



Aplicação integrada do controle estatístico de processo e engenharia de métodos em uma indústria alimentícia


Integrated application of statistical process control and work study in a food industry

 Letycia Peixoto Fonseca¹

 Ana Carla de Souza Gomes dos Santos²

 Letícia Ali Figueiredo Ferreira³

 Augusto da Cunha Reis⁴

 Luciane Machado Pizetta⁵

¹UCAM. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) (2019), Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Candido Mendes (2016) e Técnica em Eletrônica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (2014).

Principais áreas de atuação: Engenharia de Métodos, Ferramentas da Qualidade, Controle Estatístico do Processo e Gráfico de Controle por Variáveis. Rio de Janeiro, Brasil.
letyciap.fonseca@hotmail.com

²IFRJ e CEFET/RJ. Doutoranda em Engenharia de Produção e Sistemas pelo CEFET/RJ, Mestre em Engenharia de Produção pela UENF (2016), Especialista em Gerenciamento de Projetos pela FGV (2015) e Graduada em Engenharia de Produção pelo Centro Educacional Nossa Senhora Auxiliadora (2012). É professora do ensino básico, técnico e tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (campus Nilópolis), com regime de dedicação exclusiva. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Operações lean, Engenharia de métodos e Qualidade em serviços. Rio de Janeiro, Brasil.
ana.carla@ifrj.edu.br

³CEFET/RJ. Mestranda em Engenharia de Produção e Sistemas pelo CEFET/RJ, Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (2018) e Graduada em Bacharelado em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (2016). Experiência na área de Modelagem Matemática, com trabalhos focados no estudo epidemiológico, modelos SIR e SIRS. Graduação Sanduíche realizada no período entre 2014-2015 na Morgan State University (Baltimore - MD) em Industrial & Systems Engineering pelo Programa Ciências Sem Fronteiras. Rio de Janeiro, Brasil.
leticialifig@gmail.com

⁴CEFET/RJ. Doutor em Engenharia de Produção pela PUC-RJ (2013), Mestre em Engenharia de Produção e Graduado em Administração de Empresas pela PUC-RJ (2009 e 2006 respectivamente). Professor do Departamento de Engenharia de Produção do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET / RJ com experiência e foco nos seguintes assuntos: gerenciamento da cadeia de suprimentos, variável de produto gestão de pessoal, logística de saúde e logística reversa. Rio de Janeiro, Brasil.
augusto.reis@cefet-rj.br

⁵UFF e CEFET/RJ. Mestrado em Sistema de Gestão pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Especialização em Gestão Estratégica de Negócios (UFF); Especialização em Auditoria e Controladoria (Centro Universitário Plínio Leite); Graduação em Administração de Empresas pelo Centro Universitário Plínio Leite (2003). Possui experiência nas áreas comercial e financeira dos setores da construção civil e naval. Atualmente com atuação na gestão pública do Instituto Nacional do Câncer (INCA) para o planejamento, gerenciamento, desenvolvimento e implementação de ações estratégicas para políticas governamentais das áreas de saúde. Rio de Janeiro, Brasil.
luciane_nit@bol.com.br

Resumo

Este artigo tem o objetivo de aplicar a engenharia de métodos e o controle estatístico de processo na linha de produção de uma fábrica que produz pão de forma. Para esse alcance, um mapeamento do processo produtivo se fez necessário por meio do plano de ação 5W1H e do fluxograma, assim como a cronometragem das atividades e os cálculos inerentes ao estudo de tempos e movimentos e elaboração de gráficos de controle. Operadores modelos foram selecionados e treinados com a finalidade de eliminar movimentos desnecessários e padronizar a sequência de operações para fins de comparação com os tempos obtidos anterior ao treinamento. A pesquisa evidenciou uma redução de aproximadamente 16% no tempo de execução das atividades, assim como uma redução das variabilidades do processo. Desta forma, verificou-se que a aplicação integrada das ferramentas apresentou grandes melhorias para a gestão do processo produtivo do pão de forma.

Palavras-chave: Estudo de tempos e movimentos. Gráfico de controle. Produção de pão de forma.

Abstract

This article aims to apply work study and statistical process control in the production line of a factory that produces loaf bread. To reach this objective a mapping of the productive process was necessary through the 5W1H action plan and the flow chart, as well as the timing of the activities and the calculations inherent to the time and motion study and for control charts elaboration. Operator models were selected and trained to eliminate unnecessary movements and to standardize the sequence of operations for purposes of comparison with the times obtained before training. The research evidenced a reduction of approximately 16% in the execution time of the activities, as well as in the reduction of the process variabilities. In this way, it was verified that joint application of tools presented great improvements for the management of the productive process of loaf bread.

Keywords: Time and motion study. Control chart. Loaf bread production.

1 Introdução

Os processos produtivos têm sua produtividade influenciada por diversos fatores, tais como, escala de aplicação dos recursos, o nível de desempenho disponível e, em especial, ao projeto do método de trabalho, nos quais a engenharia de métodos se aplica (Sun et al., 2015). Hanamant, Tushar, Aniket, Mahesh e Vinod (2017) destacam a importância da padronização dos movimentos decorrentes do estudo de tempos e movimentos, uma vez que este proporciona um melhor aproveitamento dos recursos das empresas que utilizam o esforço manual dos trabalhadores, pois com a padronização das tarefas, não ocorrerá desperdício na execução das atividades, acarretando em uma melhoria da eficiência produtiva.

Diante desta nova realidade de mercado e da busca contínua por melhorias, o controle estatístico de processo (CEP) é primordial para o aperfeiçoamento da variabilidade dos processos e integra além dos gráficos de controle, as técnicas de estabelecimento de tamanho da amostra de dados, análise e estudo da capacidade do processo (Sancho, Pastor, Martínez, & García, 2013). Barbosa e Vieira (2017) e Dias e Nunes (2014) afirmam que os gráficos de controle alinham-se com a engenharia de métodos evidenciando se o processo está sob controle e assegurando a validade das cronometragens por meio da análise dos dados que apresentam anormalidades e alteram no ritmo de produção.

O objetivo geral desta pesquisa consiste em empregar a engenharia de métodos conjuntamente com o controle estatístico de processo na linha de produção de pão de forma de uma indústria do segmento alimentício. Para alcance do objetivo geral proposto, fez-se necessário: i) analisar e mapear o processo produtivo do pão de forma; ii) identificar o tempo padrão para a produção do pão de forma; iii) verificar a variabilidade do processo sob o ponto de vista do fator tempo de produção; iv) comparar o processo produtivo antes e pós treinamento do operador modelo; e v) evidenciar os benefícios alcançados.

Neste sentido, o presente estudo tem a relevância de contribuir com a empresa para uma utilização mais eficiente da mão de obra, bem como no aprimoramento na execução do processo de produção do pão de forma. No âmbito acadêmico, a pesquisa almeja demonstrar como se sucede a aplicação integrada da engenharia de métodos e do controle estatístico do processo em uma indústria alimentícia devido à carência de pesquisas na literatura acadêmica que abordem a aplicação conjunta das ferramentas.

Este artigo está estruturado em cinco seções, sendo apresentados a introdução e os objetivos na primeira seção. A segunda seção aborda a revisão de literatura, já a terceira evidencia a metodologia executada no presente trabalho. Os resultados são apresentados e discutidos na quarta seção. Por fim, a quinta e última seção destaca as contribuições da pesquisa, as limitações encontradas e propostas de trabalhos futuros.

2 Revisão de Literatura

2.1 Engenharia de Métodos

Segundo Barnes (2004), a Engenharia de Métodos estuda e analisa o trabalho de uma forma sistêmica, com o intuito de desenvolver um método prático e eficiente para a padronização do processo produtivo. Essa área de conhecimento visa melhorar o uso dos recursos utilizados em um processo, sejam eles humanos, materiais ou de máquina, por meio da realização do estudo dos tempos e dos movimentos que compõe o trabalho. O foco na

melhor maneira de realizar uma operação em seu melhor tempo possível, evitando perdas, torna clara a relação entre a Engenharia de Métodos e a produtividade (Moktadir, Ahmed, Tuj Zohra, & Sultana, 2017; Ochoa, Murcia, Fucinos, & Domínguez, 2017).

No que se refere à mensuração do trabalho por meio do estudo dos tempos, essa técnica registra e fornece o tempo para execução de um determinado trabalho e suas atividades sob determinadas condições, de forma a analisar sua *performance* e dos operários envolvidos (Duran, Cetindere, & Aksu, 2015; Nabi, Mahmud, & Islam, 2015). Para tal, são utilizados equipamentos para medição do tempo, conforme apresentado por Martins e Laugeni (2015), Costa, Epprecht e Carpinetti (2012) e Patel (2015):

- Cronômetro de hora centesimal: é o cronômetro mais utilizado, no qual uma volta do ponteiro maior equivale a 1/100 de hora, isto é, 36 segundos;
- Filmadora: esse equipamento grava em vídeo fielmente toda a sequência de movimentos que o operador realiza, essa filmagem serve para estudar a atividade cronometrada;
- Folha de verificação: é utilizada para registrar a sequência de operação, os tempos na execução e as demais informações pertinentes a atividade analisada;
- Prancheta para observação: utilizada para o apoio da folha de inspeção e do cronômetro.

De acordo com Contador (2010), quando se efetua a divisão do trabalho, facilita-se a análise dos elementos produtivos e dos elementos não produtivos. Martins e Laugeni (2015) ressaltam que quando a tarefa é fracionada em elementos de trabalho, esses fragmentos corresponderão a uma parte do trabalho executado. A principal função dessa atividade é a verificação do método de trabalho sendo, para isso, necessária uma medição precisa (Parmar, Parth, & Shingala, 2016; Starovoytova, 2017). Assim, para uma análise mais precisa da tarefa, ela deve ser dividida em um número de elementos mensuráveis para que cada elemento seja cronometrado (Starovoytova, 2017).

Gauniyal, Pant e Agarwal (2014) e Parmar et al. (2016) afirmam que a cronometragem pode ser de dois tipos: o método contínuo e o da volta à zero (*snapback*). No método contínuo, o cronômetro não é interrompido em nenhum momento, os tempos são anotados no final de cada elemento e também é registrado o valor do tempo acumulado. Já no método da volta à zero, ao final de cada elemento, o tempo é anotado e zerado o cronômetro. Slack, Chambres e Johnston (2009) consideram o primeiro método mais vantajoso por não haver uma interrupção no cronômetro. Com isso, o resultado mostra-se mais confiável, sendo esse o mais recomendado para a realização do estudo de tempos.

Em contrapartida, Barnes (2004), Gauniyal et al. (2014) e Parmar et al. (2016), ao dizer que a cronometragem de uma operação em sua forma contínua não é satisfatória, evidenciam a necessidade da divisão da operação em elementos, sendo a leitura do tipo *snapback* mais encontrada na literatura por suas facilidade e rapidez. A cronometragem das operações individuais é de suma importância para o estudo de tempos, conforme mostrado a seguir. Primeiramente, um bom modo de descrever uma operação consiste em subdividi-la em um número de elementos mensuráveis e que possam ser descritos de forma separada; auxilia na determinação do

tempo padrão das atividades envolvidas naquela operação; o estudo pode discriminar o gasto excessivo de tempo na execução de certos elementos, ou ao contrário, o pouco tempo gasto na execução de determinada atividade; e o ritmo de trabalho de um operador pode sofrer uma variação em decorrer do seu ciclo. Conforme visto, o estudo fragmentado permite a análise de todos os ritmos (Barnes, 2004; Nallusamy & Muthamizhmaran, 2016; Puvanasvaran, Mei, & Alagendran, 2013).

Em suma, a cronometragem é uma maneira de fazer a medição, de forma individual, da eficiência de cada operador para que haja a mensuração de padrões de produção e a partir da divisão de atividades e das cronometragens é possível aplicar os cálculos inerentes ao estudo de tempos e movimentos (Mori, Kanchava, Karetha, & Charola, 2015; Puvanasvaran et al., 2013; Saibani, Muhamed, Maliami, & Ahmad, 2015).

2.1.1 Metodologia do estudo de tempos e movimentos

Os primeiros passos para a análise do estudo de tempos e movimentos se inicia com a divisão das atividades e com as cronometragens. A partir dessas informações, é calculado o tempo real (TR) médio das atividades e do processo produtivo, conforme a Equação 1.

$$TR = \sum_{i=1}^n \bar{x} \quad (1)$$

Em que:

\bar{x} = Média dos tempos cronometrados.

Peinado e Graeml (2007) e Starovoytova (2017) ressaltam que é necessário que se ocorram várias cronometragens para se obter uma média dos tempos. Para um cálculo correto de quantas amostragens serão efetuadas é utilizada uma fórmula para sua determinação, tal como descrita na literatura básica em Barnes (2004) e apresentada a seguir pela Equação 2.

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

Em que:

N = número de ciclos;

Z = coeficiente de distribuição normal;

R = amplitude da amostra;

Er = erro relativo da medida;

d_2 = coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente.

Os valores de Z e de d_2 utilizados no cálculo do número de ciclos são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Coeficiente 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	2,97	3,078

Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007).

É normal a utilização de um grau de confiabilidade entre 90 a 95%, e um erro relativo variando entre 5 a 10% (Peinado & Graeml, 2007). De acordo com Martins e Laugeni (2015), após ser calculado o número de ciclos (N), é feita uma comparação com o número de cronometragens realizadas na pesquisa. Se o valor de N for menor ou igual ao número de tempos cronometrados é estatisticamente viável utilizar o tempo real como parâmetro para cálculos e análises posteriores. Porém, se o N for maior que número de tempos cronometrados, para que o nível de confiança seja mantido, será preciso realizar uma nova cronometragem, obedecendo ao número mínimo fornecido pela fórmula.

Segundo Gauniyal et al. (2014) e Parmar et al. (2016), o tempo real das atividades pode não ser o mesmo para todos os operadores utilizarem como parâmetro de execução pelo fato de cada indivíduo possuir seu próprio ritmo de trabalho e realizar o movimento com uma velocidade na qual lhe permita trabalhar com um esforço mínimo (Barnes, 2004).

O tempo cronometrado analisado sob a perspectiva individual dos operadores se denomina tempo normal (TN). De acordo com Moreira (2013), o TN é o tempo necessário por um operador qualificado em seu ritmo de trabalho normal e sem fadiga para realizar uma dada tarefa. Consiste em avaliar a velocidade de operação do trabalhador em relação à velocidade padrão do processo. O observador pode analisar tanto de forma única quanto em conjunto os fatores que envolvem o trabalho, tais como: o esforço, a velocidade do movimento, a consistência e a destreza (Moktadir et al., 2017; Slack et al., 2009).

De acordo com Vekariya e Kumar (2014), o tempo normal é calculado pela multiplicação do tempo real pelo ritmo do operador (V), segundo a Equação 3.

$$TN = TR.V \quad (3)$$

Feita por um cronoanalista treinado, a determinação da velocidade do operador é realizada pela atribuição de um valor de 0 a 1 (Martins & Laugeni, 2015; Parmar et al., 2016). No entanto, essa avaliação é feita de forma subjetiva e pode não representar a realidade do ritmo dos operadores (Duran et al., 2015; Moktadir et al., 2017; Rezende, Martins, & Rocha, 2017). Faria, Santos, Mendonça, Reis e Salles (2017) propõem, ao invés de determinar de forma intuitiva o ritmo de execução de cada operador para identificar o tempo normal, utilizar o tempo que foi cronometrado à luz de cada um como seu tempo normal, pois os valores já se encontram de acordo

com o dia a dia de operação. Visto que o tempo real médio do processo produtivo obtido se refere a um ritmo de 100%, é possível determinar de forma mais acurada a velocidade dos operadores seguindo a Equação 4.

$$V = \frac{TN}{TR} \quad (4)$$

Se o operador executar a atividade exatamente conforme o tempo real, o seu ritmo será de 100%. No entanto, se ele realizar a atividade em um tempo maior, $V > 100\%$, conclui-se que ele está lento no processo. Em contrapartida, se ele executar em um tempo menor, $V < 100\%$, o funcionário está realizando a sua atividade de maneira ágil (Faria et al., 2017).

Martins e Laugeni (2015), Peinado e Graeml (2007) e Parmar et al. (2016) ressaltam que, ao determinar o tempo real, o tempo normal e o ritmo de trabalho do operador, é possível fazer uma comparação com os demais operadores para mensurar as diferenças encontradas. A partir disso, pode-se determinar qual operador obteve o melhor ritmo em sua tarefa e o eleger como funcionário modelo. Posteriormente, pode-se averiguar para quais operadores há a necessidade de um treinamento para a melhora de seu ritmo de operação.

Barnes (2004) e Martins e Laugeni (2015) chegaram à conclusão que é possível treinar o trabalhador de um modo que ele possa alterar o seu ritmo natural de trabalho. Para que esse treinamento apresente efeito, o operador precisa realizar um grande esforço para modificar seu hábito.

Faria et al. (2017) e Peinado e Graeml (2007) ressaltam que quando um trabalhador se cansa ou tem uma fonte de distração, seu ritmo de trabalho é alterado fazendo com que ele produza menos, o que pode acarretar esperas e interrupções no ciclo da produção. É impossível que um operador trabalhe o dia inteiro sem que ocorram interrupções. Logo, é necessária uma previsão de possíveis interrupções no decorrer da operação. Sendo assim, é recomendável a inserção de fatores de tolerância ao tempo normal para obter um tempo final que seja mais próximo da realidade dos funcionários. Essas tolerâncias são classificadas em tolerância pessoal, tolerância para a fadiga ou tolerância de espera (Barnes, 2004; Gauniyal et al., 2014; Nabi et al., 2015; Parmar et al., 2016; Starovoytova, 2017).

Sobre a tolerância pessoal, Barnes (2004) ressalva que é reservado um tempo entre 10 a 24 minutos para atender as necessidades pessoais do operador, o que corresponde a 5% de uma jornada de 8 horas de trabalho. Já a fadiga não é consequência somente do trabalho realizado, pois o ambiente de trabalho também exerce uma grande influência neste aspecto (Slack et al., 2009). Martins e Laugeni (2015) ressaltam que ambientes com excesso de ruídos, acima de 80 decibéis, iluminação muito fraca, condições térmicas fora da faixa de temperatura entre 20 a 24°C, umidade relativa maior que 60% ou inferior a 40% e vibrações podem gerar fadiga. A tolerância adotada normalmente varia entre 15 a 20% para trabalhos normais (ambiente saudável, trabalho sem impacto) e 50% (para ambientes inadequados, trabalho pesado) de uma jornada de trabalho (Martins & Laugeni, 2015; Peinado & Graeml, 2007).

Ao classificar as esperas, Barnes (2004) afirma que estas podem ser inevitáveis ou evitáveis. As interrupções feitas intencionalmente não serão levadas em consideração, já que são inevitáveis, apenas as esperas

evitáveis causadas pelas máquinas, pelos operadores ou por alguma força externa é reconhecido como uma tolerância.

De acordo com Parmar et al. (2016) e Peinado e Graeml (2007), em muitos casos, a tolerância é calculada em função do tempo que a empresa concede ao trabalhador. Deste modo, é calculada a porcentagem do tempo ocioso (p) que é concedida em relação ao tempo total do turno de trabalho diário, demonstrado pela Equação 5 e, posteriormente, esse valor deve ser inserido para o cálculo do fator de tolerância (FT) que é apresentado na Equação 6.

$$p = \frac{\Sigma \text{ tempo de paradas}}{\text{tempo total do turno de trabalho}} \quad (5)$$

$$FT = \frac{1}{1 - p} \quad (6)$$

Duran et al. (2015), Gibson, Clayton, Deem, Einstein e Henry (2015), Peinado e Graeml (2007) e Weise, Bolsson, Medeiros e Boligon (2013) afirmam que o principal objetivo do estudo de tempos é determinar o tempo padrão que um operador apto ao trabalho e completamente treinado leva para executar a tarefa dentro de um ambiente que considere as tolerâncias estabelecidas. Portanto, o FT obtido é acrescentado ao TR e ao TN de cada operador, resultando nos tempos padrões finais para fins de análises e comparações (Faria et al., 2017), conforme Equações 7 e 8.

$$TP_{atividade} = TR \cdot FT \quad (7)$$

$$TP_{operador} = TN \cdot FT \quad (8)$$

Barnes (2004), Martins e Laugeni (2015) e Peinado e Graeml (2007) evidenciam que a comparação entre o tempo padrão da atividade e o do operador é uma maneira de quantificar se um funcionário específico está executando a sua tarefa em um tempo melhor ou pior que o tempo que a empresa considera como o tempo necessário.

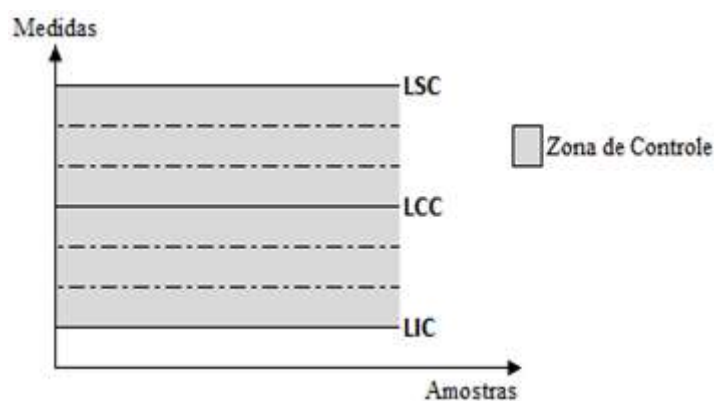
2.2 Gráficos de controle

De acordo com Nyau, Lee e Wong (2017), “os gráficos de controle são ferramentas para o monitoramento da variabilidade e para a avaliação da estabilidade de um processo”. Chang, Kao, Sha, Wu e Chen (2016) e Shamsuzzaman, Jasim e Alsyof (2016) definem que seu objetivo é manter os processos dentro dos limites estabelecidos. Cohen, Tiplica e Kobi (2016) e Ng (2018) corroboram afirmando que o monitoramento com gráficos de controle acarreta melhorias significativas à qualidade da produção com redução das inconformidades.

Chang et al. (2016) e Montgomery e Runger (2016) ressaltam a importância de sua utilização ao caracterizá-los como hábeis ferramentas no controle de processos, evitando ajustes supérfluos ao fornecerem informações verídicas inerentes ao desempenho e, conseqüentemente, reduzindo as incidências de falhas. Neste contexto, os gráficos de controle indicam o quanto um processo está ou não sob controle, eliminando processos desnecessários e buscando melhorias (Čampulová, Veselík, & Michálek, 2017).

Um dos principais elementos de um gráfico de controle é o conceito de limites, definido como “limites de 3-sigma” por *Shewhart* (1931), que são amplamente utilizados devido a sua simplicidade. Segundo Garcia (2010) e Shamsuzzaman et al. (2016), os limites são a Linha Central de Controle (LCC), que representa o valor médio esperado pelo processo; o Limite Superior de Controle (LSC), que representa o limite máximo de variação do processo dentro da zona de controle; e o Limite Inferior de Controle (LIC), que representa o limite mínimo de variação do processo dentro da zona de controle. De forma geral, pontos encontrados acima do LSC e abaixo do LIC sugerem que o processo está fora de controle. A Figura 1 apresenta os principais elementos de um gráfico de controle.

Figura 1 - Limites de um gráfico de controle

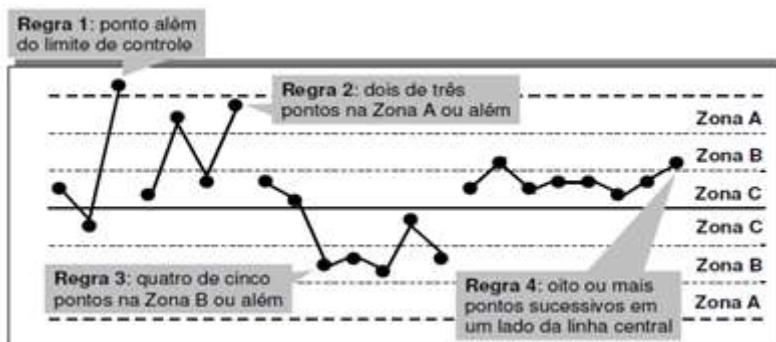


Fonte: Adaptado de Montgomery (2015).

Costa et al. (2012) afirmam que quando um processo encontra-se sob controle, ajustes desnecessários devem ser evitados para que sua variabilidade, diferenças entre as unidades produzidas, não tenda a aumentar.

Pimentel e Barrueto (2015) sintetizam as quatro regras que propiciam o melhoramento da sensibilidade do gráfico de controle na detecção de mudanças do processo. Estas regras, conforme apresentadas na Figura 2, são denominadas regras do *Western Electric* (WEC).

Figura 2 - Regras da WEC



Fonte: Konrath (2008)

Vale ressaltar que, de acordo com Montgomery (2015), o uso destas regras requer cautela para que o gráfico de *Shewhart* não se torne complexo por meio de um grande número de alarmes falsos. Logo, é mais usual utilizar um grupo de regras de forma conjunta objetivando um melhor controle estatístico do processo. A probabilidade de alarme falso é variável conforme o tamanho da amostra (Epprecht & Leiras, 2007; Pimentel & Barrueto, 2015).

Segundo Costa et al. (2012), Montgomery (2015), Moreira (2013) e Shamsuzzaman et al. (2016), os processos envolvem dois tipos de variáveis: as discretas e as contínuas. As primeiras abrangem processos em que a qualidade não pode ser representada numericamente, mas são observáveis e podem ou não estar presentes nos produtos. Ao contrário destas, as variáveis contínuas são mensuráveis. Portanto, o gráfico de controle para variáveis é indicado para o monitoramento de características mensuráveis. Para isso, é necessária a utilização de gráficos de controle de média (Gráfico \bar{x}) e de amplitude (Gráfico R) que monitorem a centralidade e a dispersão da variável ao longo do tempo para que as características do produto permaneçam dentro dos limites aceitáveis (Costa et al., 2012; Epprecht & Leiras, 2007; Montgomery, 2015; Shamsuzzaman et al., 2016).

Para Kiran, Kumar e Teja (2015) e Konrath (2008), a construção dos gráficos é feita a partir de uma ou mais unidades de amostras que são retiradas do processo, de forma periódica, com objetivo de formar subgrupos. Andrade e Kakuda (2013) e Pimentel e Barrueto (2015) complementam ao definir estes subgrupos como um fracionamento racional da amostra selecionada.

A premissa para calcular os limites de controle é estimar os valores de média geral da população e de amplitude usando m amostras de tamanho n (Slack et al., 2009). As Equações 9 e 10 demonstram como obter os valores da média aritmética e da amplitude das amostras.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \tag{9}$$

$$R = \text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo} \tag{10}$$

Em que:

x = elementos da amostra;

n = tamanho da amostra;

\bar{x} = média da amostra;

R = amplitude da amostra.

O passo seguinte é encontrar os valores da média das médias da população, a média das amplitudes e o desvio padrão, conforme Tabela 3. A média das médias é obtida através do somatório das médias aritméticas dividido pelo número de amostras. De forma análoga, a média das amplitudes é obtida através do somatório das amplitudes dividido pelo número de amostras (Costa et al., 2012; Montgomery, 2015).

Tabela 3 - Fórmula média das médias e média da amplitude

Média das médias	Média das amplitudes
$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n \bar{X}_i$	$\bar{R} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n R_i$

Fonte: Costa et al. (2012) e Montgomery (2015).

A partir dos dados encontrados, os limites podem ser calculados por meio das equações apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Fórmulas dos limites de controle para a média e a amplitude

	Média	Amplitude
Limite Superior de Controle	$LSC = \bar{\bar{X}} + (A_2 \cdot R)$	$LSC = D_4 \cdot \bar{R}$
Limite Central de Controle	$LC = \bar{\bar{X}}$	$LC = \bar{R}$
Limite Inferior de Controle	$LIC = \bar{\bar{X}} - (A_2 \cdot R)$	$LIC = D_3 \cdot \bar{R}$

Fonte: Vieira (2014).

Os valores de A_2 , D_3 e D_4 são tabelados e variam de acordo com o tamanho da amostra, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Coeficientes de acordo com o número de cronometragens

N	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
A_2	1,88	0,729	0,483	0,373	0,308	0,266	0,235	0,212	0,194	0,18
D_3	0	0	0	0,136	0,223	0,284	0,329	0,364	0,392	0,414
D_4	3,267	2,282	2,004	1,864	1,777	1,716	1,671	1,636	1,608	1,586

Fonte: Adaptado de Slack et al. (2009).

3. Metodologia

3.1 Caracterização da empresa

A empresa foi fundada em 1990, possui 25 anos de atuação no segmento do ramo alimentício com sua produção focada para a produção e distribuição de produtos de panificação industrial.

Localizada no estado do Rio de Janeiro, a empresa está inserida em um segmento de mercado já dominado pelos “*players*”, grandes empresas do ramo. Por isso, sua participação de mercado é moderada e seus produtos são distribuídos principalmente em mercados de pequeno e médio portes. O seu atendimento abrange a região norte fluminense e algumas localidades do Espírito Santo mais próximas à divisa com o estado do Rio de Janeiro.

O portfólio da empresa é constituído por uma variedade de dez produtos. Mensalmente a quantidade produzida de cada um dos produtos é a seguinte: Pão de forma, 40.000 pacotes; Pão hamburgão, 8.000 pacotes; Pão de batata, 7.500 pacotes; Pão brioche, 6.000 pacotes; Pão hambúrguer, 6.000 pacotes, Pão de *hot dog*, 6.000 pacotes; Pão fofinho, 4.500 pacotes; Pão integral, 3.000 pacotes; Pão 7 grãos, 3.000 pacotes; Pão light, 2.000 pacotes. Pelo fato de o pão de forma ser produto que possui a maior demanda da empresa, cerca de 47%, ele foi escolhido como objeto de estudo da presente pesquisa.

3.2 Procedimentos metodológicos

A etapa inicial consistiu na utilização da ferramenta 5W1H para o mapeamento de todos os procedimentos de produção do pão de forma. Este levantamento foi realizado através de observação *in loco* dos operadores em seus postos de trabalho e de entrevistas com o supervisor de produção e com os próprios operadores da fábrica. A partir dos dados coletados, foi elaborado um fluxograma abrangendo as atividades de maneira mais detalhada referentes ao processo produtivo. Em seguida, foram evidenciadas as atividades manuais para a aplicação do estudo de tempos e movimentos e gráficos de controle para variáveis, baseando-se na visão macro das operações obtidas pela ferramenta 5W1H.

Após a delimitação da linha de produção para o estudo de caso, efetuou-se a cronometragem dos treze funcionários em suas respectivas funções para que fosse possível a determinação do tempo real de cada atividade e do tempo normal dos operadores. A cronometragem foi realizada com o auxílio de um cronômetro de hora centesimal, folha de observação e uma prancheta. Essa etapa ocorreu em dias aleatórios e normais, conforme a disponibilidade da empresa, resultando na coleta de dez amostras com dez cronometragens para cada atividade.

Após as cronometragens, os dados foram sintetizados por meio da média e calculados o tempo real de cada atividade e o tempo normal de cada operador. Tendo determinado os tempos reais, foi calculado o número de ciclos a fim de verificar se os dados obtidos são estaticamente viáveis para serem utilizados nos cálculos posteriores. Para a realização do cálculo foi utilizado o coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade de 95%, que equivale a 1,96, e um erro relativo de 5%. O coeficiente utilizado em função do tamanho da amostra coletada é de 3,078, que corresponde a 10 cronometragens. A amplitude foi obtida através da subtração do maior

valor cronometrado de cada amostra pelo menor valor cronometrado e a média foi obtida por meio das cronometragens de cada amostra.

Em seguida, para o cálculo do fator de tolerância, a pesquisa considerou a carga horária da empresa e as tolerâncias concedidas. Ela possui uma carga horária de 8 horas/dia e um período de 20 minutos de descanso, descanso esse que é dividido em 10 minutos no período da manhã e 10 minutos no período da tarde. Posteriormente, foi calculado o tempo padrão de cada atividade, do processo produtivo e dos operadores.

Com a determinação dos tempos dos trabalhos e o mapeamento do cenário existente na linha de produção, foram construídos os gráficos de controle de média e amplitude. Os gráficos de controle foram utilizados para verificar e monitorar a variabilidade do processo produtivo.

Em seguida, o cálculo do tempo padrão dos operadores permitiu a averiguação de qual trabalhador apresentou o melhor tempo de execução em cada tarefa no processo produtivo. Assim, esses operadores foram definidos como operadores modelos para aquela atividade.

Definidos os operadores modelos, eles foram observados durante uma semana com objetivo de identificar movimentos desnecessários que poderiam ser eliminados em busca de uma execução mais eficiente de sua tarefa desenvolvendo um novo método de trabalho. Em seguida, esses operadores foram cronometrados, utilizando a mesma quantidade de amostras e cronometragens antes do treinamento, e novamente foram calculados os tempos reais de cada atividade e do processo produtivo.

Com os tempos cronometrados pós-treinamento, foram calculados o número de ciclos, mantendo as mesmas condições do pré-treinamento, os tempos padrão das atividades e do processo e reconstruídos os gráficos de controle da amplitude e da média para monitorar o processo.

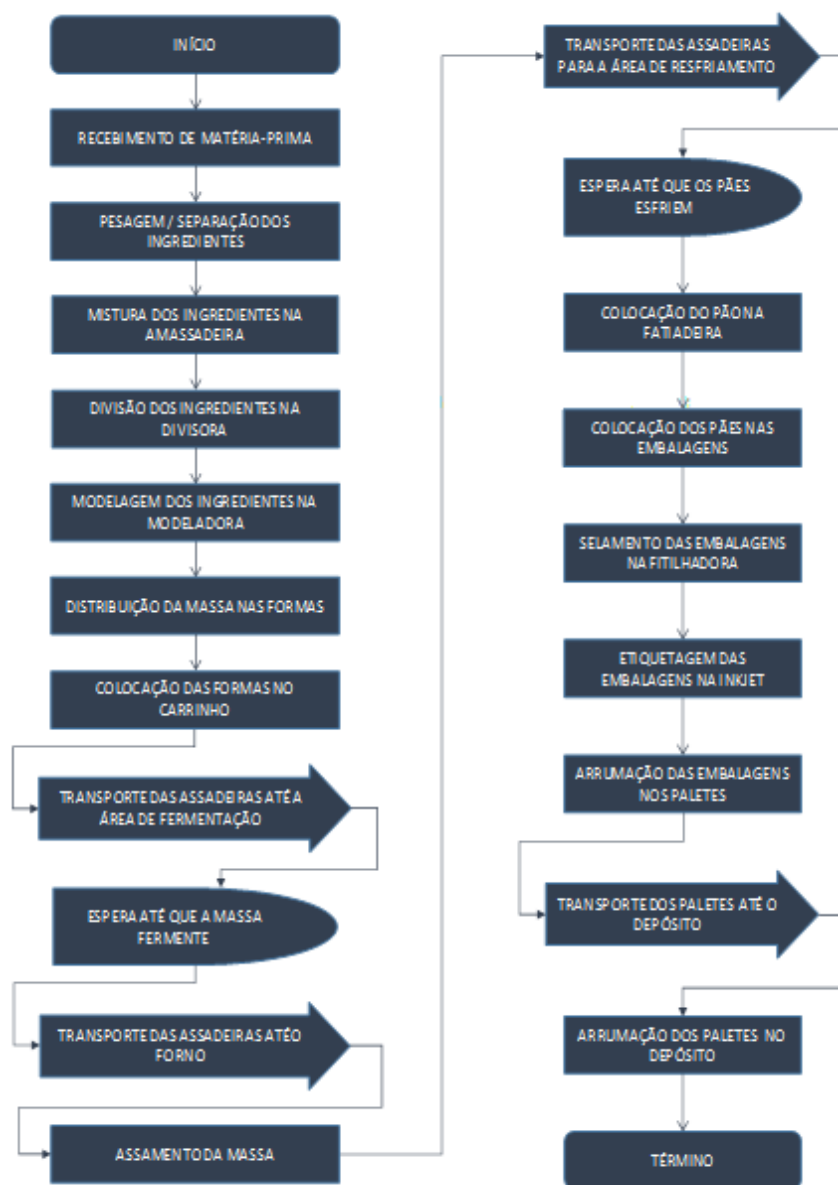
Em última análise, a pesquisa consistiu em comparar os resultados pós-treinamento com os resultados obtidos inicialmente no estudo. Comparou-se o tempo padrão de cada atividade e do processo com a finalidade de evidenciar se o treinamento concedido aos operadores selecionados para a execução da operação foi válido para reduzir o tempo de execução.

4. Resultados e discussões

4.1 Descrição do Processo

O processo de fabricação do pão de forma compreende a interação de funcionários e máquinas ao longo do processo produtivo. Para uma melhor compreensão do objeto de estudo, o mapeamento das atividades e de seus respectivos responsáveis foi obtido através da ferramenta 5W1H, conforme Apêndice A. A partir da aplicação dessa ferramenta, o fluxograma do processo produtivo do pão de forma foi elaborado conforme pode se observar na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma do processo de fabricação do pão de forma



Fonte: Elaboração Própria.

As atividades manuais para cronometragens basearam-se na ferramenta 5W1H, sendo elas: recebimento de matéria-prima, dosimetria/dosagem, distribuição, embalagem, paletização e estocagem. Foram obtidos o tempo real (TR) de cada atividade e o tempo normal (TN) de cada operador conforme as cronometragens efetuadas. A Tabela 6 sumariza as médias de cada amostra obtida e o TN.

Tabela 6 – Valores do tempo normal para cada atividade

Atividades	OP	Amostras - Tempo médio (s)										TN
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Recebimento de matéria prima	I	70,81	69,91	70,97	71,07	70,75	70,68	69,88	69,86	70,85	71,38	70,62
	II	68,66	70,04	69,46	69,84	69,98	69,34	70,92	71,08	70,47	69,66	69,95
	III	69,79	70,09	70,23	70,77	70,68	70,56	69,91	69,66	69,52	70,67	70,19
	IV	72,15	71,58	71,02	70,04	69,61	70,56	71	70,49	70,07	69,93	70,64
Dosimetria / Dosagem	I	182,94	189,84	188,44	187,78	189,94	190,49	189,9	188,63	186,91	189,82	188,47
Distribuição	IV	2,85	2,9	2,74	2,79	2,81	2,81	2,97	2,9	2,89	2,84	2,85
Embalamento	V	2,9	2,93	2,74	2,8	2,5	2,53	2,55	2,56	2,99	2,36	2,69
Paletização	VI	3,27	3,14	3	3,03	3,03	3,27	3	2,85	2,72	2,75	3,01
Estocagem	V	91,11	91,05	90,58	91,18	91,21	91,27	90,22	89,63	89,92	89,15	90,53
	VI	92,85	93,31	91,51	90,13	91,59	90,67	91,54	89,93	88,97	90,63	91,11
	VII	93,5	93,56	92,17	93,47	91,16	91,32	91,39	90,19	90,54	89,81	91,71
	VIII	94,76	93,88	93,13	92,05	90,67	89,79	91,35	89,91	89,64	89,66	91,48

Fonte: Elaboração Própria.

A Tabela 7 apresenta os valores do TR para cada atividade, independente do operador que as executou, e o tempo total necessário para fabricar o pão de forma.

Tabela 7 - Valores do tempo real para cada atividade

Atividades	Recebimento de matéria prima	Dosimetria / Dosagem	Distribuição	Embalamento	Paletização	Estocagem
TR (s)	70,35	188,47	2,85	2,69	3,01	91,21
TR (Total)	358,58					

Fonte: Elaboração Própria.

Para confirmar se o número de cronometragens efetuadas pode ser usado para a realização do estudo, foi necessária a determinação do número de ciclos. A seguir são apresentados os resultados do número de ciclos das atividades para cada atividade à luz de cada operador na Tabela 8.

Tabela 8 - Números de ciclos

Amostra	Recebimento de matéria prima				Dosimetria / Dosagem	Distribuição	Embalamento	Paletização	Estocagem			
	I	II	III	IV	I				IV	V	VI	VII
I	1	1	1	1	1	5	9	4	1	1	1	1
II	1	1	1	1	1	3	2	3	1	1	1	1
III	1	1	1	1	1	8	6	3	1	1	1	1
IV	1	1	1	1	1	7	5	5	1	1	1	1
V	1	1	1	1	1	5	5	2	1	1	1	1
VI	1	1	1	1	1	4	2	2	1	1	1	1
VII	1	1	1	1	1	1	4	6	1	2	1	1
VIII	1	1	1	1	1	2	3	3	1	1	1	1
IX	1	1	1	1	1	2	6	7	1	1	1	1
X	1	1	1	1	1	4	2	6	1	1	1	1

Fonte: Elaboração Própria.

Em função dos dados obtidos, obteve-se os seguintes resultados em relação ao número mínimo de ciclos, fatores de tolerância e tempo padrão de cada atividade. Averiguou-se que o cálculo do número mínimo de ciclos não ultrapassa nove cronometragens. Como o presente trabalho fez a utilização de uma amostra de dez cronometragens, se obteve um resultado válido para prosseguir com o estudo. Para o cálculo do fator de tolerância, é necessário determinar o tempo permissivo (p). A empresa em questão possui uma carga horária de 8 horas de trabalho diárias com um período de 20 minutos de descanso, portanto, com um $p = 0,0042$, o $FT = 1,04$. Já sobre o cálculo do tempo padrão de cada atividade, foram utilizados os dados da Tabela 7 e o FT. Desta

forma, a Tabela 9 apresenta o tempo padrão de cada atividade e do processo produtivo de fabricação do pão de forma.

Tabela 9 – Tempo padrão das atividades e do processo

Atividades	Tempo Padrão da empresa (s)	Tempo Padrão do Processo (s)
Recebimento de matéria prima	73,41	
Dosimetria / Dosagem	196,66	
Distribuição	2,97	372,92
Embalamento	2,8	
Paletização	3,14	
Estocagem	95,18	

Fonte: Elaboração Própria.

Para o cálculo do tempo padrão de cada operador, adotou-se os valores de TN obtidos na Tabela 6. A seguir, a Tabela 10 apresenta o tempo padrão de cada atividade à luz de cada operador.

Tabela 10 – Tempo padrão do operador

Atividades	OP	Tempo Padrão (s)
Recebimento de matéria prima	I	73,69
	II	72,99
	III	73,24
	IV	73,72
Dosimetria / Dosagem	I	196,66
Distribuição	IV	2,97
Embalamento	V	2,8
Paletização	VI	3,14
Estocagem	V	94,47
	VI	95,07
	VII	95,7
	VIII	95,46

Fonte: Elaboração Própria.

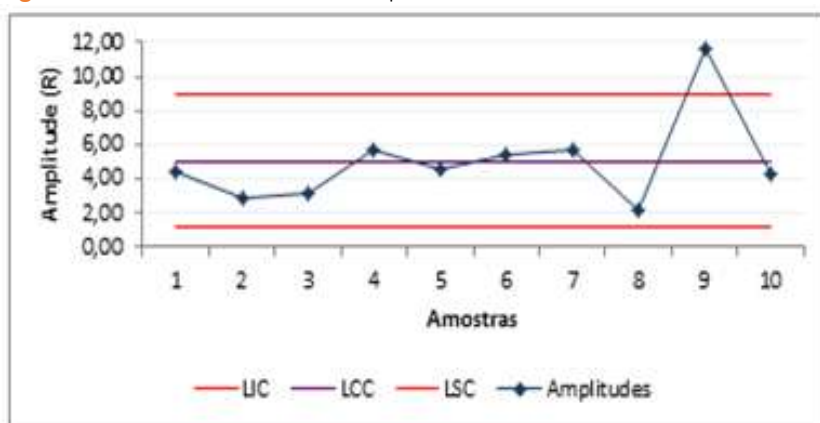
Os gráficos de controle têm como base de dados os tempos executados pelos diferentes operadores para a produção do pão de forma. Nas atividades que possuíam mais de um operador foi realizada a média entre os operadores para obtenção do tempo da atividade para cada amostra. Na Tabela 11 encontram-se os valores de limites e das zonas para as dez amostras a serem utilizados na construção do gráfico de controle da média e os limites de controle da amplitude.

Tabela 11 - Limites para os gráficos de controle da média e da amplitude

Limites	Média	Amplitude
Limite Superior de Controle LCC + 2 σ	LSC = $358,52 + (0,308 \cdot 5,00) = 360,06$ s	LSC = $1,777 \cdot 5,00 = 8,88$ s
LCC + 1 σ	359,55 s	
Linha Central de Controle LCC - 1 σ	LCC = 358,52 s	LCC = 5,00 s
LCC - 2 σ	358,01 s	
Limite Inferior de Controle	LIC = $358,52 - (0,308 \cdot 5,00) = 356,98$ s	LIC = $0,223 \cdot 5,00 = 1,11$ s

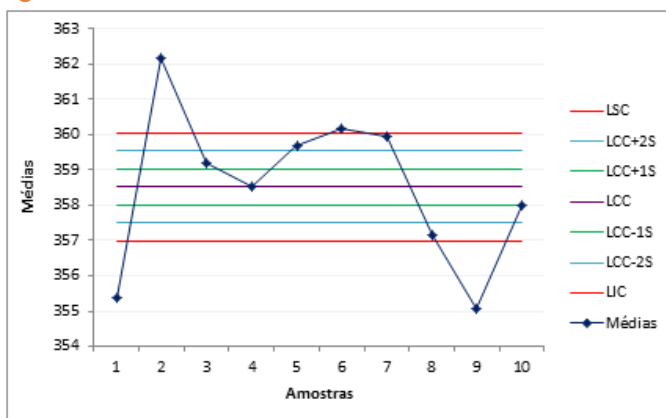
Fonte: Elaboração Própria.

A Figura 4 apresenta o gráfico de controle da amplitude. Pode-se observar que a amostra 9 encontra-se fora dos limites de controle. As demais amostras não apresentaram nenhum alarme sobre o gráfico.

Figura 4 - Gráfico de controle da amplitude

Fonte: Elaboração Própria.

Efetuada uma análise do gráfico de controle da média, Figura 5, ele apresenta dois pontos acima do limite superior de controle, amostras 2 e 6, e dois pontos abaixo do limite inferior de controle, amostras 1 e 9. Outro alarme presente no gráfico são os dois pontos de três pontos consecutivos na zona "a", que fica compreendida entre as linhas de controle LCC+2S e LSC, amostras 5 e 7.

Figura 5 - Gráfico de controle da média

Fonte: Elaboração Própria.

Após as análises dos tempos cronometrados, foram eleitos como operadores modelos os operadores que possuíam os melhores tempos cronometrados dentro de cada atividade do processo de fabricação do pão de forma. Após a seleção, eles foram observados e treinados a fim de eliminar movimentos desnecessários e melhorar o tempo de execução. A Tabela 12 apresenta os operadores selecionados por atividade.

Tabela 12 – Operadores modelos

Atividades	Operadores
Recebimento da matéria prima	II
Dosimetria / Dosagem	I
Distribuição	IV
Embalamento	V
Paletização	VI
Estocagem	V

Fonte: Elaboração Própria.

Como operador modelo para o recebimento de matéria-prima foi eleito o operador II para o qual seu treinamento consistia na padronização do seu percurso de retirada da matéria-prima do caminhão até a colocação no armazém respeitando os aspectos ergonômicos de trabalho.

Para o operador I da atividade dosimetria/dosagem, o seu treinamento foi efetuado desde a arrumação dos ingredientes mais próximos a bancada para que se fosse possível uma padronização dos movimentos de pesagem da quantidade de matéria-prima e a sua separação para a próxima etapa do processo.

Na atividade distribuição foi eleito o operador IV, para o qual o treinamento foi a padronização de seus movimentos de retirada da massa do pão de forma da máquina até depositar nas formas para serem encaminhadas a próxima etapa de produção.

Para o embalamento foi eleito o operador V sendo este treinado para a padronização de seus movimentos de retirada do pão de forma recém fatiado, injeção de ar para abertura do pacote e introdução do pão ao pacote para seguir a próxima etapa.

O operador VI foi eleito para a paletização e seu treinamento foi a padronização de seus movimentos de retirada do pão de forma da esteira e o depósito do mesmo no palete que se encontra após a esteira, arrumando os pães dentro do palete.

Na atividade estocagem, o operador V recebeu um treinamento de padronização de seus movimentos de retirada dos paletes com os pacotes de pão de forma, localizados ao fim da esteira, e levá-los até o depósito, arrumando-os.

Após a seleção dos operadores modelos e os treinamentos realizados, foi efetuada novamente as cronometragens das atividades. Os resultados obtidos foram sintetizados na Tabela 13 e, em seguida, foram obtidos os TRs de cada atividade e do processo produtivo, conforme a Tabela 14.

Tabela 13 - Média dos elementos de cada amostra pós-treinamento

Atividades	OP	Amostras - Tempo médio (s)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Recebimento de matéria prima	II	56,29	56,5	52,97	53,76	53,24	52,45	53,7	53,04	51,82	52,01
Dosimetria / Dosagem	I	166,03	165,99	167,42	165,73	168,66	168,89	165,83	168,23	167,56	166,91
Distribuição	IV	2,42	2,4	2,4	2,33	2,33	2,36	2,33	2,32	2,33	2,33
Embalamento	V	1	1,02	0,98	0,99	0,93	0,97	0,96	0,97	1	0,99
Paletização	VI	2,85	2,88	2,85	2,79	2,83	2,82	2,85	2,84	2,92	2,9
Estocagem	V	81,41	81,21	79,84	80,54	81,07	81,72	81,04	81,22	80,12	81,53

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 14 - Tempo real de cada atividade pós-treinamento

ATIVIDADES	Recebimento de matéria prima	Dosimetria / Dosagem	Distribuição	Embalamento	Paletização	Estocagem
TR (s)	53,58	168,96	2,35	0,98	2,85	80,97
TR Total (s)			309,69			

Fonte: Elaboração Própria.

A próxima etapa foi calcular o número de ciclos. A Tabela 15 mostra os valores do número de ciclos para cada atividade de acordo com cada amostra. Em função dos dados obtidos, averiguou-se que o cálculo do número mínimo de ciclos não ultrapassa sete cronometragens. Como o presente trabalho realizou amostras de dez cronometragens, obteve-se um resultado válido para o estudo. Com isso, utilizou-se os resultados obtidos para a determinação do tempo padrão pós-treinamento.

Tabela 15 - Número de ciclos pós-treinamento

Amostras	Recebimento de matéria prima	Dosimetria / Dosagem	Distribuição	Embalamento	Paletização	Estocagem
	II	I	IV	V	VI	V
I	1	1	3	5	2	1
II	1	1	3	4	2	1
III	1	1	1	4	2	1
IV	1	1	2	7	1	1
V	1	1	1	1	1	1
VI	1	1	1	2	1	1
VII	1	1	2	4	1	1
VIII	1	2	3	2	1	1
IX	1	1	2	2	1	1
X	1	1	2	2	1	1

Fonte: Elaboração Própria.

Os valores do tempo padrão de cada atividade e do processo são expostos na Tabela 16.

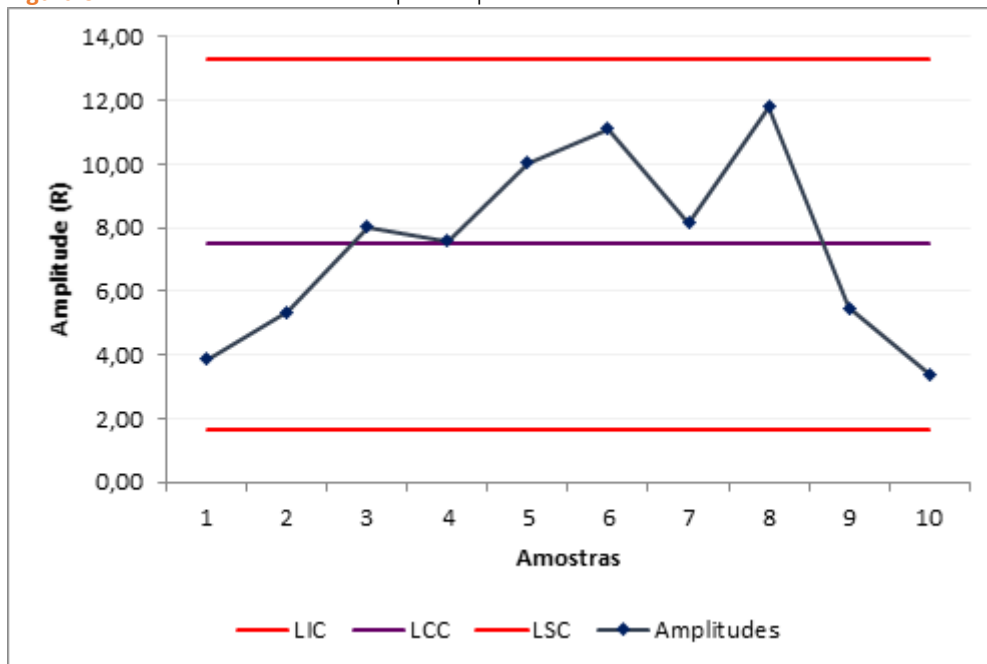
Tabela 16 - Tempo padrão pós-treinamento

Atividades	Tempo Padrão (s)	Tempo Padrão do Processo (s)
Recebimento de matéria prima	55,91	
Dosimetria / Dosagem	167,12	
Distribuição	2,46	313,97
Embalamento	1,02	
Paletização	2,98	
Estocagem	84,49	

Fonte: Elaboração Própria.

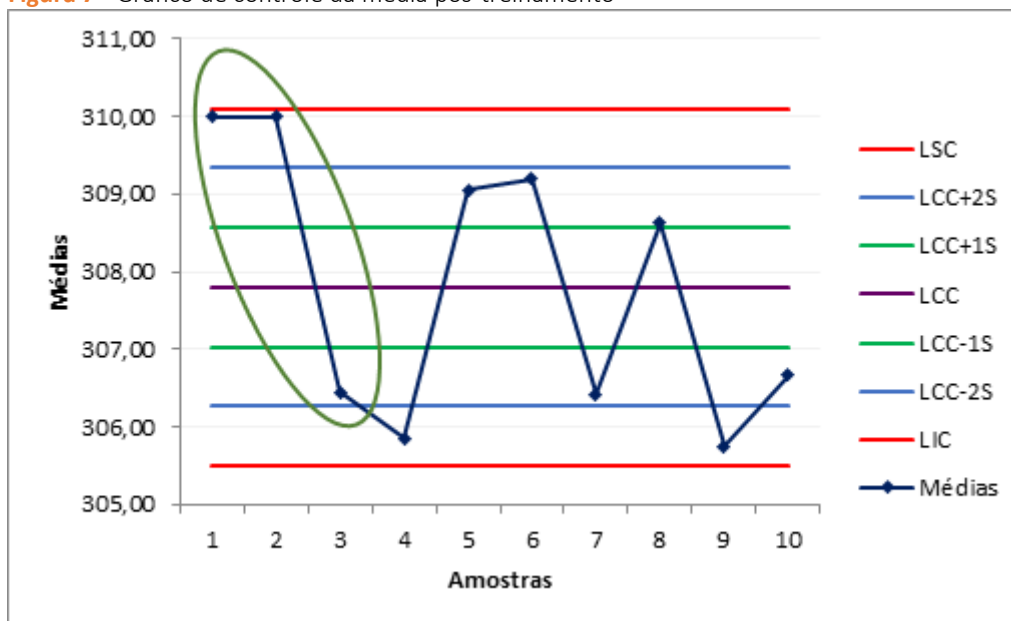
Os gráficos de controle da amplitude e da média também foram reconstruídos a fim de monitorar o processo pós-treinamento. Efetuando uma análise do gráfico de controle da amplitude, Figura 6, nota-se que não apresentou nenhum tipo de alarme. Quanto ao gráfico de controle da média, Figura 7, inicialmente tem-se um alarme de dois pontos de três pontos consecutivos na Zona “a” correspondentes as amostras 1 e 2. Este alarme não indica que uma ação corretiva deva ser realizada de imediato servindo para chamar a atenção ao monitoramento do processo.

Figura 6 - Gráfico de controle da amplitude pós-treinamento



Fonte: Elaboração Própria.

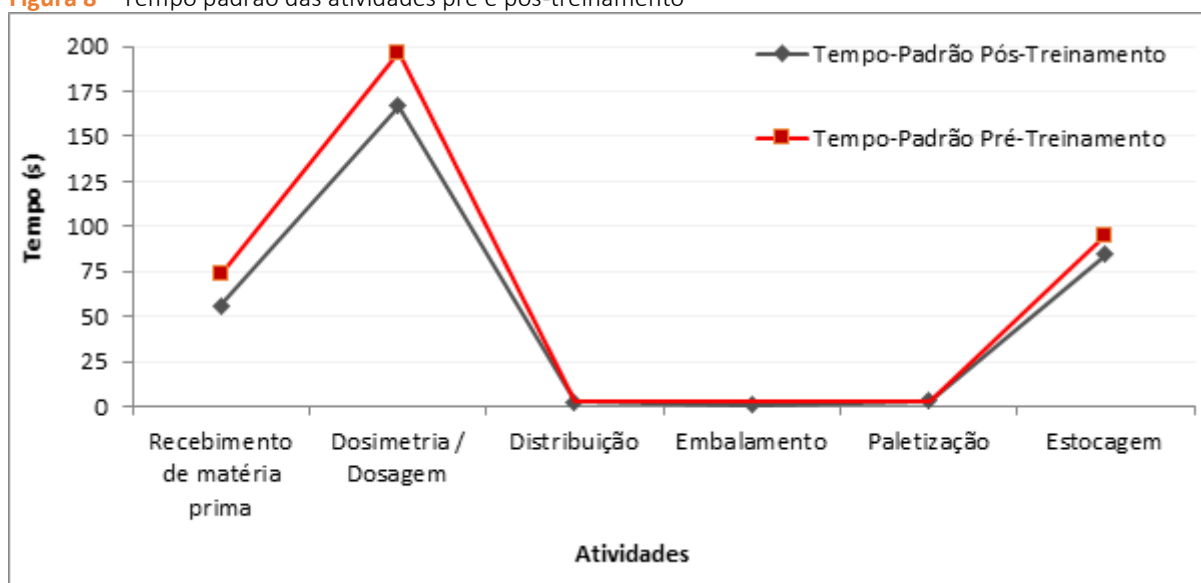
Figura 7 - Gráfico de controle da média pós-treinamento



Fonte: Elaboração Própria.

Efetuada uma comparação dos tempos cronometrados das atividades compreendendo todos os operadores, cada um na sua função, antes do treinamento, com os tempos cronometrados dos operados modelos após seu treinamento, o estudo alcançou uma redução do tempo de cada atividade e, por consequência, do tempo total do processo. Quantitativamente, o tempo do processo passou de 372,92 segundos para 313,97 segundos, apresentando uma redução de aproximadamente 16%. A Figura 8 apresenta uma comparação do tempo padrão das atividades desempenhadas pelos operadores pré e pós-treinamento e permite uma visualização da melhora nos tempos obtidos em cada atividade à luz dos dois cenários. Destacaram-se as atividades de recebimento de matéria-prima e de dosimetria/dosagem por apresentarem grandes melhoras em seus tempos padrões.

Figura 8 – Tempo padrão das atividades pré e pós-treinamento



Fonte: Elaboração Própria.

5 Conclusões

A presente pesquisa abordou de maneira conjunta a engenharia de métodos e o controle estatístico do processo nas atividades manuais que compõem a linha de produção do pão de forma, sendo elas: recebimento de matéria-prima, dosimetria/dosagem, distribuição, embalamento, paletização e estocagem. A aplicação do estudo de tempos e movimentos permitiu identificar o tempo padrão das atividades, dos operadores e do processo produtivo e os gráficos de controle possibilitaram analisar a existência das variabilidades do processo, identificando amostras nas zonas de alarmes.

Na comparação dos tempos cronometrados pré- e pós-treinamento, o estudo alcançou uma redução do tempo total do processo. O tempo do processo produtivo do pão de forma passou de 372,92 segundos para 313,97 segundos, uma redução de aproximadamente 16%, destacando-se as atividades de recebimento de matéria-prima e de dosimetria/dosagem, pois apresentaram amplas melhorias em seus tempos padrões. Essa redução foi possibilitada por meio de um treinamento, durante o qual foi possível observar os movimentos realizados, eliminar aqueles que eram desnecessários e padronizar a sequência das operações por meio de dez repetições,

características estas que fortalecem e difundem o potencial do estudo de tempos e movimentos em tempos atuais.

A escolha do operador modelo em cada atividade e o treinamento efetuado permitiu o alcance de benefícios para a linha de produção na comparação de cenários anteriores e posteriores à intervenção. O gráfico de amplitude, que antes apresentava uma amostra acima do limite superior, mostrou após o treinamento um processo totalmente sob controle. O gráfico de média que evidenciava dois pontos acima do limite superior de controle, dois pontos abaixo do limite inferior de controle e dois pontos de três pontos consecutivos na zona A, manteve-se apenas com este último, o que não implica em uma ação corretiva imediata, servindo apenas para alertar quanto ao monitoramento do processo.

No âmbito prático, o presente estudo contribuiu com a empresa para uma utilização mais eficiente da mão de obra e no aprimoramento na execução do processo de produção do pão de forma. No âmbito acadêmico, a pesquisa demonstrou como se sucede a aplicação integrada da engenharia de métodos e do controle estatístico do processo em uma indústria alimentícia. Em síntese, é possível concluir que a aplicação integrada das ferramentas proporcionou melhorias para a gestão do processo produtivo do pão de forma, possibilitando replicações em outros produtos e segmentos diante da facilidade, simplicidade e sistematização das análises e cálculos.

Apesar dos benefícios alcançados, a pesquisa apresenta limitações quanto a seleção do operador modelo, pois foi escolhido aquele que apresentava o melhor tempo de execução, isto é, o menor tempo na operação, e não o operador que apresentasse um tempo mediano. Outra limitação é que a pesquisa comparou o tempo das atividades utilizando um cenário com todos os operadores e outro apenas com o operador modelo que foi selecionado e treinado. Portanto, sugere-se como trabalhos futuros treinar todos os funcionários envolvidos nas atividades e comparar os tempos considerando um olhar isolado sob o mesmo operador e, posteriormente, um olhar direcionado ao trabalho coletivo, independente do operador que executou. Propõe-se também a implementação dos gráficos de controle no dia a dia da produção do pão de forma e a aplicação integrada da engenharia de métodos e do controle estatístico do processo nas demais linhas de produção.

Referências

- Andrade, P. P., Jr, & Kakuda, S. M. (2013). Controle estatístico em processos industriais. *Exatas & Engenharia*, 3(05), 22–33.
- Barbosa, M. B., & Vieira, F. G. D. (2017). O papel estratégico do departamento de compras em uma organização cooperativa. *Caderno de Administração*, 14(1), 74–87.
- Barnes, R. M. (2004). *Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho*. (6º ed) . São Paulo: E. Blucher, Org.
- Čampulová, M., Veselík, P., & Michálek, J. (2017). Control chart and Six sigma based algorithms for identification of outliers in experimental data, with an application to particulate matter PM 10. *Atmospheric Pollution Research*, 8(4), 700–708.
- Chang, C.-M., Kao, C.-H., Sha, W.-S., Wu, W.-H., & Chen, J.-C. (2016). Multilevel control chart and fuzzy set theory to monitor inpatient falls. *Journal of Business Research*, 69(6), 2284–2288.
- Cohen, A., Tiplica, T., & Kobi, A. (2016). Design of experiments and statistical process control using wavelets analysis. *Control Engineering Practice*, 49, 129–138.

- Contador, J. C. (2010). *Gestão de operações: Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa* (3ª ed) São Paulo: Editora Blucher.
- Costa, A. F. B., Epprecht, E. K., & Carpinetti, L. C. R. (2012). *Controle estatístico de qualidade*. São Paulo: Atlas.
- Dias, V. M., & Nunes, D. M. (2014). Estudo de tempos e movimentos para determinação da capacidade produtiva do processo de carregamento do terminal de transbordo de fertilizantes. *e-RAC*, 4(1).
- Duran, C., Cetindere, A., & Aksu, Y. E. (2015). Productivity Improvement by Work and Time Study Technique for Earth Energy-glass Manufacturing Company. *Procedia Economics and Finance*, 26(15), 109–113.
- Epprecht, E. K., & Leiras, A. (2007). Otimização conjunta de gráficos de X-barra - S ou X-barra - R: um procedimento de fácil implementação. *Production*, 17(3), 520–535.
- Faria, K. B., Santos, A. C. de S. G. dos, Mendonça, L. A., Reis, A. da C., & Salles, S. A. F. (2017). Influencing factors analysis to determine standard time of operators in a gauge calibration process. *Independent Journal of Management & Production*, 9(5), 589–606.
- Garcia, R. (2010). *Estudo de caso de controle estatístico de processo: levantamento estatístico de defeitos em molduras*. Monografia. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Itapeva, SP, Brasil.
- Gauniyal, A., Pant, K., & Agarwal, A. (2014). Time study model of a compact fluorescent lamp manufacturer in India: a case study. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 11(1), 154–164.
- Gibson, J. W., Clayton, R. W., Deem, J., Einstein, J. E., & Henry, E. L. (2015). Viewing the work of Lillian M. Gilbreth through the lens of critical biography. *Journal of Management History*, 21(3), 288–308.
- Hanamant, K., Tushar, S., Aniket, K., Mahesh, H., & Vinod, M. (2017). Time and Motion Study for Reducing Cycle Time of Planetary Carrier. *International Journal for Scientific Research & Development*, 5(04), 321–613.
- Kiran, N. V. N. I., Kumar, B. P., & Teja, B. V. R. (2015). Back Propagation Artificial Neural Networks for the Analysis of Control Chart Patterns. *International Journal of Engineering and Management Research*, 5(2).
- Konrath, A. C. (2008). *Influência do processo de medição no controle estatístico de processos* Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.
- Martins, P. G., & Laugeni, F. P. (2015). *Administração da produção* (3ª ed). São Paulo: Saraiva.
- Moktadir, M. A., Ahmed, S., Tuj Zohra, F., & Sultana, R. (2017). Productivity Improvement by Work Study Technique: A Case on Leather Products Industry of Bangladesh. *Industrial Engineering & Management*, 06(01), 1–11.
- Montgomery, D. C. (2015). *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. Rio de Janeiro: LTC.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2016). *Estatística Aplicada e Probabilidade Para Engenheiros* (6ª ed). Grupo Gen.
- Moreira, A. D. (2013). *Administração da produção e operações* (2ª ed). São Paulo: Cengage Learning.
- Mori, V. V., Kanchava, Y. B., Karetha, P. A., & Charola, M. B. (2015). Productivity Improvement by use of Time Study, Motion Study, Lean Tool's and Different Strategy for Assembly of Automobile Vehicles. *International Journal for Scientific Research & Development*, 3(2), 2321–613.
- Nabi, F., Mahmud, R., & Islam, M. (2015). Improving Sewing Section Efficiency through Utilization of Worker Capacity by Time Study Technique. *International Journal of Textile Science*, 4(1), 1–8.
- Nallusamy, S., & Muthamizhmaran, S. (2016). Enhancement of Productivity and Overall Equipment Efficiency Using Time and Motion Study Technique - A Review. *Advanced Engineering Forum*, 14, 59–66.
- Ng, J. J. (2018). Statistical Process Control Chart as a Project Management Tool. *IEEE Engineering Management Review*, 46(2), 26–28.
- Nyau, S. Y., Lee, M. H., & Wong, M. L. D. (2017). Optimal statistical design of variable sample size multivariate exponentially weighted moving average control chart based on median run-length. *Quality Technology & Quantitative Management*, 14(4), 478–495.
- Ochoa, C., Murcia, H., Fucinos, R., & Domínguez, K. (2017). New implementation of Work Sampling Analysis for validating the Present Idle Time Indicator of Maintenance and Ship Repairing Business Line of Cotecmar. *Ship Science & Technology*, 10(20), 9–18.
- Parmar, K., Parth, D., & Shingala, prof N. (2016). An optimization of process parameter in crankshaft using with time study method. *International Journal of Engineering Development and Research*, 4(2), 2321–9939.
- Patel, N. (2015). Reduction in product cycle time in bearing manufacturing company. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3(3), 466–471.
- Peinado, J., & Graeml, A. R. (2007). *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: UnicenP.
- Pimentel, L., & Barreto, F. (2015). Statistical Process Control: Separating Signal from Noise in Emergency Department Operations. *The Journal of Emergency Medicine*, 48(5), 628–638.

- Puvanasvaran, A. P., Mei, C. Z., & Alagendran, V. A. (2013). Overall Equipment Efficiency Improvement Using Time Study in an Aerospace Industry. *Procedia Engineering The Malaysian International Tribology Conference*, 68, 271–277.
- Rezende, P. A., Martins, T. L. R., & Rocha, M. F. (2017). Aplicação do estudo de tempos e movimentos no setor administrativo: estudo de caso em uma empresa mineradora. *Revista Produção e Engenharia*, 8(1), 653–665.
- Saibani, N., Muhamed, A. A., Maliami, M. F., & Ahmad, R. (2015). Time and Motion Studies of Manual Harvesting Methods for Oil Palm Fruit Bunches: A Malaysian Case Study. *Journal Technology*, 74(3), 77–83.
- Sancho, J., Pastor, J. J., Martínez, J., & García, M. A. (2013). Evaluation of Harmonic Variability in Electrical Power Systems through Statistical Control of Quality and Functional Data Analysis. *Procedia Engineering*, 63, 295–302.
- Shamsuzzaman, M., Jasim, E., & Alsyouf, I. (2016). Application of statistical process control chart for monitoring electric power losses through transmission and distribution system: A case study. Proceedings of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Detroit, Michigan, USA, 7.
- Shewhart, W. A. (1931). *Economic control of quality of manufactured product*. New York: Van Nostrand.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2009). *Administração da Produção* (3º ed). São Paulo: Atlas.
- Starovoytova, D. (2017). Time-study of Rotary-Screen-Printing Operation. *Industrial Engineering Letters*, 7(4), 13.
- Sun, J., Peng, Z., Zhou, W., Fuh, J. Y. H., Hong, G. S., & Chiu, A. (2015). A Review on 3D Printing for Customized Food Fabrication. *Procedia Manufacturing*, 1, 308–319.
- Vekariya, A., & Kumar, A. (2014). A Review on Improvement of Workflow and Productivity through Application of Time and Motion Study Technique. *International Journal for Scientific Research & Development*, 2(10), 4.
- Vieira, S. (2014). *Estatística para qualidade* (3º ed). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Weise, A. D., Bolsson, D., Medeiros, F. S. B., & Boligon, J. A. R. (2013). Um estudo sobre o tempo-padrão no processo produtivo de recapagem de pneus em uma concessionária de veículos. *Revista Gestão e Desenvolvimento*, 10(1), 113-124.

APÊNDICE A

WHAT	WHERE	WHY	WHO	HOW
O que fazer	Onde	Por quê	Quem	Como
Recebimento da Matéria-Prima	Armazém	Assegura que a matéria-prima está sendo adquirida para o cumprimento da programação de produção	OP I, OP II, OP III e OP IV	Observar o aspecto visual, prazo de validade, empilhamento máximo recomendado para cada tipo de insumo, conferência física e de valores consultando o pedido e a nota fiscal
Dosimetria / Dosagem	Armazém	Para garantir uniformidade do produto a cada ciclo de produção (formada)	OP I	Pesar e separar os ingredientes nas porções da receita
Mistura	Amassadeira	Para a homogeneização das matérias-primas	OP I	Adicionar todos os ingredientes na máquina e colocar para bater até o ponto
Divisão	Divisora	Divide e pesa o produto	OP II	Colocar a massa na máquina divisora
Modelagem	Modeladora	Para o produto tomar seu formato	OP III	Colocar a massa na esteira da máquina modeladora
Distribuição	Área de produção	Para garantir uniformidade ao produto	OP IV	Distribuir a massa nas formas (assadeiras)
Fermentação	Estufa	Para que o fermento comece a agir e a massa cresça	OP IV e OP II	Colocar as formas para "descansar" dentro de câmara específica
Cozimento	Forno	Para assar a massa	OP V, OP VI, OP VII, OP VIII e OP IX	Levar os "carrinhos" com as formas para dentro do forno e assá-los a 175 °C
Resfriamento	Área de produção	Evita o surgimento precoce de mofo	OP V, OP VI, OP VII, OP VIII e OP IX	Levar "os carrinhos" com os pães para resfriar em temperatura ambiente
Corte	Fatiadeira	Para que o pão fique em fatias	OP X	Pegar cada pão e colocar na máquina fatiadeira
Embalamento	Área de produção	Para proteger o produto e expor informações do mesmo ao cliente	OP X	Pegar cada pão e colocar dentro da embalagem
Selagem	Fitolhadora	Garantir a isolamento do produto com o ambiente externo	OP XII	Lacrar o pacote do pão de forma com fita adesiva
Etiquetagem	INKJET	Para colocar data, validade e lote	OP V ou OP VI ou OP VII ou OP VIII ou OP IX	Após o fitilho, a máquina de etiquetagem imprime os dados no pacote
Paletização	Final da esteira	Facilita o manuseio	OP XI	Acomodar os 10 pacotes de pães embalados em cima dos paletes de forma manual preservando a integridade do produto
Estocagem	Depósito	Facilita a retirada para o carregamento dos caminhões	OP X, OP XI, OP XII e OP XIII	Empilhar manualmente os 12 paletes, observando a capacidade máxima de empilhamento para não comprometer a qualidade do produto

Recebido em: 18 set. 2018 / Aprovado em: 01 abr. 2019

Para referenciar este texto

Fonseca, L. P.; Santos, A. C. S. G., Ferreira, L. A. F., Reis, A. C., & Pizetta, L. M. (2020). Aplicação integrada do controle estatístico de processo e engenharia de métodos em uma indústria alimentícia. *Exacta*, 18(1), 244-268. <https://doi.org/10.5585/Exacta.v18n1.10566>.