

## **Construção e avaliação de um simulador de mecanismo dosador para sistema de empacotamento de produtos em pó e granulados**

Caio César Ramos de Souza (Fic/Unis) caiotecmec199@gmail.com

Luiz Fabio de Oliveira Junior (Fic/Unis) luizfabio1005@gmail.com

Ronaldo Rodrigo Lima Melo (Fic/Unis) ronaldorlmelo@gmail.com

Suellen Teixeira Franca (Fic/Unis) suellen.tfranca@gmail.com

Tiago Bittencourt Nazaré (Fic/Unis) tiago@unis.edu.br

*Resumo: O presente artigo possui um estudo do desenvolvimento de um simulador automatizado do mecanismo dosador para sistemas de empacotamento de produtos em pó e granulados de uma empresa localizada em Cataguases, Minas Gerais analisando a viabilidade da substituição do sistema manual de empacotamento pelo sistema automatizado. Foi desenvolvido um protótipo com dimensões reduzidas do atual sistema para a realização de ensaios experimentais. A coleta de dados ocorreu no período de 10/03/2017 à 14/04/2017. Neste estudo, objetivou-se desenvolver e testar um simulador automatizado com Arduino de empacotamento avaliando propostas de melhoria. Por fim, de acordo com o estudo realizado concluiu-se que a automatização do processo em questão, trará ganhos significativos em termos de produção.*

*Palavras-chave: Dosador; Empacotamento; Automatização.*

### **1 Introdução**

A maior preocupação das empresas atualmente é como competir com grandes e repentinas mudanças no mercado. De acordo com Marino (2006), as empresas devem ofertar serviços e produtos que garantam lucros e que tenham preços competitivos atendendo as necessidades e expectativas do mercado. Para que isso ocorra é necessário que a empresa conheça bem o mercado de trabalho em que atua e utilize as melhores estratégias, tecnologia e recursos para obtenção do produto com qualidade. Segundo Maranhão (2005), a qualidade pode ser definida como um conjunto de regras que objetivam orientar os processos para que sejam realizados de maneira correta e no tempo previsto buscando alcançar o objetivo da empresa, ser competitiva no mercado conciliando qualidade e produtividade. Carvalho *et al.* (2005) elucidam de modo amplo, que um indicador de qualidade pode ser descrito como uma boa estruturação de informações que avaliam produtos, serviços ou métodos de produção.

De acordo com Oliveira (2014) grande parte das empresas que trabalham com empacotamento de produtos granulados em pó, utilizam sistemas semelhantes de enchimento, dosagem e pesagem. Um dos problemas encontrados nesse processo é o sobrepeso e o

subpeso que diretamente interferem na qualidade. Ainda conforme Oliveira (2014), a perda normalmente está entre 0,5 e a cerca de 3% do faturamento total das indústrias, podendo representar até 30% do lucro. Um exemplo é o detergente em pó, que possui uma movimentação de aproximadamente R\$2 bilhões no Brasil, equivalendo a uma perda total de sobrepeso e subpeso estimada na ordem de R\$50 milhões. Existem atualmente disponíveis no mercado equipamentos para empacotamento de produtos granulados em pó de precisão, porém são restritos a uma determinada faixa de consumidores devido ao seu alto custo de aquisição.

O presente artigo justifica-se pela necessidade do desenvolvimento e inovação de um dosador de produtos granulados em pó com precisão e de baixo custo, aumentando a produtividade de um processo de empacotamento de uma empresa localizada em Cataguases, Minas Gerais. Nesta perspectiva, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver e analisar um protótipo do sistema de empacotamento com dimensões reduzidas do atual equipamento utilizado na empresa objeto de estudo. O propósito deste trabalho é o estudo da viabilidade da transformação do processo manual de empacotamento para o processo automatizado, com a ferramenta Arduino, com a finalidade de oferecer maior praticidade e agilidade no processo de dosagem dos produtos granulados em pó.

## 2 Materiais e métodos

Utilizaram-se artigos pesquisados no Google Acadêmico e no Scielo para elaboração do presente artigo científico. Realizou-se um estudo de caso através de uma coleta dados e observações em uma empresa localizada em Cataguases, Minas Gerais. A coleta de dados sucedeu-se no período de 10/03/2017 à 14/04/2017, nos quais foram utilizadas 24 amostras por dia durante 10 dias onde contabilizou-se o tempo gasto pelo operador para encher cada pacote.

Elaborou-se um protótipo (Figura1), com dimensões reduzidas, quatro vezes, do sistema real utilizado pela empresa para empacotamento dos produtos Dicloro Granulado e Dicloro Orgânico, ambos com embalagens de 1kg. A automatização do sistema de produção deu-se através da utilização da interface *Arduino Uno*. Cavalcante (2011) define *Arduino Uno* como sendo uma plataforma criada com a finalidade de promover a ligação e interação do computador com o ambiente através da utilização de dispositivos simples e também de hardwares e softwares. O mesmo consiste em uma placa de circuitos com entradas e saídas periféricas para um microcontrolador AVR - Regulador Automático de Tensão (chip único 8 bit). Este composto por um microprocessador e memória, pode ser programado para o controle de máquinas e automações. Para a construção do modelo, também utilizou-se um cilindro pneumático simples ação 50 mm de curso da marca Festo, uma válvula eletropneumática 24 volts corrente continua 3/2 vias normal fechada da marca Festo, uma célula de carga de 2kg sensor de peso Arduino, uma placa Hx711 24bits para célula de carga peso balança sensor, uma fonte 24 volts, 1m de mangueira pneumática 4mm, 6 metros de cantoneira 1/2" x 1/2" x 3,16 mm, 2m<sup>2</sup> de mdf.



FIGURA1 – Protótipo reduzido do sistema real. Fonte: Produzido pelo autor (2017).

Acrescenta-se o uso do *software* Minitab 16 para cálculo dos dados referente ao tempo gasto por produção e o peso de cada embalagem. Conforme Cymrot e Jorge et al. (2006), o Minitab 16 é um programa de análise estatística criado em 1972. Utilizou-se ainda o *software* Rockwell Arena para modelar especificamente o processo de enchimento das embalagens. Segundo Fiorini, o funcionamento de um modelo em Arena pode ser descrito resumidamente da seguinte forma: durante a construção de um modelo, o usuário especifica todos os elementos estáticos como recursos, e outros, e também as regras de comportamento de cada etapa do processo a serem seguidas. (FIORONI 2007)

### 3. Referencial Teórico

#### 3.1 Processo de empacotamento de produtos vendidos por peso

De acordo com Oliveira (2016), o processo de empacotamento de produtos é orientado por diversas regras e normas, para que o produto siga para o mercado todos os lotes produzidos devem estar dentro de um padrão estabelecido. Os produtos que são vendidos por volume e por peso têm uma quantidade nominal e devem obedecer valores mínimos. Conforme a tabela 1, estes valores são estabelecidos pela lei brasileira do Código de Defesa do Consumidor (ref. Lei N° 5966 e Lei N° 9933 da portaria N° 096 do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio exterior). De acordo com a tabela 1 o Instituto Nacional de Metrologia, normalização e Qualidade Industrial (2000), determina que valores de  $T$  para  $Q_n$ , menor ou igual a 1000g ou ml devem ser arredondados em 0,1g ou ml para mais. Valores de  $T$  para  $Q_n$  maior que 1000g ou ml, devem ser arredondados para o inteiro superior em g ou ml.

TABELA 1 – Pesos mínimos para faixa de valores nominais.

| Conteúdo nominal $Q_n$ (g ou ml) | Tolerância Individual $T$ |         |
|----------------------------------|---------------------------|---------|
|                                  | Percentual de $Q_n$       | g ou ml |
| 5 a 50                           | 9                         | -       |
| 50 a 100                         | -                         | 4,5     |
| 100 a 200                        | 4,5                       | -       |
| 200 a 300                        | -                         | 9       |
| 300 a 500                        | 3                         | -       |
| 500 a 1000                       | -                         | 15      |
| 1000 a 10000                     | 1,5                       | -       |
| 10000 a 15000                    | -                         | 150     |
| 15000 a 25000                    | 1                         | -       |

Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, normalização e Qualidade Industrial (2000).

O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), através da Portaria nº1198/91 de 18 de Dezembro realiza inspeções para verificar o cumprimento da regulamentação. Em um supermercado qualquer, produtos são retirados da prateleira para amostragem. A quantidade de amostras é estipulada através da tabela 2, nesta tabela é estabelecido uma média para amostragem de produtos.

Para que a amostragem seja aprovada, deve-se estar de acordo com as seguintes condições:

- O peso individual de cada produto não pode estar abaixo do peso mínimo.
- A média da amostragem deve satisfazer a inequação da tabela 2.

De acordo com Moital (2016), quando a amostragem não satisfaz a inequação da tabela 2, há uma possibilidade de 99,5% da média de toda produção estar com o peso inferior do valor nominal do pacote.

TABELA 2 – Média estabelecida para amostragem de produtos.

| Lote    | Amostra do lote | Critério de aceitação para a média |
|---------|-----------------|------------------------------------|
| 5       | 5               | $\bar{x} \geq Q_n - 2,059s$        |
| 6       | 6               | $\bar{x} \geq Q_n - 1,646s$        |
| 7       | 7               | $\bar{x} \geq Q_n - 1,401s$        |
| 8       | 8               | $\bar{x} \geq Q_n - 1,237s$        |
| 9       | 9               | $\bar{x} \geq Q_n - 1,118s$        |
| 10      | 10              | $\bar{x} \geq Q_n - 1,028s$        |
| 11      | 11              | $\bar{x} \geq Q_n - 0,995s$        |
| 12      | 12              | $\bar{x} \geq Q_n - 0,897s$        |
| 13      | 13              | $\bar{x} \geq Q_n - 0,847s$        |
| 14 a 49 | 14              | $\bar{x} \geq Q_n - 0,805s$        |

$\bar{x}$  = a média da amostra

$Q_n$  = o conteúdo nominal do produto

$s$  = o desvio padrão da amostra

Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, normalização e Qualidade Industrial (2000).

A reprovação da amostragem acontece quando uma das condições não é cumprida. Nestas circunstâncias, a empresa é notificada com uma multa que aumenta exponencialmente a cada notificação recebida ao longo de um ano. De acordo com Oliveira (2014), no ano de 2013 as notificações eram estabelecidas de R\$1000,00 chegando a R\$500.000,00.

### 3.2 Dosadoras

Segundo Buratto (2011), processos de produção que necessitam pesar, ou medir a quantidade de produto em cada embalagem, utilizam diferentes tipos de máquinas de dosagem como empacotadoras, enfardadoras, sacheteiras e dosadoras. De acordo com Niva Pack (2011), equipamentos de dosagem e empacotamento devem possuir características como rapidez, versatilidade, eficiência e alto desempenho. Existem no mercado, diversos equipamentos dosadores e embaladores específicos para cada tipo de produto, porém devido ao seu alto custo de aquisição, se torna inacessível para uma determinada faixa de consumidores.

### 3.3 Interface Arduino

Segundo de Souza (2011), O Arduino é uma plataforma de hardware *open source* (código aberto), sua aplicação é classificada como fácil, ideal para criar dispositivos que permitam interação com o ambiente. Estes dispositivos utiliza-se como entrada sensores de temperatura, luz, som e entre outros, criando assim desta forma possibilidades ilimitadas. De acordo com SANTOS (2014), o principal diferencial do Arduino Uno é o fato de poder ser conectado ao computador via porta USB ou do conector para alimentação externa (recomendável 7 à 12 Vdc). Possui capacidade de interação com diversos tipos de sensores, motores, saída Leds (*Light Emitting Diode*), displays, auto-falantes e também outros tipos de equipamentos com circuitos simples de eletricidade.

SANTOS ainda afirma que:

A facilidade de manuseio aliada ao fato de ser um sistema *open source* (código aberto) tanto em *software* como em *hardware*, compatível com diversos sistemas operacionais como, *Windows*, *MacOSX* e *Linux*, fez o Arduino ganhar reconhecimento mundial, tornando-se muito popular em diversas áreas, em particular, por um número significativo de *hobistas* e artistas, pela simplicidade de automatizar e controlar equipamentos. (SANTOS, 2014, P.13)

A plataforma segundo de Souza (2011), utiliza uma camada simples de software implementada em uma placa bootloader e uma interface descomplicada no computador que utiliza a linguagem Processing, com baseada na linguagem C/C++, que também é *open source*. Por meio do bootloader, um trecho de código que indica para sistema operacional do aparelho como fazer a inicialização, exclui-se o uso de programadores para o chip (no caso a família AVR do fabricante ATMEL) proporcionando ainda mais o seu uso já que não exige compiladores ou hardware adicional. No ambiente de desenvolvimento, são disponíveis bibliotecas que concedem o interfaceamento com outros hardwares, possibilitando o completo desenvolvimento de aplicações simples e até mesmo complexas em quaisquer áreas. A plataforma original, mesmo tendo contenções de memória, possuía amplas possibilidades com seis entradas analógicas, 1 UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), I<sup>2</sup>C

(Inter-Integrated Circuit), SPI (Serial Peripheral Interface) e 6 PWMs (Pulse-Width Modulation). Hoje, na mesma linha tem-se modelos que permitem até mesmo 16 entradas analógicas, 14 PWMs, 4 UARTs, e com memória comparável a plataformas complexas como a família ARM (Advanced RISC Machine).

## 4 Resultados e discussões

Após análises preliminares foi possível identificar as seguintes situações, as amostras com sobrepeso não são reprocessadas devido ao custo do processo, quando uma amostra se encontra com peso abaixo da tolerância, ela é reprocessada no mesmo momento causando um atraso na produção. O gráfico1 desenvolvido no Minitab representa graficamente a média do processo e a amplitude do processo referentes aos dados coletados. Com base em um valor mínimo de 10,5, médio de 11,4 e máximo de 12,4 segundos para o enchimento das embalagens, verificou-se através do Arena que no processo manual são preenchidas 314 embalagens por hora contendo uma perda de aproximadamente 11433g do produto devido ao sobrepeso. Com a automatização do processo, consegue-se um tempo de 8,7segundos para o enchimento de cada embalagem, totalizando em 412 embalagens por hora, gerando um aumento de 31,21% de processos concluídos com variação máxima de 3g.

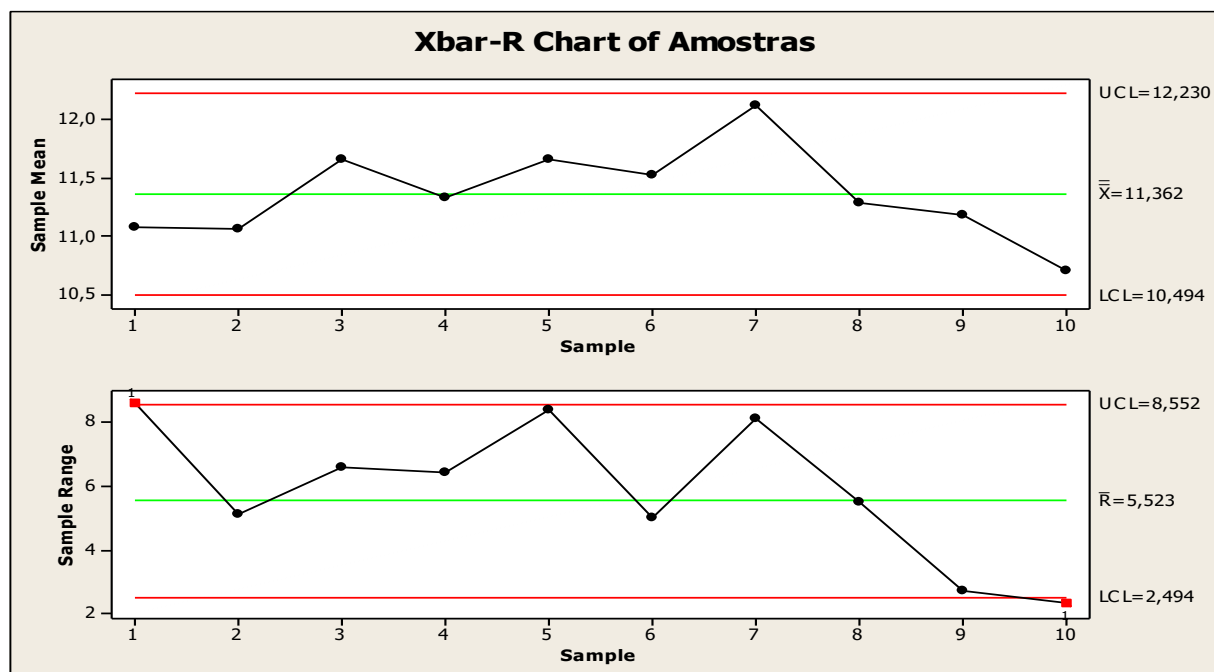


GRÁFICO 1 – Média do processo e amplitude. Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

## 5 Considerações finais

Conforme verificado nas empresas, mediante as transformações constantes no mercado, há uma necessidade de fontes alternativas de processos que garantam desenvolvimento e inovação no processo de dosagem de produtos granulados em sua fase de empacotamento. Para a elaboração esquematizada, através de um protótipo reduzido do

procedimento, utilizou-se pesquisas de trabalhos científicos no Google Acadêmico e no Scielo, e também coletas de dados na empresa objeto de estudo. A construção do protótipo deu-se utilizando um cilindro pneumático simples ação 50 mm de curso da marca Festo, uma válvula eletropneumática 24 volts corrente contínua 3/2 vias normal fechada da marca Festo, uma célula de carga de 2kg sensor de peso Arduino, uma placa Hx711 24bits para célula de carga peso balança sensor, uma fonte 24 volts, 1m de mangueira pneumática 4mm, 6 metros de cantoneira 1/2" x 1/2" x 3,16 mm, 2m<sup>2</sup> de mdf.

Com base no estudo realizado entre o método manual de empacotamento, modelo atual da companhia pesquisada, observou-se que com relação ao sobrepeso a efetividade de ganhos do equipamento seria de cerca de 31,21%. Com o cenário mais eficaz e eficiente de produção apresentado através do protótipo (em escala reduzida 4x) a gestão dos atributos seria um fator determinante em ganhos financeiros e de qualidade final dos produtos no mercado, de modo consequente ofereceria maior praticidade e agilidade. Por fim, conclui-se que possui uma viabilidade na transformação do processo manual para o processo automatizado de empacotamento com a ferramenta Arduino.

## Referências bibliográficas

- BURATTO, Raphael Prudêncio. *Seleção de mercado potenciais para a empresa nivapack na exportação de máquinas de empacotamento*. Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, Florianópolis, 2011.
- CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. *Physics with Arduino for beginners*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2011. v.33, n.4, p.4503-4503.
- CARVALHO, Marly Monteiro *et al.* *Gestão da Qualidade: teoria e casos*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. ed.2.
- CYMROT, Raquel; MANIN, Iara Jorge; LARA, Leonardo Sgarbi. *Metodologia para implantação de um laboratório de minitab, por meio da utilização de dados reais obtidos em leitura de artigos científicos*. (XXXIV COBENGE) Passo Fundo: 2006.
- DIAS, João Miguel Moital. *Accept Web–aplicação Web para controlo de enchimento de pré-embalados*. 2016. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria, Leiria, 2016.
- SOUZA, Anderson R. *et al.* *A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2011. v.33 n.1.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. *Portaria Nº 096*: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio exterior. INMETRO, 2000.
- LAY, Maria Cristina Dias; REIS, Antonio Tarcisio da Luz. *Análise quantitativa na área de estudos ambiente-comportamento*. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, 2005. vol.5, n.2, p. 21-36
- MARANHÃO, Mauriti. *ISO série 9000 (versão 2000)*: Manual de Implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. ed.8.
- MARINO, Lucia. *Gestão da qualidade e gestão do conhecimento: fatores chave para produtividade e competitividade empresarial*. (XIII SIMPEP). Bauru, 2006.
- OLIVEIRA, Rafael Couto Rodrigues *de Modelagem e simulação de sistema de embalagem e pesagem de material particulado em pó*. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2014.
- SANTOS, Elio Molisani Ferreira. *Arduino: uma ferramenta para aquisição de dados, controle e automação de experimentos de óptica em laboratório didático de física no ensino médio*. Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Cuiabá, 2014.

The header features a decorative background of various-sized gears in shades of blue and grey, arranged in a pattern that suggests mechanical or industrial processes. The gears are of different sizes and are scattered across the top of the page, with some overlapping.

# XI EEPA

XI ENCONTRO DE ENGENHARIA  
DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL

Anais ISSN - 2176-3097