura do protótipo pronta

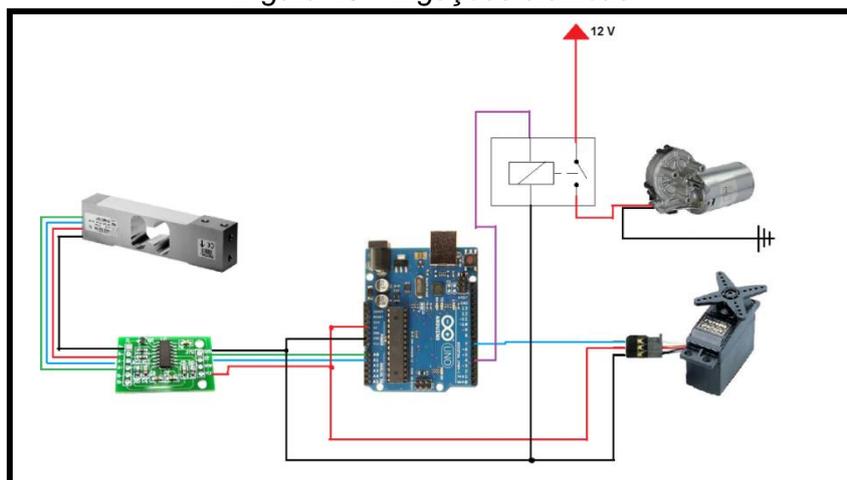


Fonte: Do autor

Logo abaixo do silo de menores dimensões, fica posicionada a balança com uma comporta responsável por dar sequência ao processo. O motor está posicionado abaixo do silo de abastecimento e seu eixo está acoplado ao eixo da rosca transportadora. Na estrutura há um mancal com rolamento que permite a rotação da rosca com menos atrito possível.

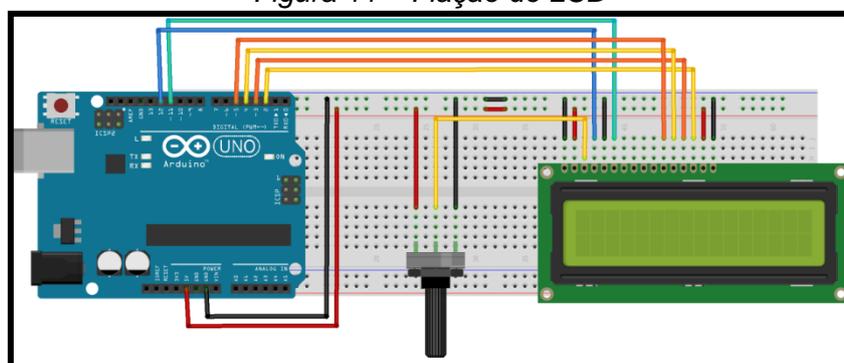
Quanto as ligações elétricas, o motor de é ligado em uma fonte externa de 12 volts, e seu acionamento é feito através de um relé que por sua vez é acionado pelo pino digital 4 do Arduino conforme exposto na Figura 10 e na Figura 11.

Figura 10 – Ligações elétricas



Fonte: Do autor

Figura 11 – Fiação do LCD



Fonte: Lab de Garagem¹³

O servo motor é alimentado com 5 volts e acionado pelo pino 7 da placa. A célula de carga faz ligação com o Módulo Conversor Amplificado HX711, que por sua vez utiliza os pinos analógicos A0 e A1 da placa.

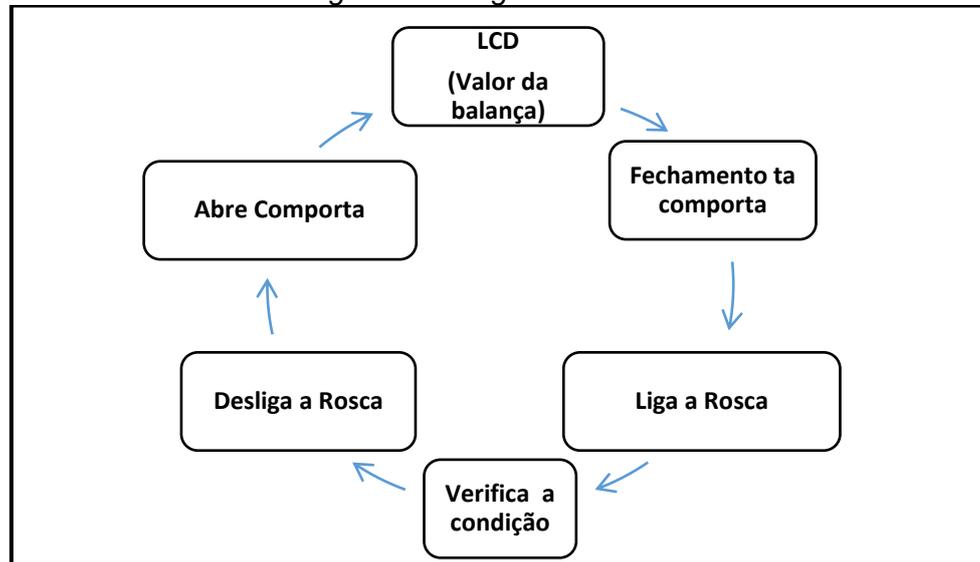
5. FUNCIONAMENTO

O silo de abastecimento deve estar constantemente abastecido. O material contido nele, cai por gravidade na rosca transportadora que nesse momento está acionada pelo motor CC, a rosca faz o transporte do material para a balança. Na balança é onde a célula de carga realiza a leitura de sua deformação e emite um sinal proporcional em milivolts, que é amplificado pelo Módulo Conversor Amplificado HX711 para que assim seja possível a leitura do

¹³ Disponível em: < <http://labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-lcd-com-arduino>>. Acesso em dez. 2015.

Arduino. No Arduino tem o programa em linguagem C que atua da forma que pode ser observada no digrama da Figura 12.

Figura 12- Diagrama de blocos



Fonte: Do autor

1. Mostra a leitura da balança no LCD
2. Fecha a comporta (Servo motor a 26°)
3. Aciona o motor CC/ Rosca transportadora
4. Se o peso da balança for igual ou maior que o peso pré-determinado, desliga a rosca transportadora e abre a comporta (Servo motor a 130°)
5. Fecha a comporta e liga novamente a rosca transportadora.
6. Reinicia o ciclo

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto superou as expectativas iniciais. O protótipo trabalhou continuamente por aproximadamente 2 horas e obteve ótimos resultados. A precisão é uma variável dependente da quantidade do material a ser dosado, e é definido a partir da fórmula expressa abaixo, onde a incógnita é o peso da dosagem em gramas e o resultado é dado em percentual.

$$100 - \left(\frac{1}{x} \times 100\right) = \text{Precisão (\%)}$$

A Tabela 1 mostra uma projeção da precisão com relação a dosagem, onde é possível notar que quanto maior o peso da dosagem a ser realizada maior é a precisão da balança, esse resultado se dá graças aos 24 bits do amplificador de sinal.

Tabela 1

| Peso (g) | Precisão (%) |
|-----------------|---------------------|
| 100 | 99 |
| 250 | 99,6 |
| 1000 | 99,9 |
| 5000 | 99,98 |
| 8000 | 99,9875 |
| 10000 | 99,99 |

Fonte: Do autor

A nível de protótipo, a rosca transportadora e o motor de CC obtiveram rendimento bom, mas devem ser dimensionados de acordo com o volume e a velocidade de dosagem. O motor pode obter um melhor rendimento caso seja substituído por um motor CA acionado por um inversor de frequência controlado pelo microcontrolador.

Para projetos futuros, o objetivo é fazer um dosador multicomponentes com misturador e adicionar uma interface homem-máquina para inserir os parâmetros de controle por meio de um teclado matricial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTOS, Reinaldo Assumpção. **As novas tecnologias de automação: desenvolvimento, atributos e implicações de sua adoção em termos de escalas**. Ensaios FEE, v. 20, n. 2, p. 188-219, 1999.

DATAPLUS. **LCD**. Disponível em <<http://www.dataplus.com.br/monitores/lcd.html>>. Acesso em 01 de julho de 2016.

DETREGIACHI FILHO, Edson . **Atividade Autônoma de Projeto: apontando caminhos para a efetiva integração do aluno.** Revista e-f@atec, v. 1, p. 1-6, 2011.

EGLOWSTEIN, Howard. **Introduction to Servo Motors.** Disponível em <http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/Robotics_ServoMotors.shtml>. Acesso em 27 de maio de 2016.

JATOBÁ, David Martins; CRISTOFOLINI, Dhuan Pires; LEAL, Francisco da Rocha e Castro. **Protótipo de um dosador de líquidos automatizado.** 2013. 112 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: Começando com Sketches-Série Tekne.** AMGH Editora, 2013.

OCHÔA, Ana Lúcia da Silva. **Avaliação do índice de quebra de grãos em transportadores agrícolas,** 2011. Disponível em <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/598?show=full>>. Acesso em 01 de julho de 2016.

PORTAL CÉLULA DE CARGA. **Definição de célula de carga.** Disponível em <http://www.celuladecarga.com.br/portal/?page_id=8>. Acesso em 01 de julho de 2016

PRADO, Caio ; EBEL, Daniel; **Revista plástico moderno,** editora QD Ltda 2011.

PRADO, Caio; EBEL, Daniel; VEDELAGO, José W. **Dosagem automática reduz perdas e evita desperdícios** Revista plástico moderno, Ed: Nº 352 página 4, editora QD Ltda Fevereiro 2004.

ROSÁRIO, João Maurício. **Princípios de mecatrônica.** 1. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall do Brasil, 2004.

RUBIN, Jeffrey. **Handbook of usability testing.** New York: John Wiley and Sons, 1994.

SACRAMENTO, Roberto César Fernandes. **Transportadores Contínuos para Granés Sólidos.** Disponível em: <http://www.transportedegraneis.ufba.br/Apostila/CAP9_TH.pdf> Acesso em: 03 de fevereiro de 2016.

SANTOS, Robson Luís Gomes dos. **Usabilidade de interfaces para sistemas de recuperação de informação na web: estudo de caso de bibliotecas on-line de universidades federais brasileiras.** 2006. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

SILVA, Marcos Noé Pedro Da. **Peso x Massa** .Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/matematica/peso-x-massa.htm>>. Acesso em: 16 de dezembro de 2015.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **Sistemas de dosagem industrial: O que são e como funcionam?** Disponível em: < <http://www.citisystems.com.br/sistema-dosagem-quimica-industrial-automacao-software/> >. Acesso em: 04 outubro 2015.

VERAS, I. P. ; NASCIMENTO NETO, J. A. . **Máquina Dosadora Controlada por meio de Código de Barras**. In: 67ª Reunião Anual da SBPC, 2015, São Carlos - SP. Máquina Dosadora Controlada por meio de Código de Barras, 2015.