

## CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO E ENGENHARIA DE MÉTODOS: UMA APLICAÇÃO CONJUNTA NA PRODUÇÃO DE PICOLÉS

### STATISTICAL PROCESS CONTROL AND METHODS ENGINEERING: A JOINT APPLICATION IN THE PRODUCTION OF POPSICLES

Tharcisia Gomes Ribeiro<sup>1</sup>  
Ana Carla de Souza Gomes dos Santos<sup>2</sup>  
Wevergton Lopes Hermsdorff<sup>3</sup>  
Sérgio Augusto Faria Salles<sup>4</sup>  
Augusto da Cunha Reis<sup>5</sup>

#### RESUMO

A engenharia de métodos permite uma análise detalhada das atividades, identificando os gargalos na produção e melhorias na produtividade e eficiência do sistema, evitando desperdícios e eliminando movimentos e recursos desnecessários. Em complemento, o gráfico de controle possibilita utilizar os dados obtidos na engenharia de métodos para identificar sinais de alarme e fora do controle. Deste modo, a pesquisa consistiu em aplicar o estudo de tempos e movimentos juntamente com o gráfico de controle para variáveis no processo produtivo de picolé em uma empresa de pequeno porte na região do Vale do Jequitinhonha em Aruçuai/MG. Para esse alcance foi realizado o mapeamento do processo, elaboração do diagrama homem-máquina, cronometragem das atividades manuais, cálculo do número de ciclos, tempo normal, fator de tolerância e tempo padrão, esse último foi utilizado para a construção dos gráficos de controle (média e amplitude). O estudo de tempos e movimentos e gráfico de controle analisados isoladamente possuem pouca contribuição para a pesquisa, porém na análise conjunta foi possível identificar o tempo das atividades, de forma sistematizada e validado estatisticamente, e evidenciar as amostras que estavam fora do controle influenciando na instabilidade do processo. Como trabalhos futuros, sugere-se uma investigação após a implantação de melhorias.

**Palavras-chave:** Engenharia de métodos. Controle estatístico do processo. Fabricação de picolé.

#### ABSTRACT

Methods Engineering allows a detailed analysis of activities, identifying bottlenecks in production and improvements in system productivity and efficiency, avoiding wastes and eliminating unnecessary movements and resources. In addition, the control chart makes it possible to use the data obtained in the Methods Engineering to identify alarm signals. In this way, the research consisted in applying the study of times and movements together with the control chart for variables in the popsicle production process in a small company in the region of Vale do Jequitinhonha in Aruçuai / MG. For this scope, the process mapping, man-machine diagram, timing of manual activities, calculation of number of cycles, normal time, tolerance factor, and standard time were used, the latter was used to construct control graphs (mean and amplitude). The study of times and movements and control chart, analyzed separately, have little contribution to the research, but in the joint analysis it was possible to identify the time of the activities,

<sup>1</sup> Bacharel em Engenharia de Produção, UFVJM, tharcisia.ribeiro@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutoranda em Engenharia de Produção e Sistemas, IFRJ e CEFET/RJ, anacarla.engenharia@gmail.com.

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, UFVJM, wevergton@gmail.com.

<sup>4</sup> Mestre em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão, IFF, safsalles@hotmail.com.

<sup>5</sup> Doutor em Engenharia de Produção, CEFET/RJ, augusto@aaa.puc-rio.br.

in a systematized form and statistically validated, and to show the samples that were out of control, influencing in the instability of the process. As future work, it is suggested an investigation after the implementation of improvements.

**Keywords:** Methods Engineering. Statistical Process Control. Popsicle Fabrication.

## 1 INTRODUÇÃO

As empresas preocupadas com a recente crise econômica enfrentada pelo país buscam aperfeiçoar, padronizar e simplificar seus métodos de trabalho por meio da eliminação de movimentos desnecessários tem sido fatores fundamentais, além de aumentar a produtividade e eficiência dos processos de maneira mais econômica (SANTOS et al., 2015).

Nesse contexto, a Engenharia de Métodos, com o estudo de tempos e movimentos, revela-se como um método capaz de identificar gargalos na produção, conduzindo a melhoria da produtividade do sistema, evitando desperdícios e eliminando fatores ineficazes no tempo, no trabalho e nos materiais (NOOR et al., 2014; CAI; TSENG; HUANG, 2017). Ela possibilita uma análise detalhada de cada operação, permitindo eliminar movimentos desnecessários e determinar assim o melhor e mais eficiente método de execução (ARAUJO et al., 2016; XAVIER et al., 2016).

Em complemento, a Engenharia de Métodos apresenta ferramentas e conceitos que contribuem para melhores resultados nas atividades exercidas no processo produtivo, os quais são alcançados por meio da busca e seleção dos melhores métodos de produção e na redução de tempo gasto (BARNES, 1977).

Segundo Barnes (1977), os Gráficos de Controle possibilitam o registro e análise dos dados coletados, revelando se o processo está ou não sob controle e indicando um dado anormal durante o estudo, que não são claramente detectadas durante a cronometragem (PINHEIRO et al., 2012; SHIMOMAEBARA et al., 2015). Permite também assegurar de forma eficaz se as cronometragens são válidas para que não indiquem alterações indevidas no ritmo de produção (PINHEIRO et al., 2012; SHIMOMAEBARA et al., 2015).

Deste modo, o problema que norteou a pesquisa foi o seguinte: Como analisar o comportamento de atividades manuais que são realizadas de forma repetitiva por operadores distintos com alto grau de liberdade para executar os movimentos?

Sendo assim, a Engenharia de Métodos juntamente com o Gráfico de Controle permite um melhor aproveitamento e diagnóstico dos resultados informados, evitando ajustes desnecessários (BARNES, 1977; MONTGOMERY, 2009).

Nesse contexto, o objetivo da presente pesquisa consiste em aplicar de maneira integrada o estudo de tempos e movimentos e o gráfico de controle para variáveis no processo produtivo de picolé em uma empresa de pequeno porte na região do Vale do Jequitinhonha em Aruçuaí/MG.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Inicia-se o referencial teórico pela metodologia de aplicação da engenharia de métodos.

## 2.1 Metodologia de aplicação da engenharia de métodos

Dentro da engenharia de métodos existem três principais métodos para a determinação do tempo padrão do ciclo de operação para os processos manuais: Cronoanálise (Observação Direta), Tempos Predeterminados (Tempos Sintéticos) e Amostragem do Trabalho (RAZMI; SHAKHS-NIYAEI, 2008; NABI; MAHMUD; ISLAM, 2015; PATEL, 2015; STAROVOYTOVA, 2017). De acordo com Martins e Laugeni (2005), a escolha dos métodos é feita pela disponibilidade de dados, objetivos da medição ou por determinação da própria empresa de estudo.

A cronoanálise é o procedimento mais utilizado na indústria para a medida do trabalho. Este método permite compreender de forma detalhada o que ocorre durante o processo produtivo, identificando pontos de ineficiências (ritmo do operador, níveis de fadiga), possibilitando assim um estudo de melhoria da produtividade e capacidade produtiva da empresa (BARNES, 1977; WEISE et al., 2013; REZENDE; MARTINS; ROCHA, 2016; SOTSEK; BONDUELLE, 2016; MAKOSKI; FAVERO, 2017). No entanto, Razmi e Shakh

Niykee (2008) ressaltam que a cronoanálise exige observação direta da linha de produção, tornando o estudo dispendioso e demorado, e conseqüentemente um método tedioso, além de ser aplicado somente para a linha de produção existente.

O principal objetivo da cronoanálise é determinar, com o uso de cronômetro, o tempo padrão que um operador leva efetivamente para realizar uma tarefa. De acordo com Akansel, Yagmahan e Emel (2017), o tempo padrão é o tempo necessário para um operador totalmente qualificado e treinado leva para executar a operação, trabalhando a um ritmo padrão e exercendo um esforço médio.

O melhor modo para determinar o tempo padrão de uma atividade é subdividi-la em elementos menores. O objetivo dessa divisão é permitir que as atividades sejam facilmente identificadas, bem como movimentos desnecessários e demais falhas existentes no processo, medidas com maior precisão durante o estudo (MARTINS; LAUGENI, 2005; CORRÊA & CORRÊA, 2005; PEINADO; GRAEML, 2007; PARMAR; PARTH; SHINGALA, 2016).

Barnes (1977) e Moreira (2006) justificam que a divisão da operação em elementos menores possibilita avaliar o ritmo e/ou eficiência do operador, que pode variar de elemento para elemento durante a cronometragem, além de servir como registro do método padronizado.

Contudo, deve sempre ter o cuidado de ter uma quantidade equilibrada de elementos divididos, além de pontos de início e fim bem definidos e com duração razoável para que possa ser lido pelo cronômetro no tempo correto (GAUNIYAL; PANT; AGARWAL, 2014; PARMAR; PARTH; SHINGALA, 2016).

O ciclo é a realização completa de uma tarefa pelo operário, com início e fim definidos. Por exemplo, é o tempo de retirar parte de uma primeira peça até o toque na próxima peça (NABI; MAHMUD; ISLAM, 2015). De acordo com Moreira (2006), a quantidade de ciclos ou número de cronometragens dependerá de três fatores: a variabilidade dos tempos, a precisão desejada e o nível de confiança sobre a medida.

Peinado e Graeml (2007) afirmam que apenas uma cronometragem de tempo não é suficiente para determinar o tempo de uma atividade, sendo imprescindível a coleta de várias cronometragens para obter uma média aritmética dos tempos.

Martins e Laugeni (2005) expõem que devem se realizar entre 10 a 20 cronometragens para determinar o tempo padrão de uma operação. Entretanto, estes autores citam que a melhor maneira para determinar o número de ciclos a serem realizados no estudo de tempos é realizada pela Equação 1.

$$N = \left( \frac{Z \times R}{Er \times d_2 \times \bar{x}} \right)^2 \quad (1)$$

Em que,

$N$  = Número de ciclos a serem cronometrados;

$Z$  = Coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada;

$R$  = Amplitude da amostra;

$E_r$  = Erro relativo da medida;

$d_2$  = Coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente;

$\bar{x}$  = Média dos valores das observações.

Para a utilização dessa expressão, cronometragens prévias devem ser realizadas, a fim de obter a média ( $\bar{x}$ ) e a amplitude ( $R$ ). Os valores de  $Z$  e de  $d_2$  utilizados no cálculo do número de ciclos são apresentados nas Tabelas 1 e 2 (PEINADO; GRAEML, 2007).

Tabela 1- Coeficientes de distribuição normal

Probabilidade	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
$Z$	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96	2,05	2,17	2,33	2,58

Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007)

Tabela 2 - Coeficiente para o número de cronometragens

$N$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_2$	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007)

Caso o valor de  $N$  seja superior ao número de elementos cronometrados, serão necessárias novas cronometragens até que se obtenha a quantidade mínima fornecida pela fórmula, a fim de manter o nível de confiabilidade previamente estabelecido (MOREIRA, 2006).

Parmar, Parth e Shingala (2016) expõem que o tempo cronometrado pode não ser o tempo real necessário que o operador leva para executar a tarefa, pois é preciso levar em conta o ritmo de trabalho inerente a ele. Esse tempo real é denominado na literatura de tempo normal quando a análise se refere à execução individual dos operadores (MOREIRA, 2006; PEINADO; GRAEML, 2007).

O tempo normal é a quantidade de tempo necessário para completar um trabalho específico ou operação em condições existentes, usando o método especificado e padronizado a uma velocidade normal durante um dia típico de trabalho, sem fadiga indevida, com abundância de tarefas repetitivas, feita por operador qualificado (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; MOREIRA, 2006; NABI; MAHMUD; ISLAM, 2015; PARMAR; PARTH; SHINGALA, 2016).

Assim, Barnes (1977) e Peinado e Graeml (2007) expõem que o tempo normal (TN) é o tempo cronometrado (TC) multiplicado pelo ritmo ( $v$ ) do operador, conforme Equação 2.

$$TN = TC \cdot v \quad (2)$$

Essa velocidade do operador é a taxa de desempenho avaliado pelo ponto de vista que o observador (cronoanalista) tem sobre ritmo padrão (MOKTADIR et al., 2017). Peinado e Graeml (2007) e Parmar, Parth e Shingala (2016) ressaltam que por se tratar de uma avaliação intuitiva, o cronoanalista deve ser treinado para conhecer as velocidades normais dos operadores dentro da empresa ou obter a informação com o supervisor do setor a respeito do ritmo.

Barnes (1977) afirma que a avaliação do ritmo do operador é a etapa mais difícil e mais importante do estudo do tempo. Ainda, Martins e Laugeni (2005) ressaltam que a velocidade do operador deve ser determinada subjetivamente, a qual é atribuída um valor de 0 a 1. No entanto, Gauniyal, Pant e Agarwal (2014) esclarecem que não é garantido que todos os operadores trabalhem dentro do tempo calculado e com o mesmo ritmo de operação.

Durante a jornada de trabalho haverá diversas interrupções devido às causas que são inevitáveis e inerentes ao processo e/ou operador. Essas interrupções causam atrasos de ordem natural ou relacionada ao trabalho e não se deve atribuir e nem mesmo culpar o operador por tais atrasos. Faz-se necessário então determinar um tempo para as pausas para cada tipo de atraso (MARTINS; LAUGENI, 2005; GAUNIYAL; PANT; AGARWAL, 2014; PARMAR; PARTH; SHINGALA, 2016).

Desse modo, são adicionados fatores de tolerância ao tempo normal devido essas interrupções que ocorrem durante o dia de trabalho para obter o tempo padrão final. Essas tolerâncias são classificadas em tolerância pessoal, tolerância para a fadiga ou tolerância de espera (BARNES, 1977; GAUNIYAL; PANT; AGARWAL, 2014; NABI; MAHMUD; ISLAM, 2015; PARMAR; PARTH; SHINGALA, 2016; STAROVOYTOVA, 2017).

Em relação à tolerância para atendimento às necessidades pessoais, Martins e Laugeni (2005) consideram suficiente um tempo entre 10min e 25min (5% aproximadamente) por dia de trabalho de 8 horas. Starovoytova (2017) acrescenta que essa tolerância pode variar em até 5% para homens e 7% para mulheres. Peinado e Graeml (2007) destacam que por se tratarem de necessidades fisiológicas do organismo, estas devem ser consideradas em primeiro lugar ressaltando que é importante observar a natureza e ambiente que o indivíduo está trabalhando.

Uma vez que a fadiga é proveniente não somente do trabalho realizado, mas também das condições ambientais do local de trabalho (excesso de ruído, iluminação precária, conforto térmico inadequado, vibrações, desrespeito à ergonomia nos postos de trabalho, entre outros), as tolerâncias cedidas devem variar entre 10% (trabalhos leves) a 50% (trabalhos pesados) (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Barnes (1977) afirma que as tolerâncias por esperas podem ser evitáveis ou inevitáveis, sendo que as esperas feitas intencionalmente pelo operador, que são inevitáveis, não serão consideradas, já as esperas evitáveis (pausas de maquinário, falta de material, falta de energia, por exemplo) são incluídas no tempo padrão. Essas esperas evitáveis não devem ultrapassar 5% por dia de trabalho, segundo Starovoytova (2017).

Peinado e Graeml (2007) e Parmar, Parth e Shingala (2016) complementam que em muitos casos a tolerância é atribuída em função da política da empresa que é concedida ao funcionário. Em tal caso, determina a porcentagem do tempo ( $p$ ) concedida em relação ao tempo de trabalho diário e calcula-se o fator de tolerância (FT) (FONSECA et al., 2017) detalhados nas Equações 3 e 4.

$$p = \frac{\sum \text{tempo de paradas}}{\text{tempo total do turno de trabalho}} \quad (3)$$

$$FT = \frac{1}{1-p} \quad (4)$$

Starovoytova (2017) acrescenta outros dois tipos de tolerâncias que as empresas podem agregar de acordo com as normas e diretrizes das mesmas, sendo tolerância extra (destinado à limpeza, manutenção de ferramentas) e tolerância de política (destinado a novos empregados, operadores especiais, trabalhadores em serviço leve). A autora ressalta que essas concessões devem ser usadas em situações claramente definidas e com máximo cuidado.

De acordo com Akansel, Yagmahan e Emel (2017), a medição do trabalho baseia-se no estabelecimento de um padrão de tempo real permitido para a execução de uma operação.

Barnes (1977) sugere que o tempo padrão (TP) contenha a duração de todos os elementos da operação e que inclua as tolerâncias durante a operação para uma avaliação global do estudo.

Cruz (2008) relata que o tempo padrão permite analisar a capacidade produtiva de determinado processo considerando todos os elementos que tem impacto no tempo necessário para a fabricação de um produto. Tigrinho (2009), por sua vez, diz que o tempo padrão é o tempo utilizado para a determinação da capacidade de trabalho de um processo produtivo, em atividades exclusivamente manuais ou na interação homem-máquina.

Para Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 259), o tempo padrão “é uma extensão do tempo básico”, sendo a multiplicação do tempo normal pelo fator de tolerância. Peinado e Graeml (2007) e Martins e Laugení (2005) apresentam a Equação 5 para calcular o tempo padrão.

$$TP = TN \cdot FT \quad (5)$$

De acordo com Cruz (2008), não é atraente determinar o tempo padrão baseando-se em funcionários com habilidades acima ou abaixo da média, uma vez que não representaria de fato a realidade cotidiana da maioria dos funcionários. Starovoytova (2017) complementa que a atividade deve ser feita por um operador médio, qualificado, experiente, em condições normais, num ritmo que não seja rápido nem lento.

## 2.2 Gráficos de controle

O gráfico de controle, também nomeada na literatura como carta de controle, é uma representação gráfica que mostra como um determinado indicador varia no tempo, elaborada a partir de uma amostra do processo. São amplamente empregadas no monitoramento de propriedades de um processo devido a simplicidade e eficiência operacional, sendo considerada uma das ferramentas mais importantes da qualidade. Podem ser classificadas em dois tipos: gráfico de controle para variáveis e gráficos de controle para atributos (MAGALHÃES; MOURA NETO, 2011; SOUZA; PEDRINI; CATEN, 2014).

Os gráficos de controle para atributos são aplicadas onde as características são expressas qualitativamente, ou seja, quando essas características analisadas não são representadas numericamente, podendo ser classificadas em conforme ou não conforme (SOUZA; RIGÃO, 2005; SOUZA; PEDRINI; CATEN, 2014; PEREZ; PAULISTA, 2015; MENEZES et al., 2016).

São aplicadas em grande maioria em processos administrativos ou quando, por alguma razão, deseja-se evitar seus valores. Nesse contexto, usualmente a gerência costuma simplificar resultados de dados históricos, empregando dados do tipo atributos (MAGALHÃES; MOURA NETO, 2011; SOUZA; PEDRINI; CATEN, 2014).

Os gráficos de controle para variáveis são aplicados onde as características de qualidade possam ser medidas quantitativamente. Podem ser, por exemplo, dimensões de peças, volume, peso, dentre outros. Assim percebe-se o seu amplo espaço de aplicação, já que diversos tipos

de processos possuem esses tipos de características (MAGALHÃES; MOURA NETO, 2011; SOUZA; PEDRINI; CATEN, 2014; SILVA; SOUSA; CAMPOS, 2016).

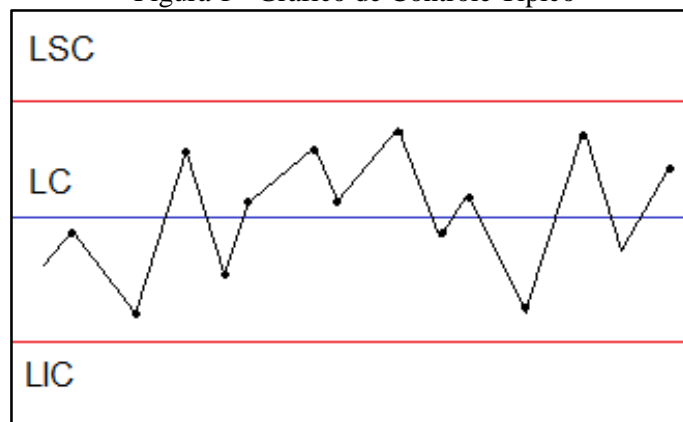
Os gráficos de controle para variáveis são mais utilizados que os gráficos de controle para atributos, pois possuem informações mais concretas, trabalhando com amostras pequenas, permitindo identificar de forma mais rápida as causas que afetam a estabilidade do processo (REBELATO et al., 2006; SOUZA; PEDRINI; CATEN, 2014).

Segundo Montgomery e Runger (2009), os gráficos de controle para variáveis são gráfico para médias (geralmente chamado de gráfico de  $\bar{x}$  (x barra)), utilizado para o controle do valor médio do desempenho do processo, gráfico da amplitude (gráfico  $R$ ) ou gráfico de desvio padrão (gráfico  $S$  ou  $\sigma$ ), sendo o gráfico da amplitude mais utilizado, pelo fato de que, na maioria das vezes, o desvio padrão do processo não é conhecido (CASTRO et al., 2012).

Os gráficos de controle são representados por três linhas: a primeira define o limite superior de controle (LSC), a segunda é uma linha central denominada linha da média (LC ou LM) e por fim, a terceira representa o limite inferior de controle (LIC). Essas linhas servem para verificar se a característica em análise encontra-se dentro dos limites de controle e perceber a sua variabilidade (MONTGOMERY; RUNGER, 2009; MORO et al., 2016; PEREZ; PAULISTA, 2015; LEITE et al., 2017).

Em geral, quando as amostras estão dentro dos limites de controle, significa que o processo está controlado. Na representação gráfica, cada ponto representa uma amostra e é segmentada por uma linha para facilitar a identificação da ordem sequencial, como mostra a Figura 1 (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

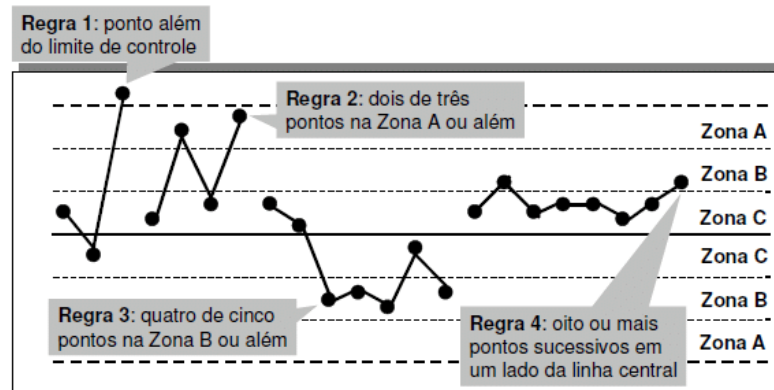
Figura 1 - Gráfico de Controle Típico



Fonte: Adaptado de Montgomery (2005)

Quando aparecem pontos fora dos limites de controle ou quando ocorre algum comportamento não aleatório, supõe-se que o processo possa estar fora de controle estatístico. Identificar esses padrões não aleatórios não é uma tarefa tão fácil. Assim a *Western Electric Company* (1956) apresenta quatro regras (FIGURA 2) que auxilia na detecção desses padrões de comportamento nos gráficos de controle (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

Figura 2 - Regras da Western Electric Company



Fonte: Konrath (2008)

Montgomery (2005) apresenta mais seis regras complementares, conhecidas como regras sensibilizantes. No entanto, segundo o mesmo autor, elas devem ser utilizadas com atenção, para que não ocorra grande número de alarmes falsos, diminuindo a seriedade do processo, sendo necessário, nesses casos, coletar novas amostras. São elas: Seis pontos em sequência crescente ou decrescente; Quinze pontos em sequência na zona C; Quatorze pontos em sequência alternada para cima e para baixo; Oito pontos em sequência de ambos os lados da linha central, com nenhum na zona C; Um padrão não-usual ou não aleatório nos dados; Um ou mais pontos perto dos limites de alerta (zona B) ou de controle (zona A).

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), para determinar os limites de controle necessita estimar os valores da média geral ( $\bar{x}$ ) e da amplitude ( $R$ ) usando  $m$  amostras de tamanho  $n$ . Em seguida, é calculada a média das médias das amostras ( $\bar{\bar{x}}$ ), ou seja, o somatório das médias aritméticas divididas pelo número de amostras. Analogamente, é o cálculo para a média das amplitudes ( $\bar{R}$ ) (SOUZA; PEDRINI; CATEN, 2014).

Uma vez calculada a  $\bar{\bar{x}}$ , os limites de controle para o gráfico de  $\bar{x}$  podem ser obtidos da seguinte maneira (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009), conforme Equações 6, 7 e 8.

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + (A_2 \cdot \bar{R}) \quad (6)$$

$$LC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} \quad (7)$$

$$LIC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - (A_2 \cdot \bar{R}) \quad (8)$$

Para o Gráfico de R, os limites de controle são calculados segundo as Equações 9, 10 e 11.

$$LSC_{\bar{R}} = D_4 \cdot \bar{R} \quad (9)$$

$$LC_{\bar{R}} = \bar{R} \quad (10)$$

$$LIC_{\bar{R}} = D_3 \cdot \bar{R} \quad (11)$$

Os coeficientes  $A_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$  são tabelados em função do número de cronometragens.



### 3 MÉTODO

A empresa estudada está localizada no interior da região do Vale do Jequitinhonha, Aruçuai/MG, tendo iniciado suas atividades em maio de 2014, e desde então vem se consolidando no mercado de gelados comestíveis (picolé e sorvete) com excelência em suas atividades e produtos.

Além da fábrica, a empresa baseia-se no modelo Sorveteria *Self Service* com 37 sorveterias parceiras e 245 pontos de venda, atendendo 68 cidades de Minas Gerais. Possui mais de 10 linhas de sorvetes e picolés de variados volumes em seu *mix* de produtos com mais de 50 sabores diferentes.

A empresa não possui estrutura organizacional definida e os departamentos são alinhados no mesmo nível de gerência, onde os líderes de todos os setores se comunicam entre si. Isso conduz a uma maior autonomia de cada setor, tornando-a uma organização descentralizada de hierarquia e com mais flexibilidade dos processos.

Para a elaboração deste trabalho, foram feitas as seguintes etapas de execução de estudo. Na etapa inicial foi feita visita técnica guiada pela gerente de produção da fábrica, a fim de compreender e registrar informações das etapas de produção. Foram obtidas informações tanto pelo setor produtivo quanto comercial para definir a linha de produção e o produto a serem analisados.

Embora a fábrica seja de gelados comestíveis, este estudo se restringiu a linha de produção de picolé, setor que possui maior número de operadores e cuja produção diária pode chegar a 5.000 picolés.

Após análise inicial, foi determinada que a linha de produção de picolé sabor napolitano fosse alvo do estudo, pois é o produto com maior volume de vendas e a empresa possui apenas 10 formas, o que limita sua capacidade produtiva diária, obrigando a empresa produzir em mais variados dias, o que permitiu maiores coletas de dados.

Foram realizadas observações *in loco* dos quatro funcionários em suas respectivas funções na linha de produção. Em seguida, foi realizado um mapeamento do processo produtivo do picolé napolitano por meio de um fluxograma a fim de identificar as atividades manuais e dividir em elementos menores para serem mensurados e analisados por meio do estudo de tempos e movimentos e gráficos de controle para variáveis.

Em seguida, foi elaborado um diagrama homem-máquina com o objetivo de distinguir as atividades que são exercidas apenas por operadores, apenas por máquinas ou por ambos.

A coleta dos tempos foi realizada com o auxílio de um cronômetro de hora centesimal disponibilizado pela empresa, folha de observação e uma prancheta. Foram coletadas cinco amostras com dez cronometragens cada, em dias aleatórios, de acordo com a disponibilidade da empresa. Os dados coletados foram anotados na folha de observação durante as observações. Após a coleta de dados, os dados foram tabulados para uma planilha do *software Microsoft Office Excel*.

Em seguida, foi calculado o valor de  $N$  (número de ciclos), com a finalidade de manter o nível de confiabilidade e confirmar que a quantidade de cronometragens feitas foi suficiente para este estudo. Para efeitos de cálculos, utilizou  $Z = 1,65$ ,  $Er = 0,01$  e o valor de  $d_2$  correspondente a 10 cronometragens foi de 3,078.

Após o cálculo de  $N$ , foram calculadas as médias de cada atividade. Uma vez que os dados coletados totalizaram em 50 cronometragens para cada atividade, o TN pode ser calculado como a média total final (média da atividade), como propõe Fonseca e Lacerda (2016). Mesmo havendo variação nos valores coletados, por se tratar de uma grande amostragem, os valores irão convergir para o valor médio, considerando uma distribuição normal dos dados, diluindo todas variabilidades de tempos individuais e ritmos.

Para admitir que essa afirmação seja verdadeira, testes estatísticos foram realizados para confirmar que a amostra estudada é probabilisticamente representativa. Miot (2011) descreve na Equação 12 o cálculo do tamanho amostral para populações finitas (<10000).

$$n = \frac{N \cdot \delta^2 \cdot Z^2}{(N-1) \cdot E^2 + \delta^2 \cdot Z^2} \text{ População finita (<10000)} \quad (12)$$

Em que,

$n$ : Tamanho da amostra;

$Z$ : Valor crítico para o grau de confiança desejado;

$\delta$ : Desvio padrão populacional da variável;

$E$ : Erro padrão;

$N$ : Tamanho da população (finita).

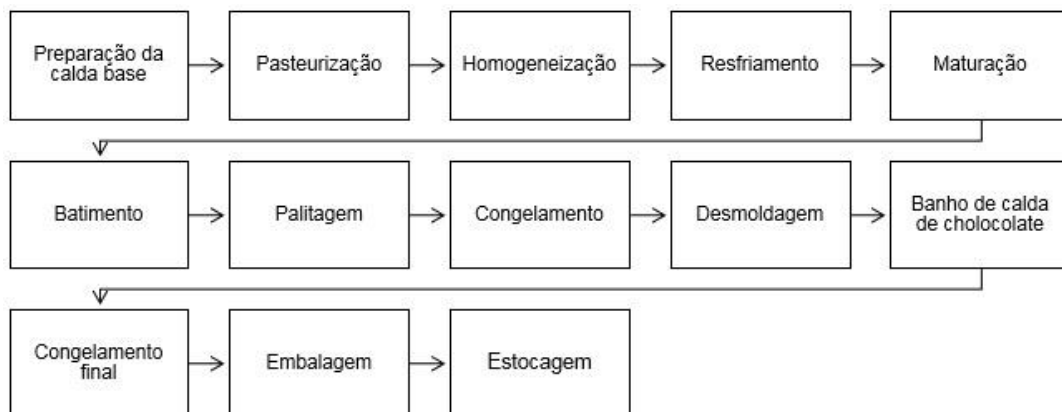
Foi utilizado um  $Z$  para 90% de grau de confiança, 10% de erro e uma população de 50 cronometragens.

O próximo passo consistiu em calcular o fator de tolerância. A empresa concede 15 minutos no período da manhã, que é destinado para descanso e café da manhã em conjunto, durante uma jornada de trabalho de 8 horas diárias. No entanto, como essa tolerância ocorre antes do início da produção, foram adicionadas as tolerâncias de acordo com os aspectos observados, seguindo as tabelas que se encontram no Anexo A. Posteriormente, foi calculado o tempo padrão (TP) de cada atividade. Utilizando os dados cronometrados, foi efetuado o somatório das atividades do processo produtivo em cada amostra. E em seguida, foi calculada a média e a amplitude por amostra e obteve-se a média das médias ( $\bar{\bar{x}}$ ) e a média das amplitudes ( $\bar{R}$ ) para a elaboração dos gráficos de controle para variáveis (média e amplitude).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de fabricação do picolé napolitano da empresa em questão é apresentado com o uso do fluxograma, representado pela Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma do processo de fabricação do picolé



Fonte: Elaborado pelos autores

As etapas preparação da calda base, pasteurização, homogeneização, resfriamento e maturação são comuns ao processo produtivo de sorvete e picolé, independente do sabor. Portanto, a pesquisa se delimita a partir da etapa batimento. Nessa etapa, os saborizantes são adicionados à calda base e então batidos no liquidificador. Para o picolé napolitano são feitas duas misturas na etapa: um sabor leite condensado e outro sabor morango.

Primeiramente, é colocada nas formas a calda sabor leite condensado até a sua metade com o auxílio de um copo dosador. Cada forma possui 28 compartimentos. Em seguida, são colocados os suportes, cada um com 28 palitos nas formas de picolé e então colocados na picoleteira para a primeira parte da etapa congelamento.

Após esse primeiro congelamento, as formas são retiradas da picoleteira e completadas com a calda sabor morango. As formas são novamente colocadas na picoleteira para o término do congelamento.

Ao atingir o ponto de congelamento, os picolés são desmoldados das formas por meio de choque térmico suspensos em água quente. Em seguida, as pontas dos picolés são banhadas em calda de chocolate quente que entra em choque com o picolé congelado transformando em uma pequena casquinha.

Em uma bandeja, os picolés são desprendidos dos suportes e levados ao freezer para o não derretimento, até que os mesmos estejam todos prontos. O operador então retira as bandejas do freezer e encaminha os picolés para a máquina de embalar.




Depois de embalados são colocados nas caixas em que são vendidos, onde recebem identificação do sabor e encaminhados para serem estocados na câmara fria.

Por meio das observações *in loco*, as etapas foram divididas em elementos menores: Palitagem – colocar os palitos no suporte e prendê-los no extrator; Lavar as formas; Tirar calda da tina de maturação; Encher formas – sabor leite condensado; Encher formas – sabor morango; Desenformar; Passar calda de chocolate quente; Montar caixas; Armazenagem dos picolés nas caixas e; Fechar caixas.

Foi elaborado um diagrama homem-máquina, conforme Quadro 1, apresentando o processo e diferenciando as atividades que são exercidas apenas por operadores, apenas por máquinas ou que ocorrem simultaneamente. No diagrama observa-se a existência de uma alta carga de trabalho manual sobre o operador no processo produtivo, ressaltando a importância das ferramentas selecionadas para o estudo de caso.

Quadro 1 - Diagrama Homem-Máquina

Processo: Produção de Picolé		
Atividades	Operador	Máquina
Palitagem		
Lavar as formas		
Tirar calda da tina		
Encher formas - sabor leite cond.		
Congelamento		
Encher formas - sabor morango		
Desenformar		
Passar calda de chocolate		
Montar caixas		
Embalamento		
Armazenar picolés nas caixas		
Fechar caixas		

Legenda		Atividade independente
		Atividade em espera
		Atividade combinada

Fonte: Elaborado pelos autores

Foram cronometradas cinco amostras com dez cronometragens nos processos manuais envolvidos na produção do picolé, feitas em dias aleatórios. As tabelas com todas as cronometragens estão detalhadas no Apêndice A. Para manter sigilo, os operadores foram representados por numeradores romanos.

Após as cronometragens foi calculado o valor de N (número de ciclos). Na Tabela 3 constam os valores de N obtidos.

Tabela 3 - Números de Ciclos

Atividades	OP	Amostras				
		I	II	III	IV	V
Palitagem	I	4	10	6	1	4
Lavar as formas	IV	4	5	5	10	7
Tirar calda da tina	II	2	2	1	2	3
	IV	3	8	4	5	3
Encher formas - sabor leite cond.	II	1	8	2	3	1
	IV	3	4	5	6	9
Encher formas - sabor morango	I	3	7	2	9	5
	II	4	9	3	4	4
Desenformar	II	2	7	5	4	2
	IV	4	6	7	3	3
Passar calda de chocolate	II	1	6	7	7	7
	IV	4	9	7	5	5
Montar caixas	III	3	5	7	6	6
Armazenar picolés nas caixas	III	1	2	1	3	7
Fechar caixas	III	2	8	7	2	7

Fonte: Elaborado pelos autores

Como consta na Tabela 3, os valores de N não ultrapassam 10 cronometragens, o que significa que é estatisticamente viável utilizar os dados coletados para as análises posteriores.

Após as cronometragens, foram calculadas as médias de cada atividade. Na Tabela 4 constam as médias de tempo gasto nas atividades de cada operador por amostra e a média das atividades. Para as atividades que contém dois operadores, foi feita a média das médias de tempo gasto desses operadores.

Tabela 4 - Médias das Cronometragens (Tempo cronometrado em segundos)

Atividades	OP	Amostras					Média da atividade
		I	II	III	IV	V	
Palitagem	I	23,31	24,68	23,54	24,46	22,09	<b>23,62</b>
Lavar as formas	IV	11,90	16,41	21,57	14,10	12,81	<b>15,36</b>
Tirar calda da tina	II	17,28	13,69	12,22	12,01	12,31	<b>14,39</b>
	IV	12,81	17,57	14,64	15,61	15,72	
Encher formas - sabor leite cond.	II	11,31	16,67	9,64	11,11	11,68	<b>14,06</b>
	IV	16,59	15,57	16,10	15,82	16,13	
Encher formas - sabor morango	I	13,67	15,17	17,22	21,89	17,53	<b>18,00</b>
	II	17,78	19,68	21,20	18,42	17,48	
Desenformar	II	10,40	7,90	12,12	9,82	10,94	<b>9,49</b>
	IV	9,20	8,11	8,27	9,25	8,92	
Passar calda de chocolate	II	12,82	16,89	18,15	10,83	11,67	<b>12,60</b>
	IV	10,48	13,25	9,62	10,60	11,67	
Montar caixas	III	6,54	8,28	7,30	7,92	7,81	<b>7,57</b>
Armazenar picolés nas caixas	III	41,86	41,87	40,01	41,37	42,07	<b>41,44</b>
Fechar caixas	III	7,89	8,04	7,82	7,89	7,65	<b>7,85</b>

Fonte: Elaborado pelos autores

O tempo normal (TN) dos operadores se refere ao tempo que os mesmos realizam dentro do próprio ritmo de execução. Com objetivo de considerar as médias obtidas de cada operador nas respectivas atividades na Tabela 4 como tempo normal, foi calculado o tamanho amostral.

Assim, conforme Tabela 5 pode-se destacar que por meio dos resultados obtidos, todos os valores calculados para as atividades são inferiores à quantidade de amostras já coletadas, portanto considera-se o TN final como a média das médias amostrais.

Tabela 5 - Tamanho da Amostra

Atividades	OP	População finita
Palitagem	I	49,15
Lavar as formas	V	49,48
Tirar calda da tina	II	48,29
	V	48,57
Encher formas - sabor leite cond.	II	48,94
	V	47,87
Encher formas - sabor morango	I	49,40
	II	48,79
Desenformar	II	47,56
	V	44,78
Colocar calda de chocolate	II	49,29
	V	48,27
Montar caixas	III	44,57
Armazenar picolés nas caixas	III	49,35
Fechar caixas	III	43,11

Fonte: Elaborado pelos autores

É necessário definir os fatores que interferem no desempenho dos operadores para o cálculo do tempo padrão (TP). Na empresa de estudo, durante uma jornada de trabalho de 8 horas diárias, é concedido 15 minutos no período da manhã, que é destinado para descanso e café da manhã em conjunto. No entanto, como essa tolerância ocorre antes do início da produção, foram adicionadas as tolerâncias de acordo com os aspectos observados, seguindo as tabelas que se encontram no Anexo A, resumida na Tabela 6.

Tabela 6 - Tolerâncias Identificadas

Tolerâncias Adicionadas	
Tolerâncias pessoais	5%
Tolerância para fadiga	4%
Esforço físico (Trabalho em pé e uso de força muscular)	5,4%
<b>Total</b>	<b>14,4%</b>

Fonte: Elaborado pelos autores

Após a determinação das tolerâncias e suas porcentagens, foi calculado o FT, resultando no valor de 1,17.

Para o cálculo do tempo padrão (TP), são necessários os tempos cronometrados, conforme Tabela 7, e o FT. Portanto, a Tabela 7 apresenta os valores (em segundos) do TP obtidos para cada atividade.

Tabela 7 – Tempo Padrão

Atividades	TP
Palitagem	27,59
Lavar as formas	17,94
Tirar calda da tina	16,81
Encher formas - sabor leite cond.	16,43
Encher formas - sabor morango	21,03
Desenformar	11,07
Passar calda de chocolate	14,72
Montar caixas	8,84
Armazenar picolés nas caixas	48,41
Fechar caixas	9,18

Fonte: Elaborado pelos autores

Pode-se determinar também o tempo padrão do operador em cada atividade e tempo padrão da empresa, conforme apresentado por Fonseca et al. (2017). No entanto, não é o objetivo desse estudo. A análise por operador só é viável quando se pretende fazer comparações dos tempos desses operadores em cada atividade. Contudo, a empresa não deve descartar essa possibilidade para continuação e melhoria desse estudo.

A análise dos dados cronometrados, por meio de gráficos de controle, permite identificar anormalidades durante o estudo e verificar se o processo está sob controle.

Calculou-se então a média e a amplitude das dez cronometragens em cada amostra. Em seguida, obteve-se a média das médias ( $\bar{\bar{x}}$ ) e a média das amplitudes ( $\bar{R}$ ) das amostras. Esses valores são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Tempo Total e Valores de  $\bar{\bar{x}}$  e  $\bar{R}$  das Atividades

Cronometragens	Amostras				
	I	II	III	IV	V
1	159,05	171,09	161,52	155,87	160,81
2	160,92	179,62	166,39	161,98	162,83
3	156,55	177,65	171,36	163,97	164,74
4	151,29	180,84	165,04	181,30	163,03
5	160,99	176,54	171,27	167,20	155,94
6	153,17	167,98	170,56	156,25	154,64
7	158,89	171,26	163,70	164,36	154,02
8	155,90	172,08	171,43	158,18	158,48
9	161,82	165,26	173,27	161,78	156,69
10	158,11	152,94	183,79	163,29	163,39
<b>Médias</b>	<b>157,67</b>	<b>171,52</b>	<b>169,83</b>	<b>163,42</b>	<b>159,45</b>
$\bar{\bar{x}}$	164,38				
<b>Amplitudes</b>	<b>10,53</b>	<b>27,91</b>	<b>22,28</b>	<b>25,44</b>	<b>10,72</b>
$\bar{R}$	19,37				

Fonte: Elaborado pelos autores

Portanto, a partir desses valores é possível determinar os limites de controle dos gráficos, seguindo as fórmulas apresentadas na revisão de literatura. Os valores de  $A_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$  referentes às dez cronometragens para cada amostra são: 0,308, 0,223 e 1,777, respectivamente. Na Tabela 9 estão os valores de LIC, LC e LSC dos gráficos de controle para média e amplitude.

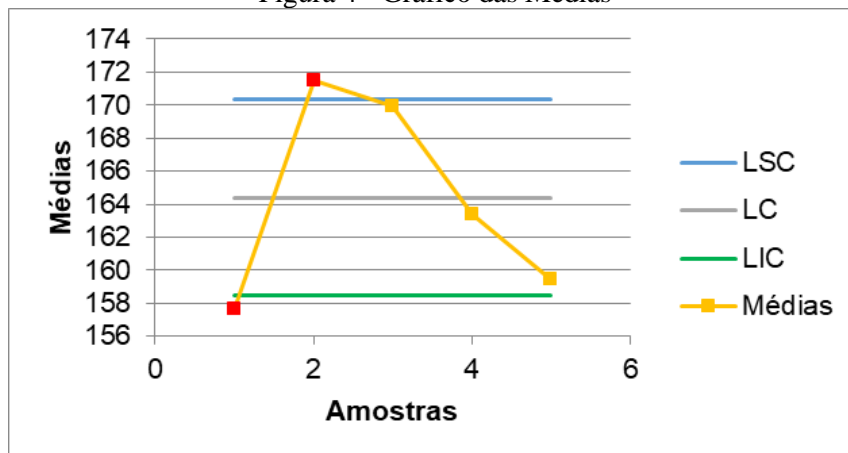
Tabela 9 - Limites de Controle

Média			Amplitude		
LIC	LC	LSC	LIC	LC	LSC
158,43	164,40	170,37	4,32	19,37	34,43

Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 4 apresenta o gráfico de controle das médias. Observa-se que existem dois pontos fora dos limites de controle, sinalizados pela cor vermelha. Com relação aos pontos internos aos limites, um ponto encontra-se muito próximo do LIC. Isso demonstra que o processo está fora de controle estatístico e não possui um bom desempenho.

Figura 4 - Gráfico das Médias

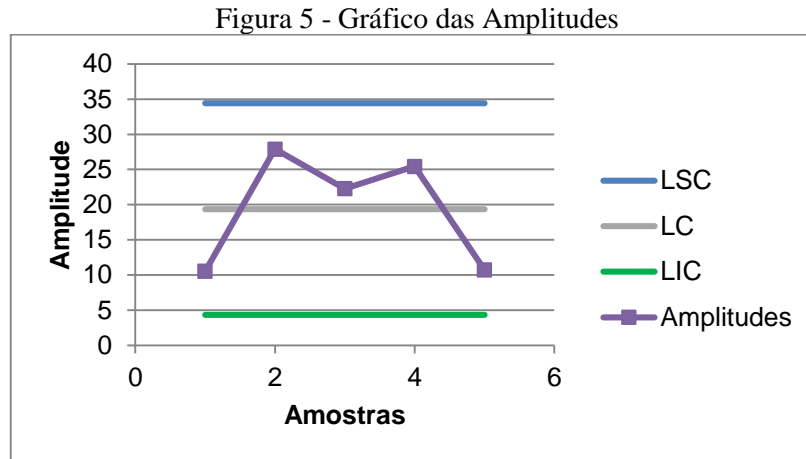


Fonte: Elaborado pelos autores

No caso do gráfico das amplitudes, Figura 5, os valores das amostras estão dentro dos limites. No entanto, os pontos não estão dispostos de forma aleatória, o que indica a existência de causas especiais.

Isso pode ser explicado pela dispersão de atenção dos funcionários durante a realização da atividade, justificada pelo alto grau de liberdade durante o processo produtivo que os mesmos possuem, o que propicia maior dificuldade de coleta dos dados, pois ocorre interferência de um operador na atividade do outro, e maior variação nos tempos coletados.

Pode ser justificada também pela inexistência de treinamento dos funcionários para o desenvolvimento das atividades, informação está fornecida pelos mesmos, o que faz com que eles sigam o método de trabalho que lhe parece ser correto, com movimentos adicionais e desnecessários, ainda que pequenos.



Fonte: Elaborado pelos autores

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de tempos e movimentos juntamente com os gráficos de controle para variáveis permitiu um melhor aproveitamento e diagnóstico dos resultados obtidos. Foi possível analisar o processo produtivo, identificar os tempos padrões de cada atividade, assim como analisar a centralidade e a variabilidade dos dados do processo.

A partir dos resultados encontrados na presente pesquisa, sugere-se para fins de aplicações gerenciais a implementação de treinamento para os funcionários, apresentando assim um método ideal e padronizado para a realidade das atividades. Pois, foi observado que em alguns casos houve uma diferença considerável entre cada tempo cronometrado, influenciando diretamente na variabilidade dos dados. Posteriormente, deve-se realizar novas cronometragens pós-treinamento, a fim de evidenciar os benefícios advindos da engenharia de métodos e do controle estatístico do processo. Os pontos citados devem ser levados em consideração pela gerência da empresa para que consigam melhorar a produtividade e aumentar o rendimento do sistema, visando a redução de desperdícios e de fatores improdutíveis.

Uma das limitações da pesquisa foi a aplicação da metodologia em apenas cinco amostras. Seria necessária uma quantidade maior de dados, que representasse melhor o processo produtivo de acordo com a realidade mensal da empresa.

Como trabalhos futuros, propõe análises após implantação de melhoria nos métodos de trabalho, conforme apresentado por Fonseca e Lacerda (2016), onde a comparação dos tempos apresentou significativa redução do tempo padrão, além de poder comparar os operadores de uma atividade e assim determinar um operador modelo.

Outra sugestão para continuidade é a aplicação da cronoanálise nas outras linhas de produção, tanto do picolé quanto para o sorvete, visando identificar gargalos e possíveis melhorias dentro da empresa.

Conforme apresentado por Lucas, Saes e Turati (2017), a aplicação dos conceitos da Engenharia de Métodos juntamente com a Ergonomia proporciona um aumento da eficiência, segurança e conforto e, conseqüentemente, melhoria da qualidade e produtividade. Assim, para uma continuação deste trabalho e para fins de complementação do mesmo, propõe-se a análise das condições ergonômicas do ambiente de trabalho (iluminação, temperatura e ruídos) de acordo com as normas regulamentadoras, adicionando assim tolerâncias a estes aspectos.



## 6 REFERÊNCIAS

- AKANSEL, M.; YAGMAHAN, B.; EMEL, E. Determination of Standard Times for Process Improvement: A Case Study. **Global Journal of Business, Economics and Management: Current Issues**, v. 7, n. 1, p. 62, 2017.
- ARAÚJO, A. V. et al. **Estudo de tempos e movimentos de uma lavanderia: determinação da curva de aprendizagem do processo produtivo** XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** João Pessoa/PB: 2016.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6. ed. São Paulo, 1977.
- CAI, J. Y.; TSENG, C. Y.; HUANG, T. S. Work Study and Simulation Optimization of Supply-demand Balancing in the Moth Orchid Plant Factory. **Procedia Manufacturing**, v. 11, n. June, p. 1966–1975, 2017.
- CASTRO, D. R. C.; RAMOS, M. O.; COSTA, D. O.; SOUZA, V F.; NEGRAO, L. L. L. **A aplicabilidade dos gráficos de controle nas empresas como modelo de inspeção para a avaliação da qualidade**. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Bento Gonçalves/RS: 2012.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2005.
- CRUZ, J. M. **Melhoria do tempo-padrão de produção em uma indústria de montagem de equipamentos eletrônicos**. Monografia (Engenharia de Produção, UFJF), Juiz de Fora/MG, 2008.
- FONSECA, L. P.; LACERDA, M. T.; SANTOS, A. C. S. G.; SHIMOYA, A.; MARTINEZ, T. L. C. H. **Aplicação da engenharia de métodos na linha de produção de uma indústria alimentícia**. XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Joinville/SC: 2017.
- FONSECA, L. P.; LACERDA, M. T. **Aplicação da engenharia de métodos na linha de produção de uma indústria alimentícia**. Monografia. Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes – RJ, 2016.
- GAUNIYAL, A.; PANT, K.; AGARWAL, A. Time study model of a compact fluorescent lamp manufacturer in India: A case study. **International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research**, v. 1, n. 1, p. 154–164, 2014.
- KONRATH, A. C. **Influência do processo de medição no controle estatístico de processos**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica, UFSC), Florianópolis/SC, 2008.
- LEITE, T. C.; SANTOS, C. O.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A. P. Análise de Capacidade do Processo de Pesagem de Linguiça Toscana em uma Indústria Alimentícia. **Perspectivas Online: Exatas & Engenharias**, v. 7, n. 19, p. 52–62, 2017.
- LUCAS, P. I. J.; SAES, E. V.; TURATI, R. C. Proposta de aplicação de conceitos de engenharia de métodos e análise ergonômica do trabalho (AET) em uma linha de produção de água sanitária: Um estudo de caso. **Produto & Produção**, vol. 18, n. 1, p.25-42, 2017.
- MAGALHÃES, M. S. DE; MOURA NETO, F. D. Economic-statistical design of variable parameters non-central chi-square control chart. **Production**, v. 21, n. 2, p. 259–270, 2011.

- MAKOSKI, G. D. L.; FAVERO, M. B. Um estudo de caso: gestão de processos de uma lavanderia industrial: eficiência produtiva da máquina laser. **Revista de Pós-Graduação Faculdade Cidade Verde**, v. 3, n. 1, p. 1–30, 2017.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MENEZES, M. K. F. et al. **Aplicação das ferramentas da qualidade em uma empresa prestadora de serviço de fotocópias: um estudo de caso**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** João Pessoa/PB: 2016.
- MIOT, H. A. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 275-278, 2011.
- MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 5th. ed. Arizona State University: John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Thomson Learning, 2006.
- MORO, M. F. et al. **Gráficos de controle para monitoramento estatístico do processo de acondicionamento de embutidos**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** João Pessoa/PB: 2016.
- NABI, F.; MAHMUD, R.; ISLAM, M. Improving Sewing Section Efficiency through Utilization of Worker Capacity by Time Study Technique. **International Journal of Textile Science**, v. 4, n. 1, p. 1–8, 2015.
- NOOR, N. M. et al. Optimization Assembly Process base on Motion Time Study in Manufacturing Industry: Study Case and Implementation. **Journal of Applied Science and Agriculture**, v. 9, n. 21, p. 1–12, 2014.
- PARMAR, K.; PARTH, D.; SHINGALA, N. An optimization of process parameter in crankshaft using with time study method. **International Journal of Engineering Development and Research**, v. 4, n. 2, p. 2321–9939, 2016.
- PATEL, N. Reduction in product cycle time in bearing manufacturing company. **International Journal of Engineering Research and General Science**, v. 3, n. 3, p. 466–471, 2015.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R.. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.
- PEREZ, V. V.; PAULISTA, P. H. **Controle estatístico de processos : análise de gráficos de controle**. VI Congresso de iniciação científica da FEBI. **Anais...** Itajubá, MG: 2015.
- PINHEIRO, A. W. DA S. et al. **Estudo de tempos e movimentos para determinação da capacidade produtiva de uma empresa de processamento de frangos**. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Bento Gonçalves, RS: 2012.
- RAZMI, J.; SHAKHS-NIYAEE, M. Developing a specific predetermined time study approach: an empirical study in a car industry. **Production Planning & Control**, v. 19, n. 5, p. 454–460, 2008.
- REBELATO, M. G. et al. **Estudo sobre a aplicação de gráficos de controle em processos de saturação de papel**. XIII SIMPEP. **Anais...** Bauru, SP: 2006.

- REZENDE, P. A.; MARTINS, T. L. R.; ROCHA, M. F. Aplicação do estudo de tempos e movimentos no setor administrativo: estudo de caso em uma empresa mineradora. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, v. 8, n. 1, p. 653–665, 2016.
- SANTOS, A. C. S. G. et al. **Estudo de tempos e movimentos no processo de confecção de jalecos**. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Fortaleza/CE: 2015.
- SHIMOMAEBARA, G. T. X. et al. **Estudo de tempos aplicado no processamento de açaí: uma abordagem voltada à análise de capacidade produtiva**. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Fortaleza/CE: 2015.
- SILVA, J. P. S. E.; SOUSA, A. A. DE S.; CAMPOS, B. N. DOS S. **Análise da aplicação de ferramentas básicas da qualidade para o monitoramento do processo em uma indústria do setor cerâmico**. XXXVI Encontro Nacional De Engenharia de Produção. **Anais...** João Pessoa/PB: 2016.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- SOTSEK, N. C.; BONDUELLE, G. M. Melhorias em uma empresa de embalagens de madeira através da utilização da cronoanálise e rearranjo de layout. **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 519–529, 2016.
- SOUZA, A. M.; RIGÃO, M. H. Identificação de variáveis fora de controle em processos produtivos multivariados. **Produção**, v. 15, n. 1, p. 74–86, 2005.
- SOUZA, F. S.; PEDRINI, D. C.; CATEN, C. S. TEN. Proposta de fluxograma orientativo para aplicação de índices de capacidade. **Gestão & Produção**, v. 21, n. 4, p. 882–894, 2014.
- STAROVOYTOVA, D. Time-study of Rotary-Screen-Printing Operation. **Industrial Engineering Letters**, v. 7, n. 4, p. 24–35, 2017.
- TIGRINHO, J. J. Engenharia de métodos: métodos, tempos, modelos, posto de trabalho. Faculdade Educacional de Araucária. Araucária, 2009.
- WEISE, A. D. et al. Um estudo sobre o tempo-padrão no processo produtivo. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, v. 10, n. 1, p. 113–124, 2013.
- WESTERN ELECTRIC COMPANY. **Statistical quality control handbook**. Western Electric Company, 1956.
- XAVIER, E. R. C. et al. **Análise de tempos e movimentos aplicados na produção de bolos em uma confeitaria no município de Castanhal / PA**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** João Pessoa/PB: 2016.

## 7 ELEMENTOS PÓS-TEXTUAIS

### 7.1 Apêndice A - Dados cronometrados por amostra

Folha de Cronometragem				Amostra: 1							
Atividades	OP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Palitagem	I	24,70	23,69	22,47	19,03	21,15	21,18	26,88	25,67	27,33	21,02
Lavar as formas	IV	12,89	11,74	12,34	9,10	12,55	12,33	13,40	10,46	11,80	12,39
Tirar calda da tina	II	17,61	16,79	16,87	17,51	19,00	15,79	16,53	15,70	17,12	19,91
	IV	14,07	11,61	10,46	13,92	13,37	12,75	10,73	13,58	12,90	14,68
Encher formas - sabor leite cond.	II	12,11	11,02	12,26	11,45	11,85	11,62	10,85	10,86	10,29	10,78
	IV	13,83	15,93	16,83	15,96	19,26	14,75	16,70	17,52	17,47	17,69
Encher formas - sabor morango	I	13,23	14,50	16,42	15,25	13,13	13,40	13,29	11,66	14,09	11,71
	II	20,85	22,23	15,90	15,96	16,33	16,85	16,80	18,25	17,93	16,70
Desenformar	II	10,41	11,05	12,04	10,55	10,90	10,88	10,42	9,39	9,14	9,23
	IV	10,75	11,28	7,79	8,34	7,84	9,00	9,84	9,58	8,39	9,17
Colocar calda de chocolate	II	11,97	11,51	13,02	13,72	12,17	12,97	12,44	13,49	13,11	13,80
	IV	9,47	8,86	11,78	8,76	9,69	10,73	9,07	12,56	12,74	11,11
Montar caixas	III	6,12	6,08	5,99	7,07	7,12	7,57	5,75	6,90	7,16	5,63
Armazenar picolés nas caixas	III	40,19	42,71	41,37	42,33	44,87	39,95	42,37	39,25	41,19	44,40
Fechar caixas	III	8,00	9,31	7,69	8,05	8,53	7,77	7,15	7,32	7,75	7,28

Folha de Cronometragem				Amostra: 2							
Atividades	OP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Palitagem	I	21,02	28,77	29,91	27,215	29,04	22,39	21,86	27,57	23,36	15,64
Lavar as formas	IV	16,23	17,71	16,24	14,18	13,89	14,74	13,91	20,55	21,01	15,6
Tirar calda da tina	II	13,30	11,42	13,90	13,19	13,37	14,99	14,74	14,43	13,93	13,63
	IV	22,64	19,29	15,26	17,13	19,79	18,21	17,36	19,52	13,24	13,26
Encher formas - sabor leite cond.	II	17,16	17,12	18,99	20,62	17,03	21,87	13,32	13,83	13,18	13,59
	IV	18,34	16,32	15,22	16,63	12,21	14,45	15,41	16,29	15,99	14,82
Encher formas - sabor morango	I	13,22	18,56	10,99	16,10	16,79	14,72	16,83	11,72	17,51	15,22
	II	18,46	16,62	18,31	19,58	20,80	19,60	26,83	20,18	20,66	15,77
Desenformar	II	5,42	8,71	8,28	8,30	8,78	9,19	8,83	6,35	6,91	8,27
	IV	6,10	6,42	7,38	7,99	9,82	8,40	8,90	9,86	9,40	6,80
Colocar calda de chocolate	II	15,22	17,16	18,48	20,30	18,44	15,51	18,62	16,88	12,29	15,98
	IV	16,65	15,16	15,45	14,11	13,78	16,70	10,64	11,58	9,26	9,21
Montar caixas	III	9,24	9,10	8,77	9,33	9,46	8,69	7,85	8,02	6,10	6,25
Armazenar picolés nas caixas	III	45,55	42,37	43,42	45,33	38,93	35,35	44,89	39,37	39,26	44,24
Fechar caixas	III	5,79	8,28	8,18	7,81	9,81	9,99	7,01	6,25	9,34	7,93

Folha de Cronometragem				Amostra: 3							
Atividades	OP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Palitagem	I	17,345	23,02	23,07	22,055	27,72	27,91	18,09	26,04	25,45	24,75
Lavar as formas	IV	22,64	19,29	23,55	17,13	21,01	18,21	23,33	20,70	23,45	26,39
Tirar calda da tina	II	10,91	13,02	12,62	12,26	11,59	13,32	12,74	11,27	12,59	11,92
	IV	14,75	14,13	12,16	15,22	13,88	15,35	15,07	13,31	17,27	15,25
Encher formas - sabor leite cond.	II	9,88	9,53	8,81	9,69	9,45	9,53	10,13	9,32	8,66	11,39
	IV	14,51	12,98	13,08	16,74	15,89	15,78	16,46	16,74	19,24	19,60
Encher as formas - sabor morango	I	16,23	16,43	16,71	19,11	17,43	16,25	18,32	14,49	18,83	18,38
	II	20,73	23,83	19,47	20,67	19,62	21,73	20,89	22,33	17,93	24,83
Desenformar	II	11,39	15,48	14,01	10,38	14,56	10,65	11,17	12,14	10,53	10,88
	V	8,15	5,74	8,12	7,44	6,40	9,56	8,40	9,80	9,70	9,36
Colocar calda de chocolate	II	16,78	12,65	21,26	21,47	17,47	21,61	19	15,82	19,6	15,86
	IV	9,33	11,05	12,08	7,45	8,42	10,48	10,68	8,29	10,47	7,91
Montar caixas	III	9,44	5,96	6,63	7,52	9,14	7,94	6,34	7,00	6,37	6,68
Armazenar picolés nas caixas	III	38,44	43,62	41,62	38,38	39,40	36,74	38,11	40,81	38,10	44,87
Fechar caixas	III	7,32	7,08	7,33	9,74	6,64	7,63	6,40	10,13	7,49	8,41

Folha de Cronometragem				Amostra: 4							
Atividades	OP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Palitagem	I	23,54	26,22	26,50	25,38	22,29	26,11	25,24	22,12	25,59	21,67
Lavar as formas	IV	9,04	13,42	14,64	17,24	17,36	14,97	11,82	12,57	16,99	12,94
Tirar calda da tina	II	11,32	13,85	13,84	11,70	10,92	12,24	11,27	11,75	11,82	11,36
	IV	16,95	17,06	13,05	19,52	13,24	15,26	13,80	17,36	13,80	16,10
Encher formas - sabor leite cond.	II	12,36	10,53	12,44	12,68	9,40	10,77	9,32	10,09	10,61	12,88
	IV	14,57	13,11	13,62	16,36	14,90	17,26	14,77	20,34	18,21	15,06
Encher formas - sabor morango	I	17,45	18,67	18,09	26,53	25,46	17,91	22,57	17,75	24,74	29,76
	II	18,77	15,55	19,00	21,68	18,62	16,32	22,14	18,42	15,55	18,14
Desenformar	II	11,24	10,02	9,54	8,86	9,44	8,65	11,17	11,95	8,85	8,43
	IV	8,82	9,62	8,85	10,97	8,92	10,24	7,98	9,44	8,18	9,48
Colocar calda de chocolate	II	8,33	8,03	9,93	10,98	10,89	10,54	10,43	13,19	12,91	13,10
	IV	13,00	12,46	11,00	9,00	9,32	12,06	12,94	8,80	8,65	8,79
Montar caixas	III	7,01	10,35	7,03	8,45	7,50	6,68	9,25	8,15	8,03	6,70
Armazenar picolés nas caixas	III	41,87	38,23	43,43	48,04	45,96	35,09	42,70	38,47	36,76	43,15
Fechar caixas	III	8,00	9,31	7,69	8,05	8,53	7,77	7,15	7,32	7,75	7,28

Folha de Cronometragem				Amostra: 5							
Atividades	OP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Palitagem	I	23,06	20,14	19,45	17,63	21,39	23,80	21,92	22,31	25,50	25,10
Lavar as formas	IV	14,72	10,46	16,67	13,45	13,75	12,31	11,73	10,62	12,27	12,15
Tirar calda da tina	II	13,32	12,74	11,27	12,59	11,92	11,75	11,82	11,36	14,96	11,32
	IV	14,99	18,21	14,47	15,26	15,03	16,97	15,25	16,95	17,06	13,05
Encher formas - sabor leite cond.	II	12,52	12,24	11,33	13,42	10,99	10,82	11,43	11,10	11,78	11,21
	IV	16,12	16,91	19,07	15,70	14,27	14,74	11,25	16,38	20,51	16,32
Encher formas - sabor morango	I	21,03	14,00	21,32	18,55	14,33	18,98	14,49	16,83	18,98	16,83
	II	18,78	21,04	18,00	18,12	14,37	15,58	20,50	15,37	18,83	14,16
Desenformar	II	10,39	12,45	11,10	10,30	11,85	9,43	10,92	12,15	10,65	10,19
	IV	7,92	8,32	9,67	9,71	10,3	9,71	9,04	7,60	7,65	9,31
Colocar calda de chocolate	II	10,03	15,32	13,34	9,57	10,58	10,83	11,93	10,17	13,51	11,41
	IV	11,04	14,67	10,37	9,82	10,43	11,64	11,05	12,77	12,13	12,78
Montar caixas	III	7,47	6,33	7,89	8,46	6,57	8,19	8,83	9,75	6,68	7,91
Armazenar picolés nas caixas	III	38,66	45,59	44,06	50,88	45,02	36,79	42,12	42,41	30,25	44,87
Fechar caixas	III	8,83	7,36	6,70	6,09	7,17	8,32	5,58	8,05	8,96	9,40

## 7.2 Anexo A – Tabelas de tolerâncias

Descrição		Descrição	
<b>A. Tolerâncias Invariáveis</b>		<b>4. Iluminação deficiente</b>	
1. Tolerância para necessidades pessoais	5%	4.1. ligeiramente abaixo do recomendado	0
2. Tolerâncias básicas para fadiga	4%	4.2. bem abaixo do recomendado	2%
<b>B. Tolerâncias variáveis</b>		4.3. muito inadequada	5%
1. Tolerância para ficar em pé	2%	<b>5. Condições atmosféricas</b>	<b>0-10%</b>
2. Tolerância quanto à postura		(calor e umidade) - variáveis	
2.1. ligeiramente desajeitada	0%	6. Atenção cuidadosa	
2.2. desajeitada (recurvada)	2%	6.1. trabalho razoavelmente fino	0%
2.3. muito desajeitada (deitada, esticada)	7%	6.2. trabalho fino ou de precisão	2%
3. Uso de força muscular		6.3. trabalho fino ou de grande precisão	5%
Peso levantado em quilos		<b>7. Nível de ruído</b>	
2,5	0%	7.1. contínuo	0%
5	2%	7.2. intermitente - volume alto	2%
7,5	2%	7.3. intermitente - volume muito alto	5%
10	3%	7.4. timbre elevado - volume alto	5%
12,5	4%	<b>8. Estresse mental</b>	
15	5%	8.1. processo razoavelmente complexo	1%
17,5	7%	8.2. processo complexo, atenção abrangente	4%
20	9%	8.3. processo muito complexo	8%
22,5	11%	<b>9. Monotonia</b>	
25	13%	9.1. baixa	0%
27,5	17%	9.2. média	1%
30	22%	9.3. elevada	4%
		<b>10. Grau de tédio</b>	
		10.1. um tanto tedioso	0%
		10.2. tedioso	2%
		10.3. muito tedioso	5%

Fonte: Peinado e Graeml (2007) e Adaptado de Stevenson (2001, p. 247)

MONOTONIA		
Duração do Ciclo		Tolerância Concedida (%)
De (em minutos)	Até (em Minutos)	
0	0,05	7,8
0,06	0,25	5,4
0,26	0,5	3,6
0,6	1	2,1
1,01	2	1,0
2,01	3	0,5
3,01	4	0,2

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra (1980, *apud* SOUSA, 2012; ROSSO, 2015)

ESFORÇO MENTAL		
Classificação	Descrição	Tolerância (%)
Leve	Serviço repetitivo e invariável, pequena responsabilidade de segurança e qualidade, trabalho que não requer decisões.	0,6
Médio	Responsabilidade de segurança e qualidade necessita tomar pequenas decisões e/ou o uso de instrumentos.	1,8
Pesado	Grande responsabilidade de segurança e qualidade, responsabilidade pelo trabalho de outros, grande necessidade de decisões.	3

ESFORÇO FÍSICO		
Classificação	Descrição	Tolerância (%)
Muito Leve	Trabalho sentado, serviço manual, operar pesos reduzidos, movimentos de braços e de mãos.	1,8
Leve	Trabalho sentado, serviço manual, pequena movimentação do corpo, pequeno esforço com membros superiores ou inferiores.	3,6
Médio	Trabalho em pé, pequena movimentação, operar pesos médios.	5,4
Pesado	Trabalho em pé, pode haver movimentação em torno do local, carregar, puxar ou sustentar pesos.	7,2
Muito Pesado	Operar de modo praticamente contínuo pesos grandes, movimentar-se por longas distâncias transportando pesos (até 20kg).	9

CONDIÇÕES AMBIENTAIS									
Térmicas				Atmosféricas			Outras Influências		
Tipo	Temperatura (°C)		%	Tipo	Descrição	%	Tipo	Descrição	%
	De	A							
Gelada	0	7	3,6	Boas	Local bem ventilado	0	Ruído	Nível baixo	0
Baixa	8	15	1,8					Necessita uso de protetor	1,8
Normal	12	26	0	Razoável	Local mal ventilado	2,4	Vibração	Solo ou máquina	1,8
Alta	27	34	1,8	Más	Alta concentração de pó; Fumaça ou pó tóxico; Necessita uso de máscara.	5,6	Umidade	Ambiente seco e agradável	0
Excessiva	35	40	3,6					Excessiva	Ate 26°
				Ate 40°	3,6				

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra (1980, *apud* SOUSA, 2012; ROSSO, 2015)