



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NATALY RODRIGUES VALÉRIO

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG)
PARA ANÁLISE DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA DE UMA LINHA DE BISCOITOS
RECHEADOS**

Caruaru

2021

NATALY RODRIGUES VALÉRIO

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG)
PARA ANÁLISE DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA DE UMA LINHA DE BISCOITOS
RECHEADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharelado em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão da Produção.

Orientador: Prof^ª. Dr(a) Marcele Elisa Fontana.

Caruaru

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

V164a Valério, Nataly Rodrigues.
Aplicação do índice de rendimento operacional global (IROG) para análise da eficiência produtiva de uma linha de biscoitos recheados. / Nataly Rodrigues Valério. – 2021.
72 f. ; il. : 30 cm.

Orientadora: Marcele Elisa Fontana.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de produção, 2021.
Inclui Referências.

1. Eficiência - Produtividade. 2. Manutenção produtiva total. 3. Processo produtivo.
I. Fontana, Marcele Elisa (Orientadora). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.) UFPE (CAA 2021-135)

NATALY RODRIGUES VALÉRIO

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG)
PARA ANÁLISE DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA DE UMA LINHA DE BISCOITOS
RECHEADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharelado em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 27/08 / 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Marcele Elisa Fontana (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^º. Dr. Rodrigo Lopes Sampaio (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^º. Me. Daiane de Oliveira Costa (Examinador Externo)
Universidade Federal do Ceará

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter tornado meu sonho possível, sem Ele não conseguiria ter chegado até aqui.

Aos meus pais que sempre acreditaram em mim e fizeram com que eu também acreditasse.

Ao meu marido Édipo Holanda pelo apoio e compreensão nos momentos difíceis.

À minha família que sempre me deu o suporte necessário para que eu pudesse seguir em frente mesmo em momentos difíceis, em especial à minha irmã Suzane Valério e meu pai Jucelino Valério que me deram todo o apoio pra que eu fizesse essa graduação e me incentivaram a não desistir mesmo quando parecia não ser mais possível continuar.

Aos meus amigos que tornaram a caminhada mais leve, mesmo sendo tão longa, em especial a Sabrina Albuquerque, Izabelle Morais e Tainá Melo, o suporte que encontramos juntos me fez seguir em frente nos dias difíceis.

A minha orientadora Marcele Fontana por aceitar assumir esse desafio comigo além de todo apoio, compreensão, mensagens de incentivo, disponibilidade e conhecimentos transmitidos, atitudes imprescindíveis para a conclusão deste trabalho.

Por fim, gostaria de agradecer à empresa objeto desse estudo, em especial ao coordenador Edson Gonçalves, que abriu todas as portas para a pesquisa e lutou pela implementação de cada melhoria, sempre acreditando nos resultados que alcançaríamos com este trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi implementar e avaliar o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) em uma linha de produção fabril de biscoitos recheados. O IROG tem se mostrado de grande valia quando se busca a melhoria contínua nos processos produtivos. A alta concorrência exige que as empresas estejam sempre em busca do aumento de sua produtividade através da excelência em seus processos. Alinhado à Gestão de Postos de Trabalho (GPT), o IROG permite avaliar quais os recursos considerados críticos em cada posto de trabalho existente em uma linha produtiva e traçar os meios para aumentar a eficiência. Metodologicamente, os seguintes passos básicos foram seguidos: o mapeamento do processo da linha de produção estudada, definição do Postos de Trabalho, adequação dos dados à natureza do processo produtivo e, por fim, a implementação do IROG. Nesta fase, os postos de trabalho com pior rendimento foram a Recheadora e a Embalagem, respectivamente. De acordo com os dados obtidos, foram propostas algumas ações de melhorias, que por serem consideradas viáveis pela organização, foram implementadas. A reavaliação do IROG mostrou um crescimento do IROG no posto de trabalho da Recheadora de 40% para 67% e de 55% para 74% no posto de trabalho da Embalagem. Além destes os demais postos apresentaram significativa melhora em seus valores.

Palavras-chave: IROG. Eficiência. GPT.

ABSTRACT

The objective of this work was to implement and evaluate the Global Operating Income Index(IROG) in a factory production line of stuffed cookies. The IROG has proven to be of great value when seeking continuous improvement in production processes. The high competition demands that companies are always looking to increase their production through excellence in their processes. In line with Workplace Management (GPT), the IROG makes it possible to assess which resources are considered critical in each existing work station in a production line and outline the means to increase efficiency. Methodologically, the following basic steps were followed: process mapping of the studied production line, definition of workstations, data adaptation to the nature of the production process and, finally, the implementation of the IROG. At this stage, the jobs with the worst performance were Recheadora and Packaging, respectively. According to the data obtained, some improvement actions were proposed, which, as they are considered viable by the organization, were implemented. The IROG reassessment showed a growth of the IROG in the Recheadora job from 40% to 67% and from 55% to 74% in the Packaging job. In addition to these, the other posts showed a significant improvement in their values.

Keywords: IROG. Efficiency. GPT.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Etapas da Pesquisa	33
Figura 2 –	Fluxograma do Processo Produtivo	34
Figura 3 –	Definição dos Postos de Trabalho	36
Figura 4 –	Distribuição do retrabalho nos postos de trabalho	40
Figura 5 –	Registro de Paradas de Linha	41
Figura 6 –	Gráfico de Pareto LI2	44
Figura 7 –	Gráfico de Paradas por Postos e Tipos	46
Figura 8 –	Gráfico de Paradas por Postos	47
Quadro 1 –	Principais problemas identificados na linha.....	52
Figura 9 –	Identificação do lote da vez no açúcar moído	54
Figura 10 –	Comparação entre os filmes após a troca de fornecedor ..	55
Figura 11 –	Antes e depois das casquinhas após as melhorias	56
Figura 12 –	Tela do forno com as receitas salvas	56
Figura 13 –	Antes e depois da substituição da faca do forno	58
Figura 14 –	Gráfico de Redução percentual de paradas por Posto de Trabalho	60
Figura 15 –	Comparação no IROG antes e depois das melhoria	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Capacidade Produtiva – LI2	35
Tabela 2 –	Equipamentos Críticos no Posto de Trabalho	38
Tabela 3 –	Paradas de Linha 2º Semestre de 2020	42
Tabela 4 –	Paradas por Postos e Tipos	45
Tabela 5 –	Índice de Disponibilidade (μ_1) – 2020	48
Tabela 6 –	Índice de Desempenho (μ_2) -2020	49
Tabela 7 –	Índice de Qualidade (μ_3) – 2020	50
Tabela 8 –	Índice de Rendimento Operacional Global (μ_{total}) -2020	50
Tabela 9 –	Índice de Disponibilidade (μ_1) – 2021	59
Tabela 10 –	Índice de Desempenho (μ_2) – 2021	60
Tabela 11 –	Índice de Qualidade (μ_3) – 2021.....	61
Tabela 12 -	Índice de Rendimento Operacional Global – 2021	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA.....	11
1.2	OBJETIVOS.....	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos	14
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - TPM.....	15
2.1.1	Pilares do TPM	17
2.1.1.1	Manutenção Autônoma.....	17
2.1.1.2	Manutenção Planejada.....	18
2.1.1.3	Melhoria Específica.....	18
2.1.1.4	Controle Inicial.....	18
2.1.1.5	Manutenção da Qualidade.....	19
2.1.1.6	Segurança e Meio Ambiente.....	19
2.1.1.7	Educação e Treinamento.....	19
2.1.1.8	Administrativo.....	19
2.1.2	Programa 5s	20
2.2	ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG).....	21
2.2.1	Gestão dos Postos de Trabalho (GPT)	21
2.2.2	Capacidade de Produção	24
2.2.3	AS Seis Grandes Perdas de Nakajima	25
2.2.4	Cálculo do IROG	27
3	METODOLOGIA	30
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	30
3.2	DELIMITAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	31
3.3	TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS	32
3.4	ANÁLISE DOS DADOS.....	32
4	ESTUDO DE CASO	34
4.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	34
4.2	MAPEAMENTO DO PROCESSO	35
4.3	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DA LINHA	37
4.4	DEFINIÇÃO DOS POSTOS DE TRABALHO	38

4.5	RETRABALHOS NO PROCESSO PRODUTIVO	40
4.6	PARADAS DE LINHA	42
4.6.1	Relatórios Paradas de Linha	43
4.6.2	Relatórios de paradas de Linhas por Equipamento.....	46
4.7	SÍNTESE CONCLUSIVA	49
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1	AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG)	50
5.2	PROPOSTA DE MELHORIAS	53
5.3	MELHORIAS IMPLEMENTADAS	55
5.3.1	Lances da lona de resfriamento.....	55
5.3.2	Entupimento dos estêncils	55
5.3.3	Temperaturas elevadas nas zonas do túnel de resfriamento	56
5.3.4	Troca do fornecedor de filmes de embalagem	56
5.3.5	Otimização do conjunto de motores e sistema da recheadora	57
5.3.6	Troca da faca da moldadora, para evitar biscoitos com excessos.	57
5.3.7	Padronização do processamento de massa e na curva de forno para manter a espessura ideal	58
5.3.8	Manutenção preventiva periódica na recheadora	59
5.3.9	Substituição dos tubos das bombas de recheios	59
5.3.10	Estudo de empilhamento ideal, por meio de vibração	59
5.3.11	Substituição da faca de saída do forno, para evitar a desordem das casquinhas	59
5.3.12	Estoques de peças de reposição para manutenção mecânica	60
5.3.13	Manutenção preventiva de lubrificação das engrenagens das embaladoras	60
5.3.14	Treinamento e apresentação dos indicadores encontrados	61
5.4	REAVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL	61
6	CONCLUSÃO	66
6.1	CONTRIBUIÇÕES E IMPLICAÇÕES GERENCIAIS	67
6.2	POTENCIAL PARA FUTURO TRABALHOS	67
	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

A concorrência acirrada tem, cada vez mais, incentivado as empresas de todos os ramos a buscarem investir naquilo que venha a oferecer vantagem competitiva e uma consequente permanência no mercado. De acordo com Kardec e Nascif (2004), as organizações vem buscando, perseverantemente, novas ferramentas de gerenciamento capazes de direcioná-las para uma maior competitividade através da produtividade e qualidade de seus produtos, processos e serviços. O aprimoramento dos processos produtivos é um ponto de extrema importância, já que tem ligação direta com a redução de custos e garantia de uma produção eficiente (CORRÊA e CORRÊA, 2004).

A indústria alimentícia não foge a essa realidade, de acordo com Jain & Lyons (2009) é recorrente que o setor seja pressionado pela concorrência para otimizar seu processo através do aumento de produtividade e eficiência para assim, atender as expectativas dos consumidores no que diz respeito a preços acessíveis, prazos de entregas pequenos e flexibilidade na produção. A alta concorrência do setor não permite que a empresa atue sem conhecer e avaliar seus pontos críticos. Para Tupy e Serillo (2006) a eficiência no setor industrial alimentício, possui ligação direta com a adoção de novas tecnologias que propiciem aumento de produtividade, os ganhos em escala e principalmente a minimização dos custos operacionais.

Atingir altos nível de produtividade não é considerada uma tarefa fácil; é importante ter conhecimento acerca do processo produtivo por completo, considerando as suas limitações e capacidade de atuar sobre uma necessária gestão de mudanças. Além disso, essa busca pelo aumento de eficiência precisa ser analisada acerca de diferentes facetas. Nesse sentido, de acordo com Antunes et al. (2013) o Índice de Eficiência Operacional Global (IROG) é reconhecido como um indicador com a capacidade de monitorar e mensurar a eficiência global dos equipamentos no âmbito industrial, sendo utilizada como uma ferramenta que colabora para identificar as deficiências no processo de produção e reduzir os custos de produção possibilitando, através seus resultados, aperfeiçoar a gestão organizacional no setor produtivo.

Esse índice é obtido através do produto de três outros índices: o Índice do Tempo Operacional – ITO, o Índice de Performance Operacional – IPO e o Índice de Produtos Aprovados – IPA. De acordo com Souza et al. (2018), a utilização do IROG

auxilia as empresas na análise das reais condições da utilização de seus equipamentos; além disso, indica áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias. E, com a adoção das técnicas do Sistema Toyota de Produção por inúmeras empresas assim como com o desenvolvimento acelerado da Filosofia Lean Manufacturing, o IROG se tornou uma das técnicas padrões mundiais para medição do desempenho de equipamentos.

Neste contexto, o presente trabalho expõe um estudo no qual se aplica a utilização do índice de rendimento operacional global (IROG) em uma linha de produção de biscoitos recheados em uma indústria do setor alimentício, localizada no interior do estado de Pernambuco, a fim de fornecer à empresa parâmetros que norteiem suas tomadas de decisões estratégicas, e possibilite à alta gestão identificar os gargalos e as oportunidades de melhorias presentes em seus processos e equipamentos.

1.1 Justificativa

No mercado atual, o aumento da produtividade e a redução de custos associados a busca por melhorias é um fator indispensável para que as empresas consigam gerar vantagens competitivas sustentáveis e se manterem firmes no mercado. Tratando-se do setor de alimentos, de acordo com Campos (2016), 10% do total do Produto Interno Bruto – PIB do país é representado por essa área. Fazendo com que o setor seja reconhecido internacionalmente pelo seu desenvolvimento e estrutura. Costa e Silva (2018) comentam que esse setor contribui fortemente com a economia brasileira e tem forte potencial de fortalecimento, mas necessita de sustentações estratégicas.

A partir do advento do conceito de Manutenção Produtiva Total, mais comumente conhecida pela sigla TPM, foi percebido a necessidade de uma visão totalizante do sistema manufatureiro. Segundo Becker et al. (2015) o TPM busca aumentar a eficácia dos equipamentos pela redução ou minimização de seis tipos de perdas que precisam ser identificadas no processo, são elas: perdas devido à quebra, perdas devido a setup e ajustes, perdas devido à ociosidade e pequenas paradas, perdas por redução de velocidade, perdas por produção de produtos defeituosos e perdas por baixo rendimento. Esta metodologia defende a ideia de que para se ter um sistema produtivo eficiente é necessário que os equipamentos funcionem com seu

rendimento total, que todo o sistema deve ser considerado e todos os participantes do sistema devem estar envolvidos com a engenharia, a produção e a manutenção.

Com base neste preceito, evidencia-se a necessidade de indicadores que possam mensurar o rendimento dos equipamentos para que as indústrias possam identificar onde se concentram suas oportunidades de melhoria, o IROG é uma poderosa ferramenta para esta análise. Para Antunes et al. (2004) a adoção do IROG é capaz de possibilitar uma redução nos custos na produção, permitindo que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus equipamentos. Através dele é possível identificar as principais causas da ineficiência dos equipamentos críticos e de todo o funcionamento do posto de trabalho analisado. Esta análise não é restrita apenas a um equipamento, o IROG permite analisar um grupo de máquinas de uma linha ou mesmo de uma célula de manufatura, rastreando o item de eficiência mais baixa, fazendo com que o grupo de gestão se concentre na melhoria deste recurso.

De acordo com Zuashkiani et al. (2011) é possível alcançar retornos consideráveis com pequenas melhorias na eficiência global dos equipamentos que acabam por fundamentar novos investimentos, aprimorar os projetos, como também fortalecer a necessidade de adquirir novos equipamentos. Com isso, este trabalho justifica-se, dado que o IROG mostrará à empresa quais as suas reais condições de operação, pelo mapeamento de todo o processo produtivo e identificação dos gargalos e recursos críticos existentes na linha analisada. Isso possibilitará uma visão mais clara para tomada de decisões e avaliação da lógica gerencial da rotina e postos de trabalho, além de apontar os meios necessários para o aumento deste índice o que poderá levar a aumento de produtividade e lucratividade da empresa.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Implantar e avaliar o Índice de Rendimento Operacional Global – (IROG) em uma linha de produção de biscoitos recheados visando o aumento da eficiência produtiva.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar o mapeamento do processo produtivo e identificar os postos de trabalho;

- b) Identificar os pontos críticos do sistema produtivo;
- c) Aplicar o IROG a cada equipamento em análise;
- d) Avaliar os dados obtidos de forma sistêmica; e
- e) Propor melhorias para a linha de produção estudada, de acordo com a realidade da empresa.

1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho em questão foi dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo é composto pela introdução, a devida justificativa do estudo e os objetivos (geral e específicos). O capítulo 2 fornece uma estrutura envolvendo conceitos e revisão da literatura dos principais temas abordados, como: Manutenção Produtiva Total (TPM) e o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG). Por conseguinte, no terceiro capítulo, é descrita a metodologia utilizada por meio de uma sequência de passos associados a aplicação prática. No capítulo 4 é apresentado o estudo de caso realizado, de forma detalhada. No capítulo 5, são explanados os resultados obtidos envolvendo todas as discussões atreladas a estes. Por fim, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões acerca do estudo, assim como as limitações e trabalhos futuros associados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta, o embasamento teórico utilizado para pesquisa, ressaltando os principais conceitos e termos necessários para o completo entendimento do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG). Abordando o surgimento da Manutenção Produtiva Total (TPM), metodologia que evidenciou a necessidade da criação desse índice, como também os conceitos de Gestão de Postos de Trabalhos (GPT), Gargalos e CCR"s (Recursos com Restrição na Capacidade) e As Seis Grandes Perdas de Nakajima, encerrando o capítulo com os cálculos necessários para se obter o resultado do IROG em cada ponto de análise.

2.1 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL – TPM

A Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance* – TPM) surgiu no Japão, por volta da década de 70, sendo uma consequência da busca constante pela melhoria contínua da qualidade, após a introdução das técnicas de manutenção preventiva vindas dos Estados Unidos (por volta de 1950) que objetivava antever a ocorrência de falhas por monitoramento e medições, cuja intervenção no equipamento passa a ser baseada na condição do equipamento e não mais no tempo (FILHO et al., 2017).

Os princípios do TPM estão intimamente relacionados com as diferentes técnicas de manutenção. Segundo Ribeiro (2019), para obter um bom entendimento acerca desses princípios, primeiramente é necessário entender tais técnicas de manutenção, sendo elas:

- **Manutenção Corretiva:** trata-se de uma técnica de manutenção onde ocorre somente após a interrupção do processo. Desta forma, é a menos desejada em ser utilizada, pois ocorre após a falha no equipamento que está sendo utilizado no processo industrial. Sendo assim, este tipo de manutenção não é planejada, além de gerar elevados prejuízos pela interrupção do processo produtivo e gastos com reparo.
- **Manutenção Preventiva:** trata-se de uma técnica de manutenção que ocorre antes que um defeito mais grave ocorra no equipamento, visando a realização

de manutenções periódicas com menor custo as comparadas após um defeito grave no equipamento; é realizada de forma planejada, sendo assim, considerada uma técnica mais desejada. Assegura maior confiabilidade ao equipamento durante a produção e é realizada durante intervalos de produção, não comprometendo o processo produtivo e conseqüentemente, prejuízos.

- **Manutenção Corretiva Programada:** trata-se de uma técnica que permeia a manutenção corretiva e a preventiva. As intervenções são realizadas de forma programada, porém, para realização de manutenções corretivas, ou seja, de maiores custos, ainda assim, não compromete a execução de um processo industrial.
- **Manutenção Preditiva:** seu objetivo é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através do acompanhamento de parâmetros, permitindo a operação por maior tempo possível. É prever as condições dos equipamentos, ou seja, privilegia a disponibilidade à medida que intervenções são feitas no equipamento.

Visto isso, o TPM é resultado do aprimoramento de diversas técnicas de manutenção, manutenção do sistema de produção e engenharia de confiabilidade, com o foco na falha zero e quebra zero dos equipamentos. Assim como, defeito zero nos produtos e perda zero nos processos, a partir da participação direta de operadores e o grupo de pessoas encarregadas de fazer manutenção em equipamentos e máquinas (NASCIMENTO, DINIZ e GABÚ, 2017).

Um dos princípios do TPM é o aperfeiçoamento do rendimento global das instalações por meio de uma organização baseada no respeito à criatividade humana e com a participação geral dos funcionários da empresa. Seguindo este princípio, o TPM ajuda os operadores a compreenderem, de modo mais claro, seu equipamento e ampliarem a gama de tarefas de manutenção que podem praticar, dando-lhes oportunidade de adquirir novos conhecimentos. Uma vez que reforçar a motivação, gera interesse e preocupação pelo equipamento e alimenta o desejo de manter o mesmo em ótimas condições (FILHO et al., 2017).

2.1.1 Pilares do TPM

Para Tenório (2000), um dos princípios essenciais do TPM consiste na eliminação total das perdas por toda a empresa, enfatizando que além da melhoria dos resultados da empresa, conseguidos através da eliminação das perdas e reduções dos custos, a metodologia objetiva melhorar o ambiente de trabalho, transformando as instalações em ambientes agradáveis e seguros. A partir desses conhecimentos, o TPM se resume em oito pilares, e são eles a base do programa.

2.1.1.1 Manutenção Autônoma

A manutenção autônoma é o pilar que diz respeito ao desenvolvimento dos operadores, tornando-os aptos a estabelecer e manter as condições básicas e operacionais de seus equipamentos. São definidas sete etapas, as quais os operadores devem seguir ao estabelecer um cronograma (SHIROSE, 1995):

1. Limpeza e inspeção: eliminar toda sujeira, realizando lubrificações e apertos em parafusos e possivelmente encontrar e corrigir anomalias.
2. Eliminação de sujeira de locais de difícil acesso: prevenir a dispersão e melhorar a acessibilidade para a limpeza e lubrificação, otimizando o tempo de limpeza e inspeção.
3. Padrões de limpeza e lubrificação: adotar e documentar padrões de limpeza e lubrificação do equipamento que garantam eficiência.
4. Inspeção geral: treinar o funcionário para ser capaz de realizar inspeção geral no equipamento para possivelmente encontrar e corrigir pequenas anomalias.
5. Inspeção autônoma: elaboração de calendário de manutenção autônoma em forma de *check list* para inspeção pelo operador.
6. Padronização: padronização e gerenciamento de todos os processos de manutenção autônoma a ser realizado pelo operador, tal como: padrões de limpeza, lubrificação e inspeção, padrões de fluxo de materiais na planta, padrões para método de registro de dados e padrões para gerenciamento de ferramentas.
7. Gestão autônoma: fazer com que todas essas atividades se tornem parte do trabalho diário, promovendo a autogestão do equipamento.

2.1.1.2 Manutenção Planejada

O pilar da Manutenção Planejada tem foco nas atividades da manutenção e em como otimizar atividades de diversos tipos de manutenção, corretiva, preventiva e preditiva, para possibilitar a extinção de perdas por falhas com um custo mínimo (ARROMBA, 2018). Para uma implementação eficaz da manutenção planejada, Nakajima (1989) *apud* Santos (2018) cita seis ações básicas de implementação:

- ✓ Avaliar e compreender o estado atual do equipamento, avaliando as informações de falhas e estabelecendo objetivos de manutenção;
- ✓ Restaurar a deterioração adotando medidas para impedir que ocorra falhas repetidas, e corrigir imperfeições de projeto através dos grupos de melhoria;
- ✓ Elaborar um histórico de falhas dos equipamentos, bem como levantamento dos dados de peça de reposição, orçamento de manutenção e toda a sua gestão;
- ✓ Sistematização de controle de peças em estoque, lubrificação e reposição preventiva;
- ✓ Elaboração de um sistema de manutenção preditiva que tenha impacto direto nas manutenções preventivas, de modo a minimizá-las;
- ✓ Revisão periódica da sistemática de manutenção planejada, de forma que melhore o sistema produtivo e a eficiência da manutenção aplicada.

2.1.1.3 Melhoria Específica

Este pilar dita as necessidades de melhorias individuais dos equipamentos para se atingir uma eficiência global máxima. Requer um trabalho cuidadoso por parte de todos os setores da empresa: manutenção, produção, engenharia e pessoal técnico; uma vez que se deve realizar uma análise de *Overall Equipment Effectiveness* - OEE (Eficiência Global de Equipamento), o qual leva em consideração fatores como a disponibilidade do equipamento (tempo de atuação), sua eficiência e a qualidade de seu produto (SANTOS, 2018).

2.1.1.4 Controle Inicial

O pilar de controle inicial visa determinar um sistema de gerenciamento da fase inicial para novos projetos, eliminar as falhas no início e implantar sistemas de monitoramento. Sendo de grande relevância a determinação de algumas características ao iniciar o desenvolvimento de novos projetos e aquisição de novos

equipamentos, como, a confiabilidade, manutibilidade, segurança, operacionalidade e custos. Utilizar essa gestão inicial permite a obtenção de controle sobre os custos do ciclo de vida do equipamento e a realização de projeções de prevenção, como consequência, a produtividade ideal do equipamento é antecipada gerando economia no custo de seu ciclo de vida (FILHO et al., 2017; SANTOS, 2018).

2.1.1.5 Manutenção da Qualidade

Este pilar é direcionado ao controle de qualidade dos produtos a fim de atingir o alvo de defeitos zero, a garantia de qualidade e a eliminar gastos com retrabalho e reclamações dos clientes. Confere métodos de abordagem proativas que visam o reconhecimento de fatores que podem interferir na qualidade do produto, bem como método de acompanhamento destes fatores, como modo de melhoria contínua (MELO e LOOS, 2018).

2.1.1.6 Segurança e Meio Ambiente

É o pilar que visa garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável, estimulando ações por parte dos funcionários, a práticas de atividades ambientalmente favoráveis. Também busca a eliminação de possíveis riscos de incidentes que gerem danos e de acidentes, atribuindo se for o caso, procedimentos padrões de operação (MELO e LOOS, 2018).

2.1.1.7 Educação e Treinamento

Visa o aprimoramento intelectual dos funcionários, é o pilar que dita a transmissão de conhecimento e habilidades relativos à tecnologia, controle de qualidade e relações interpessoais a partir da realização de um programa de capacitação em busca de atingir os objetivos organizacionais e estimular as habilidades dos funcionários no desenvolvimento do TPM. Cabe também ao pilar garantir avaliações e atualizações periódicas das habilidades necessárias aos funcionários (ARROMBA, 2018).

2.1.1.8 Administrativo

É o pilar dos departamentos administrativos, os quais são responsáveis por controlar as informações necessária para o bom funcionamento do TPM. Foca-se em realizar melhorias no setor, através do aprimoramento de sinergia entre as áreas, e focando a atenção do setor em problemas relacionados aos custos, além de

implantação de programas de qualidade, como o 5S^os nos escritórios (SANTOS, 2018; ARROMBA, 2018).

2.1.2 Programa 5S

Os pilares do TPM são sustentados por um programa que é a base da Manutenção Produtiva Total, o programa 5S, uma vez que o mesmo promove uma cultura na empresa por parte dos funcionários que visa a organização, limpeza, higiene e disciplina, fatores fundamentais relacionados a alta produtividade (TEIXEIRA, 2017).

O programa 5S recebe esse nome pelas 5 palavras japonesas, sendo o programa originário do Japão, que significam em tradução livre para o português brasileiro, o seguinte (SCHÜTZ, 2015):

- *Seiri* – Senso de Utilização: Visa a remoção de qualquer objetivo no local de produção que não é necessário no momento, realizando seu descarte/remoção.
- *Seiton* – Senso de Organização: Organizar o ambiente com sistema de separação e identificação eficientes e práticos, a fim de minimizar/eliminar o esforço e tempo de procura.
- *Seiso* – Senso de Limpeza: O mais importante nesse conceito não é o ato de limpar, mas o ato de “não sujar”. Isto significa que além de limpar, é preciso identificar as fontes de sujeiras e as respectivas causas.
- *Seiketsu* – Senso de Saúde e Higiene: Esse senso visa a melhoria da qualidade de vida, criando condições que favoreçam a saúde física, mental e emocional. A implantação desse senso é essencial para garantir a sustentação dos três anteriores, visto que a melhoria da qualidade de vida no trabalho estimula a adesão e comprometimento de todos com a nova filosofia.
- *Shitsuke* – Senso de Autodisciplina: Garantir a autodisciplina de todos os responsáveis por manter a funcionalidade do programa, a fim de tornar os hábitos uma rotina diária no ambiente de trabalho.

A implementação do TPM é um processo longo, podendo levar até anos, por isso é dividido em quatro fases: preparação, lançamento, aplicação e regime estabelecido, tendo estas ainda doze subdivisões.

2.2 ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG)

A TPM tem como filosofia a conquista da “quebra zero” ou “falha zero” das máquinas e equipamentos. Com isso, surgiu a busca pela eficiência de máquinas e equipamentos já que uma máquina em perfeitas condições e disponível proporciona elevados rendimentos operacionais, redução de custos e até de níveis reduzidos de estoque (NAKAJIMA, 1989).

Segundo Nakajima (1989), a fim de acompanhar a evolução dos resultados obtidos pelo sistema produtivo TPM, foi proposto um indicador de eficiência operacional, denominado Índice de Rendimento Operacional Global (IROG). Pacheco et al. (2012) disseram que esse índice pode ser aplicado em diversos níveis dentro de um sistema de manufatura. Conforme Braglia et. al (2009), através desse indicador é possível avaliar a eficiência de um equipamento de forma completa, já que envolve toda a forma como são usados os equipamentos, homens, materiais e métodos, fornecendo assim, uma medida robusta da produção real de valor agregado para um equipamento.

Para Muchiri e Pintelon (2008), o IROG é um poderoso utensílio na medição de desempenho auxiliando na determinação de diferentes tipos de perdas presentes na produção, além de apontar os pontos de melhorias nos processos. Ao se utilizar de métodos como o IROG que realizam o monitoramento e cálculo constante da eficiência produtiva dos recursos, é possível traçar planos de ação que busquem resolver as principais razões de ineficiência dos sistemas de produção. (ANTUNES et al., 2008).

Antunes Jr. e Klippel (2001) disseram que, para calcular o IROG, é necessário definir se o posto do trabalho em questão é ou não considerado um recurso restritivo ao fluxo de produção, já que o tempo disponível está atrelado a essa informação. Para isto é importante entender os conceitos atrelados à Gestão de Postos de Trabalho.

2.2.1 Gestão dos Postos de Trabalho

A Gestão de Postos de Trabalho (GPT) consiste em uma abordagem baseada nas metodologias do STP (Sistema Toyota de Produção) e na TOC (*Theory of Constraints*, no português „Teoria das restrições“). Seu intuito é potencializar os ativos da organização (pessoas e máquinas), através do aumento da produtividade e da capacidade produtiva (ANTUNES et. al., 2013). De acordo com Antunes e Klippel

(2001), a GPT tem como base aprimorar a utilização dos equipamentos, instalações e funcionários das empresas, usando como meio a ampliação da capacidade e a flexibilização da produção, sem que para isso, seja necessário a aplicação de altos investimentos financeiros.

Segundo Fick (2017), a GPT sugere uma perspectiva que se observe o ambiente fabril por meio de uma visão sistêmica, considerando uma integração de todos os profissionais, independente do setor que atuam, trabalhando de forma integrada e focados com os resultados para otimizar os indicadores dos postos de trabalho. Antunes et. al. (2013) revela que a implementação do método da GPT, possui como metas principais melhorar a efetividade nos recursos gargalos, monitorar a rotina dos equipamentos, gerir o sistema produtivo de forma global, concentrar as ações de melhorias nos postos de trabalho que acabam por restringir o sistema, estabelecer a capacidade produtiva real com base nos gargalos, e fornecer aos operadores uma compreensão acerca das prioridades de melhoria.

Algumas técnicas são utilizadas para alcançar a redução das perdas na produção ao se adotar a GPT, das quais merece destaque o método de mapeamento do fluxo do produto e materiais (processos e operações) apresentado por Shingo (1996). Este método consiste na identificação do tempo usado na transformação da matéria-prima em produto acabado, diretamente coletados no chão de fábrica. Possibilitando assim, separar o processamento, inspeção, transporte e espera (processo e lote), de modo a possibilitar identificar quais os principais pontos de melhoria, minimizando o tempo de atravessamento, que após identificados serão objetos de análise e planos de ações para melhorias (SHIGO, 1996). A GPT se vale de métodos como este para aplicar na rotina produtiva, meios de reduzir as ineficiências.

Para Antunes (2001) muitas são as ações disponíveis, quando se fala em operadores e máquinas do sistema produtivo, podendo destacar:

- ✓ Gestão da Produtividade (Peças/hora), aderindo a um mais alto aproveitamento da mão de obra disponível;
- ✓ Gestão da Eficiência do Equipamento, não permitindo que o equipamento tenha tempo ocioso, e se tratando de um recurso crítico que se elimine toda e qualquer parada do mesmo;
- ✓ Implementação do 5S no posto de trabalho; Aprimoramento na preparação

dos equipamentos, realizando a troca rápida de ferramentas;

- ✓ Gestão da qualidade, produzir o máximo de peças boas minimizando retrabalhos;
- ✓ Gestão de Processos, sempre voltadas nas melhorias de tempos de processamento; e
- ✓ Gestão de ergonomia, tornar o ambiente de trabalho o melhor e mais adequado possível aos operadores.

Para a implementação do GPT, faz-se necessário, primeiro, estruturar o funcionamento do sistema, considerando cinco elementos essenciais, conforme apresentado por Antunes e Alli (2003):

- ✓ *Entradas do Sistema* – associadas de modo direto aos postos de trabalho, interligando as informações do PCP, Materiais e Qualidade e outras informações conseguidas por meio de registros do dia a dia da produção.
- ✓ *Processamento* – é necessário que se calcule a eficiência do Posto de Trabalho através do IROG.
- ✓ *Saídas do Sistema* – proporciona à empresa direcionar a gestão das restrições em cada atividade de rotina, além da realização de melhorias.
- ✓ *Treinamento* – este deve ser realizado com todos os envolvidos na produção desde os operadores, até os envolvidos no processo, para que haja abrangência no conhecimento do método e à capacitação no que envolve o GPT.
- ✓ *Gestão do Sistema* – estabelecido através de reuniões periódicas que envolvem as equipes de trabalho, gerentes e supervisores, para se analisar os resultados e direcionaras melhorias a serem implementadas.

Os autores apontam, ainda, que as etapas para efetivação do GPT, compreende, em sequência, garantir:

- a) A identificação dos itens que estabelecem restrições ao processo de produção;
- b) A mensuração destes itens por meio do cálculo do IROG;
- c) A verificação das razões que levam às falhas dos equipamentos sob análise;
- d) A aplicação de ferramentas do STP para reconhecer os desperdícios, elevar a eficiência das máquinas e atender de melhor maneira o cliente final.

2.2.2 Capacidade de Produção

Hayes *et al.* (2008) alertaram sobre a complexidade envolvida na medição da capacidade produtiva de um sistema; isso se dá devido a volubilidade de alguns fatores específicos como políticas organizacionais, taxa de produção, o efeito sob os fatores humanos, a confiabilidade dos fornecedores e a confiabilidade dos equipamentos. De acordo com Slack *et al.* (2009), a capacidade de produção relaciona-se com a demanda, já que a capacidade da empresa deve ser estabelecida para atender a sua demanda, os autores esclarecem ainda que é comum empresas que optam por possuir uma capacidade maior que sua demanda, como forma de precaução a um possível surgimento de demanda não prevista ou mesmo sazonal.

Para Moreira (2008), há duas as maneiras de se mensurar a capacidade produtiva; através da produção e através dos insumos. Mensura-se a partir da produção quando o cenário contempla um produto ou produtos muito semelhantes, estabelecendo assim uma unidade de medida. Li *et al.* (2005) enfatizaram que para se ter certa vantagem competitiva junto ao mercado, em caso de aumento na demanda, é preciso se ter uma resposta rápida de capacidade quando necessário, mesmo que esta não seja em grandes volumes, mas que possibilite atender o cliente.

De acordo com Ritzman e Krajewski (2004, p.155),

“Operar no pico da capacidade exige um esforço extraordinário e a utilização de métodos marginais de produção que normalmente não são sustentáveis. A produção máxima sob condições normais é denominada capacidade efetiva. A operação com menor capacidade efetiva é denominada gargalo e limita a capacidade de todo o sistema”.

Segundo Glauche (2005), há duas circunstâncias favoráveis ao surgimento de um gargalo no setor produtivo, primeiramente devido a um acréscimo na demanda que foi determinada para ele, ou ainda devido a uma perda na capacidade produtiva analisada. Os dois casos podem ocorrer ao mesmo tempo nos processos de produção da empresa, gerando restrições nas fases subsequentes ao gargalo identificado. Corrêa e Giansesi (1996) concluíram que qualquer aumento necessário na capacidade produtiva, quando se existe um gargalo deverá ser focado no aumento da capacidade desse gargalo pois, todo tempo conquistado no gargalo, implicará em mesmo ganho de tempo nos outros pontos do sistema.

Para o setor industrial é imprescindível distinguir o que se denomina como

“gargalo” em uma produção, um „Recurso com Capacidade Restritiva” (CCRs). De acordo com Antunes *et. al.* (2008), o gargalo existe quando determinado recurso possui capacidade inferior à demanda imposta a ele em um período. Na situação de ter mais de um recurso com capacidade reduzida, o recurso considerado o gargalo será o que apresentar o menor número de capacidade. O autor explana, ainda, sobre alguns aspectos referentes aos gargalos, sendo eles:

- O gargalo não tende a se modificar no curto prazo, se não forem implementadas melhorias, o mesmo não sofrerá alteração;
- Não é comum que se exista inúmeros gargalos em uma célula de produção, o mais habitual é que se tenha apenas um gargalo por longo período;

Para alterar gargalos, pode-se seguir dois caminhos: (1) focalizar os esforços em métodos que aumentem a capacidade do recurso, ou (2) buscar a minimização na demanda de produtos que utilizam deste recurso.

Cox III e Spencer (2002) denominaram restrição como todo elemento ou fator que prejudique o alcance da meta estabelecida por instaurar barreiras ao aprimoramento do desempenho. Sendo assim, os CCRs são aqueles que, de modo geral, conseguem atender a demanda. No entanto, dada as variações que acontecem no sistema de produção ou mesmo por alterações expressivas na demanda, acabam por exibir uma restrição momentânea. As principais características que delineiam os CCRs, podem se resumir em: os CCRs são conjunturais, dessa forma a tendência é que eles ocorram intimamente próximos a outros recursos, que podem ao longo do período, mudarem, causando a ilusão de que os gargalos estão o tempo todo mudando de lugar; e que os CCRs estão diretamente ligados à volubilidade existente nos processos produtivos, como, também, a oscilação na demanda nas demandas requeridas (ANTUNES, 2008).

2.2.3 As seis grandes Perdas de Nakajima

Antunes (2008) revelou que para se alcançar uma melhora em um recurso CCR é imprescindível concentrar os esforços na melhoria da eficiência produtiva, focalizando em padronizar *setups*, melhorar a manutenção, sincronizar a produção, entre outros. Além disso, afirmou que é um erro cogitar a aquisição de novos equipamentos para melhorar os CCRs; o que deve ser feito, tanto para os CCRs quanto para os gargalos é monitorá-los e controlá-los na gestão operacional. No que se refere a este monitoramento, os CCRs apresentam maior complexidade, já que, por vezes,

não se configuram como restrição.

Uma maneira de se monitorar e controlar os recursos dentro do sistema é avaliando a eficiência operacional de cada Posto de Trabalho, observando se este consiste em um recurso gargalo ou CCR. Para Chiaradia (2004), para facilitar a identificação dos recursos, pode-se realizar o rastreo das Seis Grandes Perdas definidas por Nakajima (1989) e esplanadas pelo autor:

- 1- *Perda por quebra* - baseia-se na parada ou indisponibilidade do equipamento por determinado período, até que se instaure novamente as condições de operação.
- 2- *Perda por setup ou ajustes* – baseia-se na troca das características da produção como mudança de produtos, sabores, tamanhos ou adequações às variações do processo.
- 3- *Perda por ociosidade e pequena paradas* – baseia-se em interrupções ocorridas nos ciclos dos equipamentos ou paradas intermitentes na linha produtiva, acarretando reinícios e paradas contínuas, por curtos espaços de tempos e por várias vezes.
- 4- *Perda por redução de velocidade* – ocorre quando a velocidade real é menor que a velocidade teórica, estas podem ocorrer devido problemas de manutenção, operação, qualidade ou processo, como forma de continuar a produzir-se mesmo em condições inadequadas na tentativa de mascarar os reais problemas.
- 5- *Perda por problemas de qualidade e retrabalhos* – baseia-se no não atendimento às especificações de qualidade do produto fazendo com que este não esteja apto a ser disponibilizado no mercado, ocorre, normalmente, devido a alguma limitação técnica no equipamento.
- 6- *Perda por queda de rendimento* – baseia-se em defeitos apresentados no começo da produção recorrente de limitações técnicas dos equipamentos, que acabam demandando um período para que se estabeleça novamente as condições de operação ideais.

2.2.4 Cálculo do IROG

De acordo com Antunes e Klippel (2001), o IROG sofrerá mudanças em seu cálculo a depender do Posto de Trabalho analisado, já que o tempo disponível T , a

ser utilizado na fórmula, será diferente se o posto de trabalho for ou não um recurso restritivo do fluxo de produção. Assim, o cálculo do IROG deve ser realizado, considerando:

- a. Caso o Posto de Trabalho seja considerado um recurso crítico (gargalo) ou restritivo (CCRs). Nessa situação, o IROG pode também ser denominado de Produtividade Efetiva Total do Equipamento (*Total Effective Equipment Productivity* - TEEP), o tempo T considerado no cálculo deverá ser o tempo total, ou seja, 24 horas/dia. Isto ocorre devido ao fato de que se o Posto de Trabalho for o gargalo, todo o tempo disponível deverá ser utilizado na produção.
- b. Caso o Posto de Trabalho seja considerado um recurso crítico, ou seja, os demais postos: Nesta situação, o IROG é também denominado como Índice de Eficiência de Equipamento (*Overall Equipment Efficiency* - OEE), onde o tempo T considerado no cálculo deverá ser o tempo disponível dado pela diferença entre o tempo total (24 horas/dia) e o tempo de paradas programadas, uma vez que o recurso não sendo gargalo é possível programar paradas que venham a ser necessárias para ele.

O IROG é calculado, pela multiplicação de três índices, conforme mostra a Equação 1.

$$\mu_{\text{global}} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3 \text{ (Eq.1)}$$

i.) Índice de Tempo Operacional – ITO (μ_1):

Conhecido também como o Índice de Disponibilidade este trata do tempo total em que o posto de trabalho esteve disponível para produção, excluindo-se as paradas que ocorreram por n motivos. Para Souza et al. (2018), ITO é o tempo programado para trabalhar em que a máquina realmente fez o trabalho. Seu cálculo é mostrado na Equação 2.

$$\mu_1 = \frac{\text{Tempo disponível} - \sum \text{Tempo de paradas}}{\text{Tempo disponível}} \text{ (Eq. 2)}$$

Ao se avaliar o valor obtido neste índice, é preciso ter em mente que, quanto menor o mesmo se apresenta, mais alto será o potencial de aumento do posto de trabalho, já que um valor baixo revela que aconteceram diversas paradas.

ii.) Índice de Performance Operacional – IPO (μ_2):

Conhecido, também, como o Índice de desempenho este trata da performance do Postode Trabalho. No IPO considera-se o tempo de produção total, no qual se produz peças dentro e fora das especificações e o tempo de durante o qual o equipamento esteve produzindo. De acordo com Antunes 2008, é o tempo no qual o equipamento esteve, de fato, em regime de produção. Seu cálculo é mostrado na Equação 3.

$$\mu_2 = \frac{\text{Tempo de Produção Total}}{\text{Tempo Real de Operação}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Ao se avaliar o valor encontrado neste índice, um baixo resultado estará atrelado, provavelmente, a operação em vazio, tempos de pequenas paradas não registradas, ou mesmo redução de velocidades. Quaisquer falhas de medição, coleta ou registros dos dados afetará a confiabilidade dos valores deste índice.

iii.) Índice de Produtos Aprovados – IPA (μ_3):

Conhecido, também, como Índice de qualidade, este trata da conformidade dos itens produzidos, seu cálculo será dado pela razão entre a quantidade de produtos dentro das especificações da qualidade, ou seja, produtos aptos a serem disponibilizados no mercado e o total de itens que foram produzidos, estejam estes dentro ou fora das especificações (MATHUR et al., 2011), conforme Equação 4.

$$\mu_3 = \frac{\text{Quantidade de itens conformes produzidos}}{\text{Total de itens produzidos (conformes e não conformes)}} \quad (\text{Eq. 4})$$

A avaliação deste índice, quando apresente baixos valores indica que estão ocorrendo falhas técnicas nos equipamentos, sejam elas devidos a múltiplos ajustes por variação no processo, ou mesmo devido ao retorno de operação após setup.

Segundo Nakajima 1989) e Antunes *et al.* (2013) é possível ainda se obter o cálculo do IROG através da Equação 5.

$$\mu_{Global} = \frac{\sum_{i=1}^n tpi * qi}{T} \text{ (Eq. 5)}$$

Onde:

i = item produzido até o limite n ;

n = número de ocorrências do item i ;

tpi = tempo de ciclo do item i ;

tqi = quantidade conforme do item i produzida;

T = tempo disponível para a produção.

Nesta Equação o cálculo compreende a relação entre o somatório dos tempos de uma referida peça, multiplicado pela quantidade de peças produzidas, sobre o tempo total disponível do equipamento.

De acordo com Allman 2004, quando se pretende alcançar o índice 100% no IROG, é preciso garantir que o equipamento tenha a capacidade de trabalhar um turno inteiro de forma ininterrupta, sem quebras, tempos ociosos, utilizando de sua velocidade máxima e sem produzir retrabalhos, sendo este um cenário de difícil acesso às indústrias. Para Nakajima (1988) um índice que flutue em torno de 85% já pode ser considerado um índice satisfatório.

3 METODOLOGIA

Este capítulo destina-se a descrição dos procedimentos metodológicos utilizados para a realização desta pesquisa. Detalhando a forma com a qual a pesquisa se classifica na literatura, a delimitação do seu objeto de estudo, as ferramentas e técnicas utilizadas para a coleta de dados e como se configurou a análise de dados.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa é classificada como exploratória por ter o objetivo de aprofundar o conhecimento acerca do tema, possibilitando um maior entendimento sobre o assunto. Segundo Gil (2002) este tipo de pesquisa permite uma maior familiaridade com o problema estudado, com intuito de deixá-lo mais explícito ou a formular hipóteses, diz ainda que estas pesquisas possuem como princípio fundamental aprimorar ideias ou expor intuições. Para Mattar (1996) a pesquisa exploratória é pertinente quando se possui o objetivo de desenvolver uma formulação mais exata do problema de pesquisa, ou quando se faz necessário o delineamento do projeto final da pesquisa, ou mesmo, quando se precisa categorizar conceitos, ou ainda, para tornar o pesquisador familiarizado e com alto nível de conhecimento e compreensão do problema de pesquisa em perspectiva, ou até pela junção de todos esses.

Ainda no que se refere às pesquisas exploratórias, Sellitz et. al (1967, p. 63 *apud* Gil, 2002. p. 41) complementam: “Na maioria dos casos, estas pesquisas envolvem: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que estimulem a compreensão.” Para a realização deste trabalho foi efetuada um levantamento bibliográfico, no qual buscou-se, na literatura, trabalhos e estudos anteriores que apresentaram relevância e contribuição para o tema, como fonte inicial de pesquisa, com a finalidade de se obter o máximo de informação e respaldo teórico possível sobre a implementação e aplicação do IROG - Índice de Rendimento Operacional Global.

Quanto aos meios, trata-se de um estudo de caso, pois traz uma descrição e análise detalhada de um cenário existente, baseando a pesquisa em uma aplicação real com o objetivo de esclarecer o motivo das decisões tomadas, como foram implementadas e quais resultados foram alcançados. De acordo com Yin (2005), o estudo de caso baseia-se em um estudo empírico que explora um fenômeno dentro

do seu contexto real, onde se analisa diversas fontes de evidências. O estudo de caso consiste em um tipo de pesquisa onde o objeto investigado, passa por observação e análise minuciosa e detalhada, com a particularidade de fornecer uma grande variedade de evidências como documentos, entrevistas, artefatos e observações (YIN, 2001). O estudo de caso, foi realizado em uma linha de biscoitos recheados de uma indústria de alimentos localizada no interior de Pernambuco.

Quanto à natureza da pesquisa, é tida como pesquisa quantitativa, pois terá o intuito de representar em números como está a eficiência produtiva da linha através do cálculo do IROG. A pesquisa será conduzida por meio de entrevistas, voltado à obtenção de informações sobre a percepção dos indivíduos envolvidos, análise documental e observação. A utilização do método científico é um dos pontos principais para que uma pesquisa alcance o objetivo desejado. Essa pesquisa foi realizada a partir do método indutivo. Gil (1999, p.28) diz que,

“O método indutivo procede inversamente ao dedutivo: parte do particular e coloca a generalização como um produto posterior do trabalho de coleta de dados particulares. De acordo com o raciocínio indutivo, a generalização não deve ser buscada aprioristicamente, mas constatada a partir da observação de casos concretos suficientemente.”

3.2 DELIMITAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O estudo de caso foi realizado em uma indústria de alimentos considerando uma unidade fabril onde estão instaladas duas linhas de produção de biscoitos. Para delimitar a pesquisa foi considerada a linha de biscoitos recheados, denominada como LI2. Esta linha é composta por sete postos de trabalhos, dispendo de cerca de 12 principais equipamentos, dentre eles uma amassadeira horizontal, uma moldadora rotativa, um forno, um sistema de esteira para resfriamento, uma recheadora, um túnel de resfriamento, um sistema de calhas de transporte, três máquinas embaladoras e uma seladora de caixas.

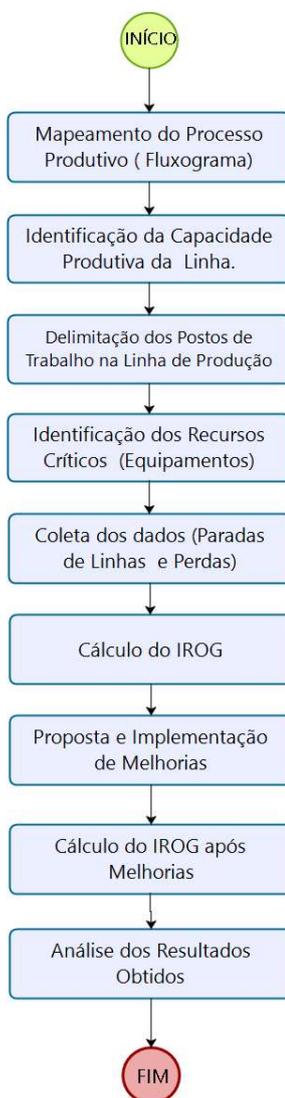
3.3 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

Para coleta de dados utilizou-se da análise de relatórios gerenciais, acesso ao sistema de informação da empresa e registros de dados e informações feitos no chão de fábrica. No que se refere ao desempenho dos equipamentos da linha estudada foi utilizado o relatório de paradas de linha disponibilizados pelo setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) e pelo setor de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e ainda relatórios dos indicadores de gestão utilizados na empresa para a contabilização das perdas ao longo da linha, esses dados foram consultados através dos seus relatórios diários de produção. Além disso, foi realizada a observação do processo para análise e definição dos pontos críticos do sistema produtivo e entrevista com os principais envolvidos no processo, a fim de estabelecer quais os postos de trabalho, os pontos críticos do sistema e o entendimento do processo como todo.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Para realização da pesquisa, foram estabelecidas as etapas necessárias para o alcance de seus objetivos, estas etapas são apresentadas na Figura 1. A análise dos dados foi feita de forma quantitativa, visto a utilização de gráficos, e tabelas e geração de informações através de números. Para análise dos dados, foi realizada, primeiramente, a categorização dos dados obtidos nos registros da produção. Reorganizando os relatórios de produção, como os registros de perdas e relatórios de paradas, deixando estas em função das definições dos Postos de Trabalho estabelecidos neste estudo. Para se analisar os dados foram utilizados os parâmetros reconhecidos na literatura, porém considerando a realidade da indústria estudada.

Figura 1: Etapas da Pesquisa.



Fonte: esta pesquisa (2021)

4 ESTUDO DE CASO

Este capítulo contempla a descrição detalhada do objeto em análise neste trabalho. Iniciando com a descrição da empresa, e em seguida expondo o mapeamento e a descrição do processo produtivo. Os demais tópicos abordam os dados necessários ao cálculo do IROG, durante o período analisado. Para isto, é apresentada a capacidade da linha de produção, junto a determinação de sua velocidade nominal, além da definição dos Postos de Trabalho dispostos na linha, que serviram como base para este estudo. Os históricos de paradas e as perdas com retrabalhos são tratados e apresentados a fim de se identificar quais os equipamentos críticos para a linha. No material aqui elucidado se contempla todo o embasamento de dados para a aplicação do IROG na linha de recheados.

4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A indústria alimentícia em questão, está no mercado desde 1937, quando sua segmentação se limitava apenas à produção de café. Depois de três aquisições, a empresa consolidou-se na produção de alimentos, ampliando sua cartela de produtos. Atualmente, possui cinco áreas produtivas, sendo elas: massas, biscoitos, café e misturas para bolos. A empresa possui sua unidade produtiva no município de Caruaru-PE e uma filial em Queimadas-PB, a qual tem foco no apoio logístico e de qualidade. A empresa possui a missão de oferecer alimentos aos consumidores com segurança e sustentabilidade, tem a visão de expandir a participação no mercado e ser reconhecida como marca de qualidade e seus valores sustentados por cinco pilares, que são eles: sustentabilidade, pessoas, responsabilidade, ética e comprometimento.

É caracterizada como de grande porte, pois possui mais de 700 colaboradores. A mesma se responsabiliza pelos setores de Administração, Marketing, Produção, Vendas, Almoxarifado, Expedição, Logística, Qualidade, Segurança e Saúde do Trabalhador, Recursos Humanos, entre outros. Além da grande geração de empregos na região, proporciona produtos com qualidade e com preços mais competitivos. A empresa possui quinze linhas de produção sendo nove linhas no setor de biscoitos, quatro no setor de massas, uma no de café e uma linha na mistura para bolos; no geral, nessas linhas são produzidos mais de 30 tipos de produtos.

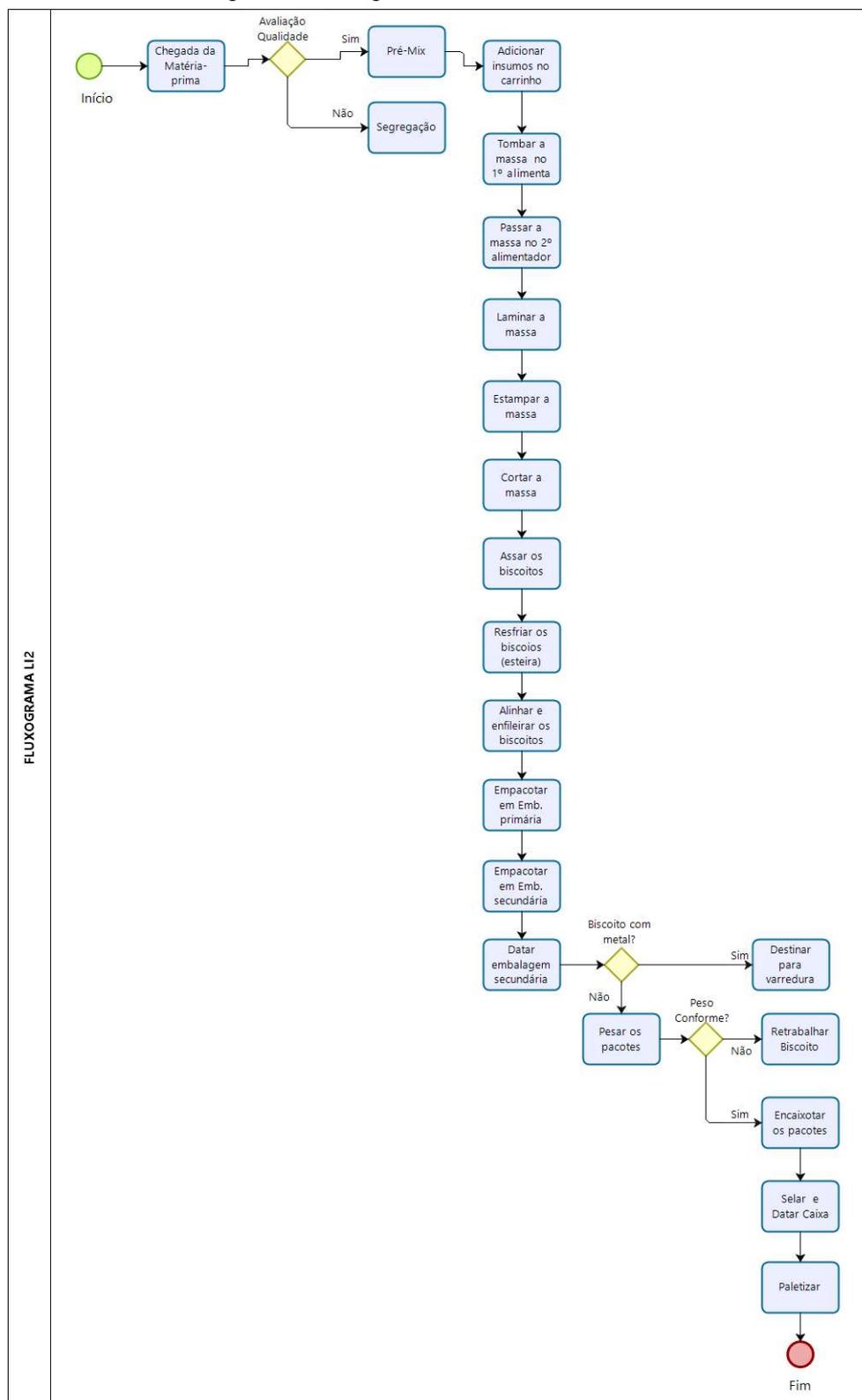
4.2 MAPEAMENTO DO PROCESSO

Na unidade fabril, funcionam duas linhas de biscoitos, sendo: uma de biscoitos laminados (LI-1) e outra de biscoitos recheados (LI-2), foco da análise deste trabalho. Na produção dos biscoitos recheados, após misturada e batida a massa, esta passa pelo processo de moldagem; como a massa é composta por uma mistura mais solta e fina, esta é prensada nos rolos, adquirindo assim, o formato da casquinha.

O Fluxograma do processo (Figura 2) foi elaborado, utilizando o software Bizzagi e de acordo com as atividades realizadas desde a chegada da matéria prima até o momento em que o produto é disposto em estoque na própria fábrica. A etapa de estocagem e distribuição realizadas pelo setor de expedição e logística não foram exploradas neste trabalho, apesar de serem realizados na mesma localidade.

Uma descrição sucinta do processo produtivo de biscoitos recheados contempla, a etapa de mistura dos ingredientes na amassadeira, realizando o batimento em duas fases até a homogeneização da massa, após essa etapa a massa é disposta no carrinho de massas e levada até a moldadora, para que ocorra a prensagem da massa e os biscoitos sejam moldados. Após serem moldados, os biscoitos passam pela etapa de assamento em um forno industrial a gás. Realizado o assamento do biscoito, estes passam por um sistema de esteiras para que ocorra o esfriamento do biscoito, passada esta etapa, o biscoito será recheado formando os chamados sanduíches. Os biscoitos já recheados passam por um túnel de refrigeração para que seja feita a cristalização do recheio, e que este obtenha a textura necessária para sua comercialização. Superada a etapa de cristalização do recheio, o biscoito será finalmente embalado e encaixotado. As análises de qualidade e conformidade do produto são realizadas a cada etapa do processo e em caso de inconformidades os biscoitos passarão por um processo de retrabalho.

Figura 2– Fluxograma do Processo Produtivo



Fonte: Esta pesquisa (2021).

4.3 CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DA LINHA

A capacidade produtiva da linha se dá na etapa de adição do recheio e montagem dos sanduíches (assim nomeados os biscoitos já recheados). As velocidades podem ser alteradas de acordo com a necessidade da empresa, e para fins de quantificação foram utilizados os parâmetros coletados na fabricação e na embalagem. Como a fábrica funciona em regime ininterrupto, a capacidade pode ser dada em caixas por hora, sendo consideradas para a capacidade total o quantitativo de 24 horas.

Na LI2 a velocidade é dada de acordo com a capacidade definida na recheadora trabalhando, em regime normal, com uma velocidade que varia entre 2750 e 3000 sanduíches por minuto, assim, o cálculo de caixas por hora na linha de recheados, para os biscoitos de 130g, é dada pela Equação 6.

$$VELOCIDADE\ NOMINAL\ MÁX\ (CX/H) = \frac{[Velocidade\ (bisc./min) \times 60min]}{n^{\circ}\ de\ pacotes\ em\ uma\ caixa} \quad (Eq.\ 6)$$

Neste intervalo de velocidade a linha funciona de modo a atender sua demanda e as programações de produção, desde que não haja interrupções na linha nos horários programados para se produzir. As informações da capacidade da linha são exibidas na Tabela 1.

Tabela 1: Capacidade Produtiva – LI2

Nº de sanduíches na Recheadora (Biscoitos/ Minuto) =		3.000
Velocidades nas Embaladoras (Pacotes/Minuto) =	GS90 (1)	77
	GS90 (2)	77
	GS90 (3)	77
TOTAL (Pacotes/ Minuto) =		231
TOTAL (Quilos/ Minuto) =		30
TOTAL (Caixas/ Minuto) =		7,69
TOTAL (Caixas/ Hora) =		461,54
TOTAL (Quilos/ Hora) =		1.800
TOTAL (Paletes/ Hora) =		2,51
TOTAL (Caixas / Dia) =		11.077
TOTAL (Quilos/ Dia) =		43.200
TOTAL (Paletes/ Dia) =		60

Fonte: Esta pesquisa (2021)

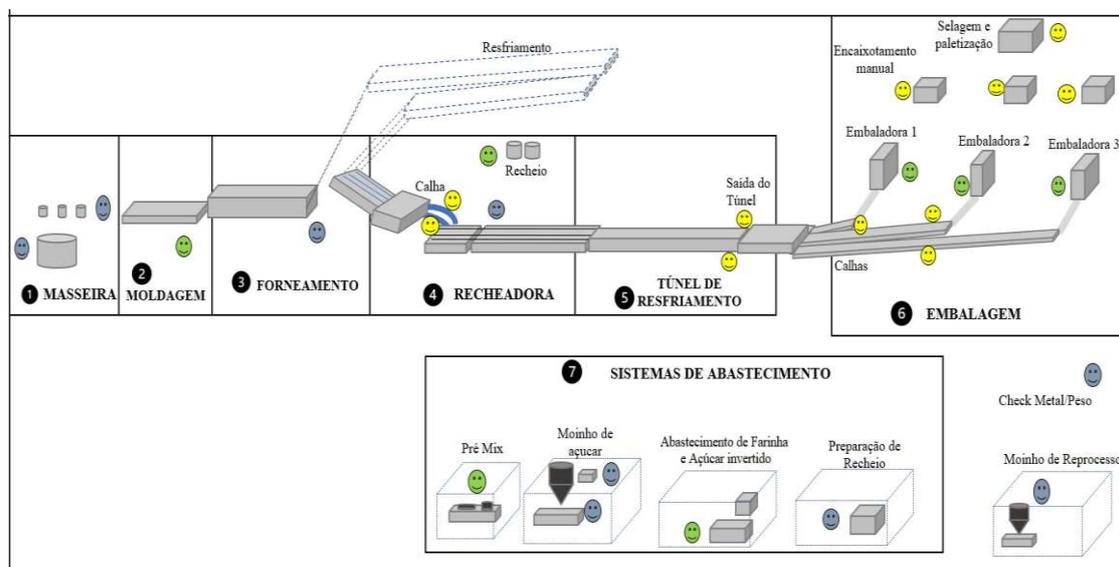
Todos os totais apresentados na Tabela 1 podem se modificar de acordo com a velocidade estabelecida na Recheadora, se a Velocidade Nominal for maior ou

menor que 3000 sandwiches por minuto, estes, então, assumirão novos valores, e a capacidade da linha será alterada. Para fins deste estudo, a Velocidade Nominal Máxima utilizada na linha durante a captação dos dados foi de 3000 sandwiches por minuto.

4.4 DEFINIÇÃO DOS POSTOS DE TRABALHO

A definição dos Postos de Trabalho foi realizada para facilitar a identificação dos pontos críticos no sistema produtivo ao longo da linha. A fim de evitar a análise de todos os equipamentos, dividiu-se a linha de modo que em cada etapa do processo, fosse identificado os Recursos com Capacidade Restritiva (CCRs) que interferem na eficiência do sistema. Dessa forma, foram estabelecidos sete postos de trabalhos, dispostos na linha, representados na Figura 3.

Figura 3: Definição dos Postos de Trabalho



Fonte: Esta pesquisa (2021)

Os sete postos de trabalhos apresentados na Figura 2 são descritos resumidamente:

- 1) Misseira – etapa na qual se faz a mistura dos ingredientes e se prepara a massa, os equipamentos envolvidos são a amassadeira horizontal, a panela elétrica de preparação de açúcar invertido e os sistemas de dosagem contemplados no posto 7;
- 2) Moldagem – etapa onde a massa passa pelo processo de moldagem, que

dar a formação do biscoito, por meio da prensagem da massa no rolo moldador. O equipamento utilizado é uma moldadora rotativa, composta pelo sistema de elevação do *Batch* de massa, a dosagem da massa, e a efetiva moldagem do biscoito dada pela prensagem da massa no rolo e o transporte desta até o forno;

- 3) Forneamento – etapa onde se realiza o assamento do biscoito. O equipamento é um forno industrial.
- 4) Recheadora - etapa na qual se faz a adição de recheio. O sistema de recheio se dá, primeiramente, pela preparação do recheio que é feito em uma batedeira simples, as panelas de recheios, o sistema de bombeamento de recheio para as casquinhas, a formação do sanduíche e por fim o transporte e disposição organizada dos biscoitos para serem encaminhados ao túnel de resfriamento;
- 5) Túnel de Resfriamento – etapa na qual se realiza a refrigeração dos biscoitos, de modo a se obter a cristalização do cheio para que este adquira a consistência adequada para que seja realizada a embalagem. O equipamento é um túnel de resfriamento de N metros, composto por um sistema de compressores a gás.
- 6) Embalagem – etapa na qual se realiza a embalagem primária dos biscoitos, a sua disposição nas caixas e a formação dos paletes a serem encaminhados para distribuição. Os equipamentos que contemplam esta etapa são três embaladoras, os sistemas de transporte dos biscoitos até a chegada na embaladora (por meio de vibração), a seladora de caixas e a envolvente de paletes; e
- 7) Sistemas de Abastecimento – foram agrupadas neste posto todas as atividades e equipamentos que fornecem insumos ao processo produtivo, sendo eles: o processo de dosagem dos micros ingredientes realizado no pré-mix, o sistema de dosagem de farinha que é automatizado dispondo a farinha diretamente na batedeira, o sistema de dosagem de água e o sistema de dosagem de gordura líquida, sendo estes dois últimos também automáticos, dispondo esses ingredientes de acordo com a quantidade solicitada diretamente na batedeira. Dentre os equipamentos envolvidos neste posto destacam-se: o robusto sistema de dosagem de farinha, os tanques, tubulações e bombeamentos dos sistemas de gordura e água.

Para a seleção do equipamento crítico em cada posto de trabalho, utilizou-se dos registros de produção quanto a incidência de falhas e entrevistas com os colaboradores da linha, esses equipamentos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Equipamentos Críticos no Posto de Trabalho

Posto	Equipamento Crítico
1	Amassadeira Horizontal Ariete
2	Moldadora Ariete
3	Forno Industrial Imaforni
4	Recheadora Tonelli
5	Túnel de Resfriamento
6	Embaladoras GS90 Horizontal BOSH
7	Sistema de dosagem e abastecimento de farinha Sangatti

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

4.5 RETRABALHOS NO PROCESSO PRODUTIVO

A identificação das perdas presentes no processo se divide em três grupos principais, são elas: perdas com retrabalho, perdas com varredura e perdas relacionadas ao sobrepeso. As perdas com varredura são aquelas onde o produto perdido não pode ser reintegrado a linha por apresentar algum tipo de contaminação, seja esta física, química ou biológica. As perdas relacionadas ao sobrepeso, consistem no excedente de peso líquido, informado ao mercado através da embalagem, incorporado ao produto durante sua fabricação, que não foi devidamente controlado. Já as perdas com retrabalho são todas aquelas que permitem que o produto seja reincorporado ao processo em alguma das etapas.

O retrabalho presente na linha, pode ser ocorrer em todas as etapas do processo, e sua ocorrência está diretamente ligada ao desempenho dos equipamentos em cada fase, por esta razão essas perdas são as únicas enfatizadas neste trabalho. Para se avaliar os índices de retrabalhos em cada posto de trabalho, foi realizado mapeamento das perdas diárias em cada posto em que estas ocorram, de forma a se identificar quais os pontos onde se tem um maior número de retrabalho.

A cada etapa do processo o retrabalho poderá se dar de modo distinto, se este ocorrer antes do assamento do biscoito, a massa poderá ser incorporada em pequenas quantidades em outras massas, em sua primeira fase de batimento. Este

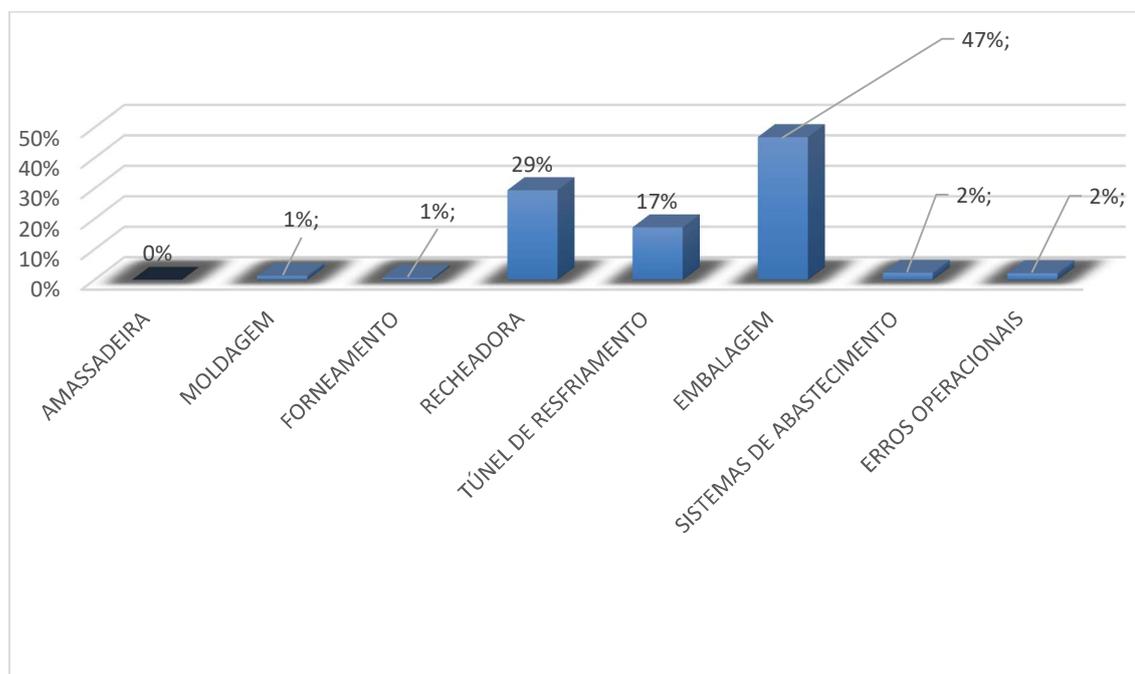
retrabalho se faz necessário na ocorrência de erros de dosagem dos sistemas de água, farinha e gordura, falhas elétricas ou mecânicas na amassadeira, ou mesmo por erros operacionais. Em caso da necessidade de retrabalho se dar após a etapa de assamento e antes de ser embalado o biscoito será moído e este pó, retornará em quantidades definidas, na preparação da massa.

Em caso de o produto ter completado a etapa de embalagem primária e nesta for verificada alguma inconformidade com as especificações, o biscoito poderá ser reincorporado já nas calhas, passando apenas por um novo processo de embalagem, ou moído e retornando amassa. A escolha de como se dará este retrabalho, neste caso, irá depender da qualidade do biscoito e da possibilidade deste retrabalho ser realizado no tempo de espera máximo especificado de 4 horas, prazo este definido para garantir que a qualidade do produto ainda se mantem.

A quantificação do retrabalho realizado, é feita em quilos, pois após a moagem do biscoito, o pó é armazenado em sacos com quantidade padronizada de 25 kg, a fim de facilitar sua contabilização, seu armazenamento e principalmente a sua reincorporação na etapa de homogeneização da massa, este pó possui um prazo de validade máximo de três meses. Para que se possa associar o retrabalho a cada equipamento crítico em cada posto de trabalho as perdas foram reorganizadas em: Perdas na amassadeira, Perdas na Moldagem, Perdas no Forneamento, Perdas na recheadora, Perdas no Resfriamento, Perdas no Empacotamento, Perdas associadas aos Sistemas de Abastecimento e Perdas por Falhas Operacionais. As Perdas por Falhas Operacionais foram incluídas nas representações das perdas para que o percentual de cada posto seja o representado em relação ao todo.

Os registros de reprocesso em cada posto de trabalho, dos seis últimos meses de 2020 podem ser vistos na Figura 4.

Figura 4: Distribuição do retrabalho nos postos de trabalho



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

O Gráfico demonstra que as maiores incidências de perdas ocorrem nos Postos de trabalho da Embalagem, Recheadora e Túnel de Refrigeração. Para esse rastreamento foram consideradas não apenas as perdas ocorridas nos locais, mas também as que foram decorrentes destes locais em uma etapa seguinte. Um exemplo disto, são as perdas associadas aos Sistemas de Abastecimento que não ocorrem nos pontos de abastecimento estas ocorrem na amassadeira, no momento em que está ocorrendo a junção dos ingredientes.

4.6 PARADAS DE LINHA

Para verificação do número de horas em que a linha teve sua produção interrompida por paradas programadas ou não, se faz necessário o registro dessas paradas informando sua duração e o motivo que levou a esta parada. Na empresa, esse registro é realizado na moldadora, no forno, na recheadora e na embalagem. O registro é feito pelos operadores de forma escrita e registrada no sistema de informações interno pela liderança do setor.

A empresa classifica as paradas ocorridas em vários tipos para seus relatórios gerenciais, contemplando entre outros: *Setup*, Manutenção Mecânica Corretiva,

organização a realizar um plano de ação para minimização de setups na linha. Este trabalho destinou-se a estudar e implementar o IROG, considerando as paradas causadas pelos equipamentos críticos, uma vez que já havia uma tratativa em andamento para o excesso de paradas por *setups*. A Tabela 3 mostra um compilado das paradas de linha ocorridas no segundo semestre de 2020, para simplificação, as classificações das paradas foram reduzidas em nove tipos:

Tabela 3: Paradas de Linha 2º Semestre de 2020

Tipo de parada	Quantidade (horas)	%	% acumulado
Setup	121:33:00	43%	43%
Manutenção Mecânica corretiva	73:41:00	26%	69%
Manutenção Mec. de embalagem Corretiva	31:49:00	11%	81%
Administrativa	17:57:00	6%	87%
Partidas de Produção	13:13:00	5%	92%
Parada Operacional	11:59:00	4%	96%
Manutenção Elétrica Corretiva	7:47:00	3%	99%
Utilidades Externas	3:08:00	1%	100%
Utilidades Internas	0:55:00	0,33%	100%
TOTAL	282:02:00	100%	

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Os dados de paradas mostram de forma clara e expressiva que o maior índice de paradas na linha se dá por realização de *setups*. Por possuir um alto mix de sabores de biscoitos recheados, são necessários frequentes *setups* na linha. O tratamento destes dados levou a organização a tomar medidas para minimizar a quantidade de *setups* realizados, como também torná-los mais rápidos e eficientes. Os dados dos meses seguintes, mostram o êxito da organização neste sentido. Porém este problema já é um problema com plano de ação estabelecido pela organização e encontrava-se até o término deste estudo em andamento. Dentre as medidas adotadas para isso, foram realizados um estudo minucioso do tempo de *setup* de cada produto, um aumento no horizonte de previsão de demanda, e uma ordenação de produtos programados, que facilitasse as trocas de produtos já previstas nas programações. Esta ordenação destina-se a evitar que se programe, por exemplo, produtos de cores escuras, antes dos produtos de cores claras, pois a limpeza, neste caso, será bem mais crítica para que se extinga o risco de contaminação cruzada no produto.

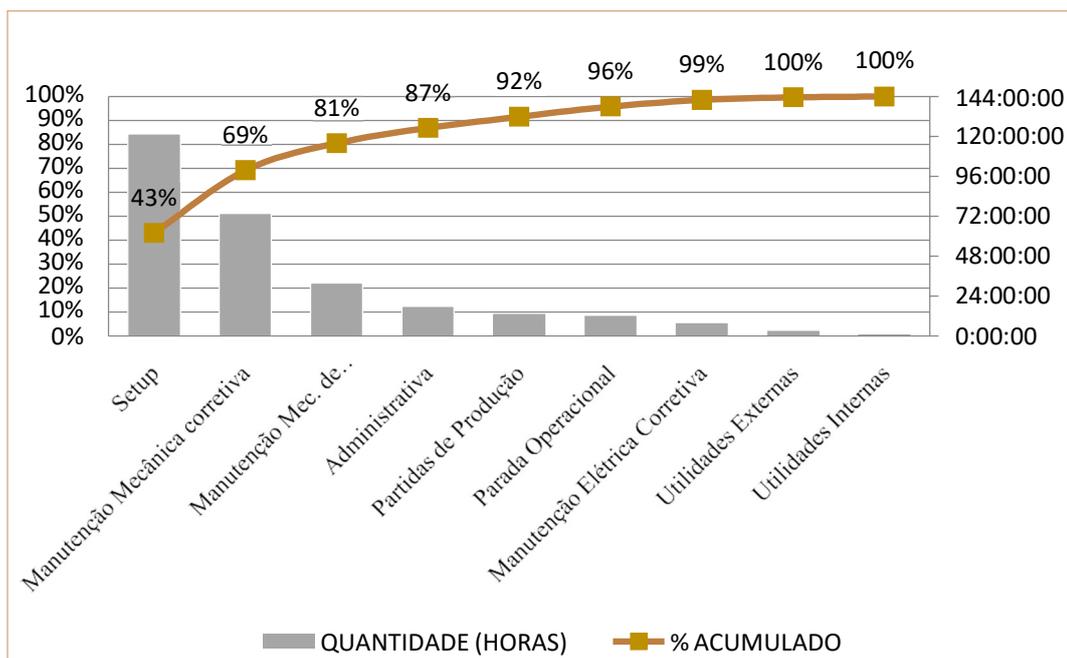
As paradas Administrativas são basicamente: pausas destinadas as refeições, que ocorrem quando não é possível manter a linha rodando durante descanso dos operadores. O ideal é que estas paradas não ocorram, para isso, é feita a rendição na linha, no qual alguns postos de trabalhos considerados menos críticos, ficam sem o número de mão de obra necessária no funcionamento normal da linha. Este procedimento é evitado quando se identifica instabilidades na linha, ou grande variação no processo. Para que sejam minimizadas, é necessário possuir uma equipe bem treinada, no esquema de rendição e com habilidades múltiplas, em caso de se necessitar uma troca de função temporária.

A fábrica estudada funciona de segunda à sábado com três turnos com carga horária de 8 horas diárias cada. No entanto a produção é interrompida aos sábados no final do primeiro turno encerrando às 14h, o segundo turno realiza a limpeza semanal programada da linha e para o terceiro turno ocorre o descanso semanal remunerado. A produção retoma suas atividades no primeiro turno nas segundas-feiras, no entanto esta parada para limpeza e folga, acarreta mais tempo parado para reorganização e partida das linhas, representando 5% do total de paradas.

Já as Paradas Operacionais são aquelas ocorridas por falhas na operação ou poratividades que geraram atrasos, ou mesmo por decisões precipitadas tomadas pela operação. As principais causas destas paradas são os atrasos ou falta de profissionais, falha em virtude de um não cumprimento de padrão de trabalho e tempo de execução de determinada tarefa abaixo do estabelecido. As paradas por utilidades internas e externas são aquelas causadas pela interrupção de insumos como água e energia elétrica (externos), ou mesmo problemas de matéria-prima, falta de insumos para produzir ou problemas numa área de apoio a linha de produção como por exemplo, uma queda no sistema de ar comprimido causado por falha nos compressores (interno).

Em breve avaliação, é percebido que a maior ocorrência de paradas se dava por um elevado número de *setups*, em ocorrência do diverso mix de sabores. Como a minimização do excesso de *setups* já possui tratativa em andamento pela organização, a análise deste estudo contempla as maiores causas seguintes de ocorrências de paradas que aparecem no Gráfico de Pareto da linha, as paradas para manutenções corretivas de mecânica geral e de embalagem, o Gráfico é apresentado na Figura 6.

Figura 6: Gráfico de Pareto LI2



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

4.6.2 Relatórios de Paradas de Linhas por Equipamento

Para este estudo foram analisadas as paradas nos equipamentos críticos identificados em cada posto de trabalho, não considerando as paradas para *setup*, para início e fim de produção, paradas administrativas, paradas decorrentes de utilidades externas e internas e as paradas programadas para limpeza. Pelo relatório de paradas geral, exibidos acima, foi realizada a rastreabilidade das paradas Mecânicas Corretivas, Elétricas Corretivas e de Embalagem Corretivas, assim como as retomadas de produção decorrente dessas, para distribuí-las, adequadamente, aos postos de trabalho estabelecidos neste trabalho. Os meses considerados vão junho a novembro, não sendo contemplado o mês de dezembro por se tratar do mês escolhido pela organização para realização das férias coletivas, não tendo produção neste período.

É importante salientar que todas as paradas nos equipamentos geram perdas com retrabalho, fazendo com que a depender da duração da parada no equipamento, seja adotada a parada da linha na primeira etapa do processo, parando assim todas as etapas do processo produtivo. Isso se dá pela natureza do processo, uma vez que não é possível acumular produto entre uma etapa e outra para aguardar a retomada de produção de um determinado equipamento. Para se evitar uma alta perda com

reprocessamento é necessário interromper o fluxo da produção, desde a primeira etapa. A Tabela 4 apresenta as paradas ocorridas em cada equipamento crítico em cada mês, com base nos relatórios do sistema e nos registros de paradas físicos preenchidos pelos operadores, durante o período de análise de considerado para este estudo.

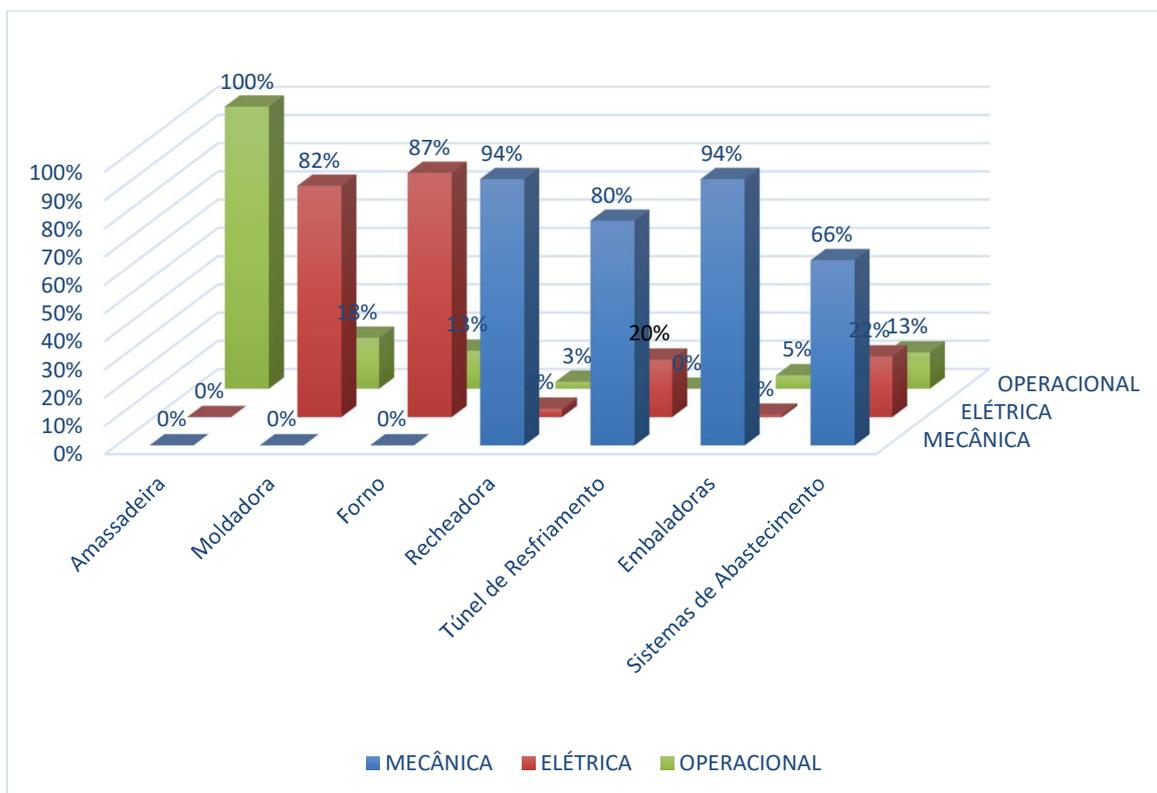
Tabela 4: Paradas por Postos e Tipos

Equipamento	Mecânica		Elétrica		Operacional	
	Tempo	Ocorrência	Tempo	Ocorrência	Tempo	Ocorrência
Amassadeira	00:00	0	00:00	0	07:09	16
Moldadora	00:00	0	00:50	3	00:11	2
Forno	00:00	0	01:17	4	00:12	2
Recheadora	61:06	100	01:55	5	01:37	3
Túnel de Resfriamento	05:52	9	01:30	4	00:00	0
Embaladoras	33:05	60	00:18	2	01:40	3
Sistemas de Abastecimento	05:57	12	01:57	5	01:10	4
Total	105:52:00	181	07:47:00	23	11:59:00	28

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Os dados de paradas esclarecem que apesar de um grande número de postos de trabalho a maior incidência de paradas circundam em torno de dois postos de trabalho, a área da Recheadora e a de Embalagem. A Figura 7 evidencia que o maior número de paradas é causado por falhas mecânicas nos equipamentos críticos, no entanto ocorrem também paradas nos equipamentos devida a falhas operacionais, como no caso dos erros de massas ocorridas na amassadeira que acabam interrompendo o funcionamento da linha. Alguns equipamentos como o Forno e a Moldadora não apresentaram falhas mecânicas no período de observação, nestes equipamentos as falhas ocorridas foram as elétricas, porém apresentando uma baixa ocorrência e pouco tempo de duração. Este fato evidencia que esses equipamentos não são elementos críticos no sistema produtivo.

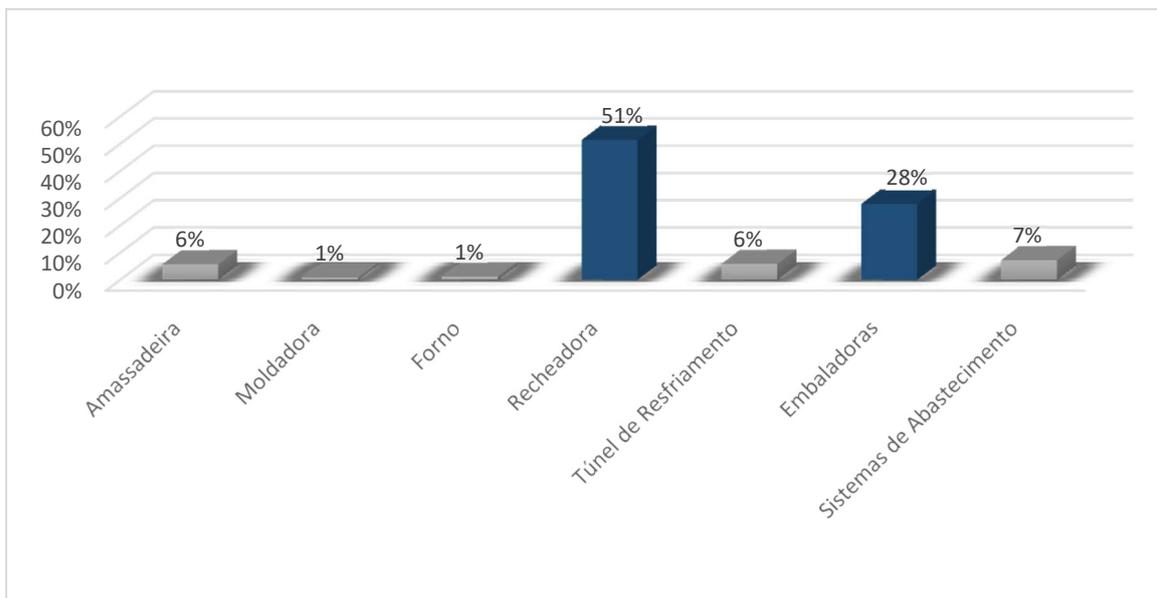
Figura 7: Gráfico de Paradas por Postos e Tipos



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Ao se observar os tempos de paradas nos equipamentos, na Figura 8, sem considerar quais os tipos destas, é incontestável que se determinem como Recursos com Capacidade Restritivas (CCRs), os equipamentos Recheadora e as Embaladoras. Estes são responsáveis por quase 80% das paradas na linha, os mesmos não são classificados neste estudo como gargalos, pois suas capacidades não permitem que se descumpra a previsão de demanda.

Figura 8: Gráfico de Paradas por Postos



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Uma demonstração clara da incidência de paradas por equipamentos é apresentada na Figura 8, evidenciando que cerca de 79% das paradas ocorrem por falhas nos equipamentos da recheadora e embaladoras. Uma tratativa detalhada nos motivos destas ocorrências permitese estabelecer um plano de melhorias baseadas na extinção da causa dessas ocorrências.

4.7 SÍNTESE CONCLUSIVA

Os dados expostos, neste capítulo, demonstram que a avaliação das paradas e perdas associadas em cada posto, possibilitam o rastreio dos equipamentos críticos que mais interferem no desempenho das linhas. O compilado desses dados no semestre permite que se tenha uma visão mais assertiva do período, minimizando a chance de se avaliar episódios pontuais, derivados de situações isoladas. Essas informações são fundamentais para se diagnosticar quais os reais motivos que influenciam rendimento operacional da linha, realizado no próximo capítulo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados da implementação do cálculo do IROG em cada Posto de Trabalho, estabelecidos no capítulo anterior. Mostra uma reflexão sobre os resultados obtidos, contemplando, também, a proposta de melhorias na busca por um aperfeiçoamento no Índice de Rendimento Global em cada posto, e apresenta uma reavaliação do índice após a implementação das melhorias propostas.

5.1 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL (IROG)

Para cálculo do IROG em cada posto de Trabalho foram necessárias algumas adequações para natureza do produto de modo que o índice reflita a realidade e cumpra o objetivo deste estudo. O índice de disponibilidade foi calculado com base nos dados de paradas de linha estruturados no capítulo anterior. Para se estabelecer o tempo (T) em cada posto foi adotado o tempo de funcionamento total no qual a linha deveria estar funcionando, retirando as paradas para setups, administrativas e de utilidades internas e externas. Esta medida foi tomada para que não houvesse uma distorção nos resultados dos índices em cada posto. Os dados utilizados para o cálculo são os acumulados dos últimos seis meses de produção da linha no ano de 2020.

Tabela 5: Índice de Disponibilidade (μ_1) - 2020

Posto de Trabalho	Tempo Disponível para o Posto	Tempo de Paradas no Posto	μ_1
Masseira	197:32:02	7:09:00	0,96380367
Moldagem	197:32:02	1:01:00	0,9948532
Forneamento	197:32:02	1:29:00	0,99249074
Recheadora	197:32:02	64:38:00	0,67279865
Túnel de Resfriamento	197:32:02	7:22:00	0,96270681
Embalagem	197:32:02	35:03:00	0,82256203
Sistemas de Abastecimento	197:32:02	9:04:00	0,95410069

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

O Tempo disponível para o posto considerado neste cálculo consiste na diferença entre o tempo de horas de produção total e as horas em produto acabado, pois este tempo representa a fração do tempo total disponível que sofre interferência

por paradas nos equipamentos, quando esta é tratada de forma isolada por posto de trabalho. Este tempo se mantém igual em todos os postos devido a continuidade do processo, ou seja, tempo disponível é o mesmo para todos os postos de trabalho para que se conclua o produto acabado.

Para o cálculo do Índice de desempenho, foi necessário estabelecer o tempo real de operação em função do volume produzido na linha, considerando as perdas com varredura e reprocesso atrelados ao resultado, registrados em cada posto de trabalho. Já o tempo de produção total considerado, foi dado pelo tempo disponível menos o tempo de paradas que ocorreram em cada posto.

Tabela 6: Índice de Desempenho (μ_2) -2020

Posto de Trabalho	Tempo de Produção Total	Tempo Real de Operação	μ_2
Masseira	1520:25:28	1315:44:26	0,865377189
Moldagem	1520:25:28	1321:52:26	0,869411115
Forneamento	1520:25:28	1321:24:26	0,869104218
Recheadora	1520:25:28	1258:15:26	0,827569765
Túnel de Resfriamento	1520:25:28	1315:31:26	0,865234685
Embalagem	1520:25:28	1287:50:26	0,84702705
Sistemas de Abastecimento	1520:25:28	1313:49:26	0,864116576

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Para o cálculo do Índice de Qualidade foi necessário utilizar o mapeamento das perdas feito no capítulo anterior, considerando as quantidades de retrabalhos realizados em cada posto de trabalho e as quantidades que realmente viraram produto acabado no decorrer do período analisado. O índice de qualidade mostra se a linha está tendo muito retrabalho associado a linha e em quais postos esta situação está mais crítica.

Tabela 7: Índice de Qualidade (μ_3) - 2020

Posto de Trabalho	Produção Conforme (kg)	Produção Total (Kg)	μ_3
Masseira	2348165	2682306	0,875427707
Moldagem	2348165	2685006	0,87454739
Forneamento	2348165	2683806	0,874938423
Recheadora	2348165	2744769	0,855505502
Túnel de Resfriamento	2348165	2718882	0,863650936
Embalagem	2348165	2781701	0,844147152
Sistemas de Abastecimento	2348165	2687206	0,873831403

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

O IROG é dado pelo produto dos três índices, expostos anteriormente, a partir deste cálculo foram analisados os pontos que apresentavam os índices mais baixos que serviram de direcionador para proposta de melhorias. Na Tabela 8, pode-se verificar que os postos que apresentam valores mais baixos são a Recheadora e a Embalagem.

Tabela 8: Índice de Rendimento Operacional Global (μ_{total}) -2020

Posto de Trabalho	μ_1	μ_2	μ_3	μ_{total}
Masseira	95%	87%	88%	72%
Moldagem	99%	87%	87%	76%
Forneamento	99%	87%	87%	75%
Recheadora	57%	83%	86%	40%
Túnel de Resfriamento	95%	87%	86%	71%
Embalagem	77%	85%	84%	55%
Sistemas de Abastecimento	94%	86%	87%	71%

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Para avaliar os índices é possível utilizar os parâmetros estabelecido por Nakajima (1989), citado por Antunes (2013), que determina que para empresa de grande porte o IROG deve apresentar valores superiores a 85%, e os valores para o índice de disponibilidade deve ser superior a 90%, o índice de desempenho superior

a 95% e o índice de qualidade superior a 99%.

Considerando estes parâmetros, no que se refere ao índice de disponibilidade a grande parte dos postos apresenta o valor superior a 90%, os inferiores a este valor são os que tiveram a maior incidência de paradas, ou seja, a embalagem e a recheadora. Já os índices de desempenho se mostram fora do especificado em todos os postos, uma análise aprofundada destes dados revelou que o baixo valor desse índice se deu por um alto valor de perdas associadas em cada posto de trabalho, não contemplando somente os retrabalhos, mas também as perdas com varredura e sobrepeso. Estes valores interferem neste índice dado ao fato de que a linha esteve em funcionamento, mas neste tempo não se obteve produto acabado, o que se considera uma operação em vazio. Além disso, esse índice também é afetado por incidência de micro paradas e um registro de paradas ineficiente.

Os índices de qualidade também se apresentam fora do que é indicado na literatura, o resultado é proveniente da alta ocorrência de retrabalhos distribuídos na linha, normalmente derivados de falhas mecânicas e elétricas nos principais equipamentos. Essas avaliações nortearam uma proposta de melhorias, com medidas que gerassem impacto no Índice de Rendimento Operacional Global.

5.2 PROPOSTA DE MELHORIAS

Para a proposta de melhoria foi necessário o levantamento dos motivos que causam as paradas nos postos de trabalho, para que se possa sanar estes problemas e extinguir as chances de novas paradas. O Quadro 1 mostra os principais motivos de paradas e produtos não conformes e as etapas nas quais estes problemas ocorrem. Esses dados foram colhidos em entrevistas com os operadores e gestores da linha durante o período de observação.

Quadro 1: Principais problemas identificados na linha

ETAPA	PROBLEMAS
Montagem do sanduiche	Entupimento dos estêncils
Montagem do sanduiche	Falhas operacionais (agilidade)
Refrigeração	Congelamento dos motores
Refrigeração	Temperaturas altas, falha nas zonas
Toda a linha (Falta de Treinamento)	Registros ineficientes não geram tratativas
Multiplicação de fileiras	Mesa multiplicadora e fasador fora de tempo
Montagem do sanduiche	Sujeira excessiva na recheadora
Moldagem do biscoito	Má formação das casquinhas
Montagem do sanduiche	Oscilações e vibrações nas calhas
Configurar o sistema de farinha, gordura e água	Falhas mecânicas e elétricas (Queda de energia)
Preparar a massa e o recheio	Falha na refrigeração de água
Configurar o sistema de farinha, gordura e água	Falhas eletrônicas no sistema de farinha (Falha na dosagem)
Empilhamento	Mau empilhamento
Montagem do sanduiche	Biscoitos emperrando nos guias
Moldagem do biscoito	Falta de uniformidade no abastecimento da tremonha
Forneamento	Oscilações de espessura - Causada pelo forneamento
Empilhamento	Biscoito presos no drible board
Preparar a massa e o recheio	Oscilações de densidade do creme e massa
Moldagem do biscoito	Biscoitos colados
Resfriamento	Biscoito travando nas conexões das lonas
Empilhamento	Velocidade das lonas erradas
Preparar a massa e o recheio	Erro de leitura no sensor de gordura, ocasionando falta
Abastecer a moldadora	Falha de posicionamento da lança
Forneamento	Oscilações de umidade - casquinha
Montagem do sanduiche	Biscoitos emperrando no <i>spreader</i>
Forneamento	Biscoito bagunçado na faca de saída
Abastecer a moldadora	Detector de metais descalibrado
Refrigeração	Vazamento de água
Abastecimento da plataforma	Ergonomia inadequada
Empilhamento	Biscoitos caindo das lonas

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Durante o levantamento destes dados percebeu-se que dado o fato de o processo funcionar de modo contínuo, algumas falhas que ocorram na etapa anterior

podem vir a afetar o desempenho da etapa seguinte. Por esta razão, a proposta de melhoria engloba também alguns postos que apresentaram bom desempenho em avaliação isolada, porém interferem no desempenho da etapa seguinte.

5.3 MELHORIAS IMPLEMENTADAS

Após avaliados os principais motivos de parados e analisados quais as medidas corretivas poderiam ser tomadas, foi elaborado um plano de ação com as melhorias que apresentavam viabilidade técnica e financeira para empresa, com a preocupação de não realizar compras excessivas que elevasse demais o orçamento disponível. Algumas melhorias foram implementadas na linha de biscoitos, trazendo resultados positivos no desempenho do processo, essas melhorias são descritas resumidamente, a seguir.

5.3.1 Lances da lona de resfriamento

O biscoito travava nas conexões das lonas, e, além disso, os biscoitos com alguma falha na formação na etapa de moldagem acabava passando e chegando à recheadora devido as distâncias entre as conexões serem pequenas.

Foi realizado um trabalho de afastamento do espaço entre o primeiro e o segundo lance de resfriamento assim como o nivelamento do mesmo, o que resultou em uma melhora para o processo, pois agora o biscoito que vem falhado da moldadora, em sua maioria, cai nesse espaço, fazendo com que a quantidade de biscoitos falhados que passavam para recheadora diminuísse consideravelmente.

5.3.2 Entupimento dos estêncils

Esse problema era causado principalmente pelo açúcar moído petrificado que era usado no recheio, e que ao entrar no estêncil causava o entupimento. Com a instalação do moinho de açúcar na própria unidade fabril, e a implantação do FIFO no açúcar moído, o problema de estêncil entupido foi solucionado, uma vez que o açúcar transportado da outra unidade, não tinha o FIFO obedecido pela falta de controle no recebimento e o layout inapropriado, fazendo com que o mesmo ultrapassasse o tempo máximo de armazenamento, o que causava a petrificação do açúcar e causava o entupimento do estêncil. A Figura 9 mostra como ficou a identificação do açúcar que deverá ser retirado primeiro.

Figura 9: Identificação do lote da vez no açúcar moído



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

5.3.3 Temperaturas elevadas nas zonas do túnel de resfriamento

Essas altas temperaturas ocasionavam uma inconformidade no recheio, ou seja, o mesmo não apresentava a consistência ideal para se embalar, o que acabava gerando um grande número de refugo no setor de embalagem. Para solucionar este problema foi realizada a substituição da bomba da Torre de Resfriamento, de 2Cv para 20CV, melhorando significativamente a troca térmica nos trocadores de calor das Zonas de Resfriamento do Túnel e a reforma das zonas de resfriamento com a substituição de alguns componentes. Além disso, foi feita a instalação de válvulas de expansão eletrônicas., melhorando o fluxo de gás e evitando o congelamento dos componentes.

5.3.4 Troca do fornecedor de filmes de embalagem

Em verificação às falhas ocorridas nas embaladoras verificou-se que os filmes utilizados apresentavam uma falha conhecida como canoamento, nesta falha o filme já vindo fornecedor com uma tendência de deformação, conforme está exposto no lado direito da Figura 10, que ao ser colocado na máquina, prejudica o rendimento das mesmas por precisar de várias paradas para ajuste, além de gerar um alto índice de retrabalho. Para corrigir este problema, foi realizada a troca de fornecedor, por outro que atende às especificações determinadas pela empresa e que já possui um histórico positivo com a empresa.

Figura 10: Comparação entre os filmes após a troca de fornecedor.



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

5.3.5 Otimização do conjunto de motores e sistema da recheadora

Para sanar os problemas com travamentos e paradas na recheadora, e sua dessincronização, foram tomadas algumas medidas de melhorias, considerando o sistema como um todo, e não em partes específicas. Foi realizada a substituição de vários rolamentos dos esticadores de corrente, e dos mancais dos eixos da recheadora. Além disso, foi montado um eixo usinado, e substituídas todas as correntes duplas 08 B do sistema de transmissão da recheadora.

5.3.6 Troca da faca da moldadora, para evitar biscoitos com excessos

Foi observado que a faca da moldadora apresentava desgaste excessivo o que comprometia seu desempenho, não realizando a raspagem da massa após a prensagem gerando uma casquinha com resíduos de massa em sua formação, o que afetava o desempenho na etapa de recheio. Para resolver este problema foi feita substituição por uma faca nova. Na Figura 11, é possível ver a diferença entre os biscoitos que estavam sendo formados antes e depois da substituição da faca.

Figura 11: Antes e depois das casquinhas após as melhorias



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

5.3.7 Padronização do processamento de massa e na curva de forno para manter a espessura ideal

Para evitar ajustes e paradas na recheadora decorrentes da variação na espessura especificada, foi estabelecido uma padronização nos procedimentos e adição dos insumos na etapa de homogeneização da massa. Isso foi realizado para se diminuir a variação no processo que levava a ajustes evitáveis nos equipamentos. A padronização se estendeu também à curva de assamento no forno para cada tipo de casquinha, ou seja, clara e escura. Após estabelecidos os padrões as receitas foram salvas nos equipamentos, com as modificações necessárias quando houver mudanças de produto, que ocasionam alterações no processo.

Figura 12: Tela do forno com as receitas salvas.



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

5.3.8 Manutenção preventiva periódica na recheadora

Foi estabelecido um plano de manutenção periódica na recheadora com o intuito de realizar a verificação e lubrificação de peças que apresentavam rápidos desgastes, não necessariamente associados a um período de tempo específico, mas sim com base no tempo de operação do equipamento. Essas peças que sofrem desgaste, são substituídas antes que se inicie uma nova produção, evitando paradas para trocas. Como existem sempre paradas aos domingos, a manutenção preventiva da recheadora ocorre semanalmente, ou quando há um período de operação contínua que exceda 120 horas.

5.3.9 Substituição dos tubos das bombas de recheios

Para uma melhor dosagem de recheio e menor incidência de paradas por excesso de velocidades estabelecidas nos motores das bombas de recheio, foi realizada a substituição dos tubos de recheio associados a cada panela, melhorando o atrito interno de cada tudo e com uma vedação que não permita o vazamento de recheio e uma consequente diminuição na pressão interna. Isso interfere no desempenho da bomba e na distribuição do recheio na casquinha, fazendo que a bomba não precise trabalhar fora da velocidade padrão e o produto não tenha variações de pesos excessivas.

5.3.10 Estudo de empilhamento ideal, por meio de vibração

Foi solicitado o acompanhamento e padronização dos módulos de vibração pelo fabricante dos equipamentos vibratórios, em todo o sistema de transporte e nas calhas vibratórias. Para isto, foi realizada a troca de alguns módulos que estavam sofrendo alterações dada as variações na tensão, suprido este problema foi estabelecido a melhor maneira do cursode transporte do biscoito, ajustando a vibração e as velocidades da linha.

5.3.11 Substituição da faca de saída do forno, para evitar a desordem das casquinhas

Para o problema de desordem ocasionado nas casquinhas após seu assamento, foi realizada a troca da faca de saída do forno que apresentava um

desnível que interferia na organização necessária para que o biscoito passasse pelos quatro lances de resfriamento, sem que ficasse presos nestes pontos. A Figura 13 mostra como eram os episódios nos quais ocorriam a desordem do biscoito, e como deveria ser.

Figura13: antes e depois da substituição da faca do forno.



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

5.3.12 Estoques de peças de reposição para manutenção mecânica

Um dos potencializadores da duração das paradas era a falta de peças de reposição no armazém da manutenção. Desse modo, foi criado um estoque de segurança de peças com uso recorrentes, a fim de que estas peças estejam sempre disponíveis na empresa quando necessário, não levando a compras externas em situações já críticas, que faziam com que se perdesse muito tempo aguardando a chegada do material. A maioria desses componentes não possuíam valores altos e só não eram comprados para estoque por falta de planejamento e solicitação do setor de manutenção.

5.3.13 Manutenção preventiva de lubrificação das engrenagens das embaladoras

Foi estabelecido também um plano de manutenção preventiva para as embaladoras, evitando que suas peças mesmo com uma durabilidade bem maior que as peças da recheadora, passem também por limpezas e lubrificações periódicas em suas engrenagens e motores. Essa medida fez com que se ganhasse mais tempos nas partidas de linha, pois os equipamentos, normalmente se encontravam em condições ideais de operação, por terem passado por essas preventivas.

5.3.14 Treinamento e apresentação dos indicadores encontrados

Para a implementação das melhorias foi necessário unir a equipe em prol do objetivo de melhorar os índices encontrados, na primeira avaliação e despertando o interesse em tornara linha mais eficiente. Para isso foram realizados treinamentos específicos das funções de cada operador, treinamento voltados para tomada de decisão em situações críticas tanto com os operadores, quanto com a liderança e ainda foi implementado um programa de acompanhamento e compartilhamento de informações e melhorias em cada posto de trabalho passadas turno a turno.

5.4 REAVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL

Os índices foram recalculados agora com base no primeiro semestre de 2021, após a implementação das melhorias e durante o andamento de algumas. Os resultados são expressos nas neste tópico. A Tabela 9 apresenta os novos valores para o índice de disponibilidade.

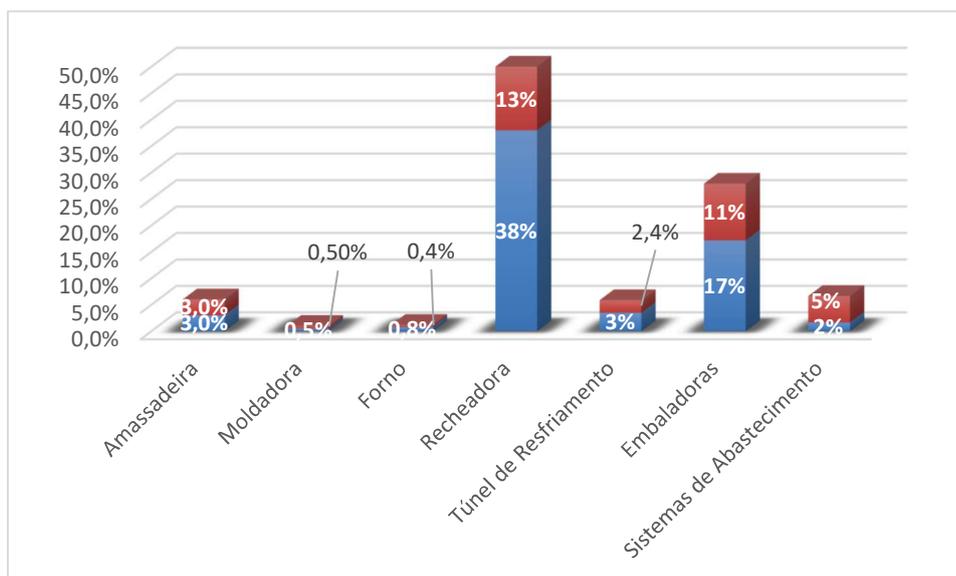
Tabela 9: Índice de Disponibilidade (μ_1) – 2021

Posto de Trabalho	Tempo Disponível para o Posto	Tempo de Paradas no Posto	μ_1
Masseira	279:24:34	03:09:00	0,98872622
Moldagem	279:24:34	00:30:00	0,99821051
Forneamento	279:24:34	01:00:00	0,99642102
Recheadora	279:24:34	47:45:00	0,82910384
Túnel de Resfriamento	279:24:34	04:22:00	0,9843718
Embalagem	279:24:34	21:35:00	0,92275374
Sistemas de Abastecimento	279:24:34	02:03:00	0,9926631

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

O tempo disponível para o posto de trabalho aumentou após as melhorias devido a diminuição do número de setups, e um aumento no tempo de produto acabado, dada por considerada melhora na produtividade. As melhorias implementadas mostraram uma redução de considerável em cada posto de trabalho. A Figura 14 mostra o percentual de redução em cada posto, em relação à análise anterior a melhoria. Foi possível observar que mesmo os postos que apresentavam um pequeno tempo de paradas, este ainda conseguiu ser reduzido, pelas melhorias implementadas.

Figura 14: Gráfico de Redução percentual de paradas por Posto de Trabalho.



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

A redução no tempo de paradas refletiu no índice de Desempenho da linha em todos os postos de trabalho avaliados, no entanto, os postos com índices mais baixos como a recheadora e a embalagem tiveram um aumento de quase 5 p.p. cada um deles. A Tabela 10 apresenta os valores encontrados após a aplicação das melhorias.

Tabela 10: Índice de Desempenho (μ_2) – 2021

Posto de Trabalho	Tempo de Produção Total	Tempo Real de Operação	μ_2
Masseira	1772:26:34	1599:09:06	0,902230316
Moldagem	1772:26:34	1601:48:06	0,903725428
Forneamento	1772:26:34	1601:18:06	0,903443332
Recheadora	1772:26:34	1554:33:06	0,877067305
Túnel de Resfriamento	1772:26:34	1597:56:06	0,901543881
Embalagem	1772:26:34	1580:43:06	0,891830357
Sistemas de Abastecimento	1772:26:34	1600:15:06	0,902850929

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

O índice de qualidade revelou além de um aumento nos índices um aumento de produtividade na linha, isto ocorreu principalmente devido às ações para

minimização das perdas associadas ao processo (retrabalho, varredura e sobrepeso) que sofriam muita interferência por falhas nos equipamentos, como também devido ao plano para minimização do número de *setups* na linha. Além disso, a Tabela 11 mostra que os índices de qualidade tiveram um aumento significativo nos postos analisados, decorrente principalmente da diminuição de paradas nos equipamentos e uma preocupação com a conformidade do produto desde o início da linha. As medidas adotadas fizeram com que além de uma diminuição na quantidade de retrabalhos realizados, ocorresse também uma padronização do processo.

Tabela 11: Índice de Qualidade (μ_3) – 2021

Posto de Trabalho	Produção Conforme (kg)	Produção Total (Kg)	μ_3
Masseira	2868083	3002220	0,955320726
Moldagem	2868083	3004620	0,954557645
Forneamento	2868083	3003670	0,954859552
Recheadora	2868083	3092144	0,927538626
Túnel de Resfriamento	2868083	3045287	0,941810408
Embalagem	2868083	3187185	0,899879675
Sistemas de Abastecimento	2868083	3005720	0,954208306

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Os valores do IROG em cada posto de trabalho estão dispostos na Tabela 12, em avaliação é possível afirmar que as melhorias implementadas, apresentaram um retorno bastante positivo à organização. Grande parte dos postos exibe índice igual ou maior a 85%, parâmetro tido como aceitável pela literatura. Os postos que não alcançaram 85%, foram os que apresentavam valores mais críticos, em primeira análise, no entanto seu crescimento foi expressivo, conforme se verifica no gráfico da Figura 15.

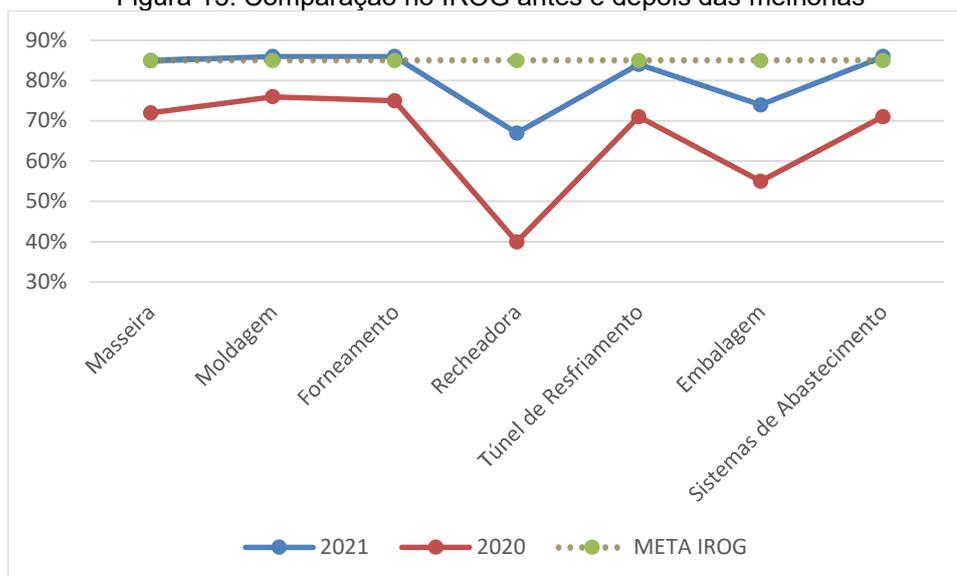
Tabela 12: Índice de Rendimento Operacional Global – 2021

Posto de Trabalho	μ_1	μ_2	μ_3	μ_{total}
Masseira	99%	90%	96%	85%
Moldagem	99,8%	90%	95%	86%
Forneamento	99,6%	90%	95%	86%
Recheadora	83%	88%	93%	67%
Túnel de Resfriamento	98%	90%	94%	84%
Embalagem	92%	89%	90%	74%
Sistemas de Abastecimento	99%	90%	95%	86%

Fonte: Esta Pesquisa (2021)

O maior quantitativo de melhorias adotadas foi voltado para recheadora e embalagem, porém a melhoria do IROG foi vista em todos os postos de trabalho. Esse comportamento se dá devido ao processo funcionar de maneira contínua, onde cada posto tem influência no posto seguinte e sofre influência do posto anterior. As melhorias pensadas para maximizar o IROG nos postos mais críticos, obtiveram grande êxito. A recheadora que apresentava um rendimento de 40%, alcançou nos seis meses seguintes um valor de 67%, mesmo estando um pouco longe da meta de 85%, teve um aumento apreciável na reavaliação.

Figura 15: Comparação no IROG antes e depois das melhorias



Fonte: Esta Pesquisa (2021)

Já na Embalagem o acréscimo foi de 55% para 74%, deixando o IROG deste posto bastante próximo a meta, mesmo não tendo um grande número de melhorias associadas a esta área. Este fato reafirma que o aumento do IROG em qualquer posto refletirá nos demais.

6 CONCLUSÃO

Todos os esforços de grande parte das organizações, estão sempre voltados a um aumento em sua lucratividade, para isso várias medidas são adotadas, uma das que garantem maior retorno é, sem dúvidas, melhorar o aproveitamento do processo, ou seja, produzir mais, com menos perdas. O IROG é uma ferramenta de grande valia neste aspecto, sua aplicação permite verificar e otimizar a eficiência nos recursos críticos ao longo do sistema.

Este trabalho se propôs a implementar o IROG em uma linha de biscoitos recheados, realizando primeiro, o rastreamento dos postos de trabalho dispostos na linha, e tratando cada posto de forma isolada, para identificar quais os recursos que mais interferem no rendimento operacional da linha.

A aplicação do IROG, permitiu identificar quais os postos de trabalho que apresentavam valores abaixo de 85%, indicado na literatura como o aceitável. E através da proposta de melhorias que foi implementada na empresa foi realizada uma reavaliação dos índices, que apresentou um retorno bastante positivo nos índices calculados. Todos os postos de trabalho avaliados apresentaram uma significativa melhora, deixando a linha em uma situação bem mais próxima das metas internas estabelecidas.

A proposta de melhorias não esteve voltada apenas para reparos ou substituições nos equipamentos críticos, buscou-se entender as reais causas dos problemas encontrados e do que estava comprometendo o funcionamento da linha. Durante o estudo percebe-se ainda que os treinamentos realizados com a equipe surtiram efeitos, não só no que se refere a produtividade, como também uma melhora na satisfação e clima organizacional.

Devida a natureza do processo produtivo, observou-se que foi necessária uma adequação nos dados, a fim de se evitar que o resultado sofresse distorções. No estudo de caso analisado, foram consideradas apenas as paradas ocorridas em cada posto de trabalho analisado, e desconsiderando paradas que estivessem não tivessem associações a estes postos.

Desse modo, é possível afirmar que o trabalho contribuiu para o conhecimento quanto a aplicação do IROG na indústria alimentícia, com um processo que funciona sempre de modo contínuo, permitindo uma nova visão quanto suas aplicações. Quanto as limitações encontradas é digno de destaque, o grande número

de dados sem compilação e sem tratamento por parte da empresa. Os dados são coletados, mas se existe tratativa para os mesmos, exigindo um enorme tempo gasto na sua seleção e adequação ao estudo.

Com isso, pode-se afirmar que o objetivo deste trabalho foi concluído com êxito e evidenciou a importância de se mensurar e conhecer o processo de modo completo, porém analisando-o em partes, para desmascarar problemas que muitas vezes são encobertos nas avaliações gerais. Os resultados alcançados, foram percebidos por todos os envolvidos no trabalho e despertaram uma nova forma de se tratar e entender o processo.

6.1 CONTRIBUIÇÕES E IMPLICAÇÕES GERENCIAIS

O estudo realizado serviu como norte para implementação das melhorias necessárias a linha, algumas até, já percebidas pela gestão. Serviu também para evidenciar a importância do plano de ação em andamento para a diminuição dos *setups*, mostrando que mesmo não apresentando paradas com alta duração quando comparadas ao tempo com setups, as paradas para manutenção corretiva geral e de embalagem já estavam causando grande interferência nos resultados. E que a minimização dessas paradas trouxe excelentes resultados quando tratados.

Os benefícios trazidos com a aplicação do IROG permitiram à organização mudar a visão em relação a análise e avaliação dos resultados e relatórios gerenciais utilizados, uma vez que mesmo em posse dos dados a empresa não avaliava os índices de modo a se tomar ações que viessem a melhorar o processo. Outro ponto percebido pela empresa, com este estudo foi a importância da integração e treinamento da equipe, para se obter os melhores resultados de produtividade.

É importante salientar que algumas propostas de melhorias não puderam ser implementadas, devido ao alto investimento necessário para realizá-las, isto serviu para mostrar para a alta gestão que mesmo sem gastar altos valores há sempre pontos de melhorias dentro de um sistema de produção.

6.2 POTENCIAL PARA FUTURO TRABALHOS

Dada a complexidade e número de linhas de produção existente na empresa, é sugerido a implementação e avaliação do IROG nas demais linhas de biscoitos, e depois estendê-las também ao setor de massas, para avaliar outro tipo de produto, também pouco explorado. Fica ainda como sugestão uma nova proposta de melhorias

com o foco nos postos de trabalho da recheadora e embalagem, a fim de se alcançar os 85% tomados como parâmetro neste estudo e que não foram alcançados.

REFERÊNCIAS

- ALLMAN, A. **Continuous Improvement for Roll Forming**. 2004.
- ANTUNES, J. A. V. J. et al. **Uma revolução na produtividade: a gestão lucrativa dos postos de trabalho**. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- ANTUNES, J. A. V.; KLIPPEL, M. Uma abordagem metodológica para o gerenciamento das restrições dos sistemas produtivos: A gestão sistêmica, unificada/integrada e voltada aos resultados dos postos de trabalho. In: **XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, Campinas-SP, 2001.
- ANTUNES, J. A. V. J., et al. Considerações críticas sobre a eficiência nos sistemas produtivos industriais – uma abordagem a partir do Sistema Toyota de Produção e da Teoria das Restrições, **anais do XXIV ENEGEP** - Florianópolis, SC, Brasil, 2004.
- ANTUNES, J. A. V.; J, ALVAREZ, R.; KLIPPEL, M.; PELLEGRIN, I. ; **Bortolotto, P. Sistemas de Produção: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta**. Porto Alegre: Bookman. 2008.
- ARROMBA, I. F. Dificuldades observadas na adoção do programa Manutenção Produtiva Total (TPM). 2018. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2018.
- BECKER; J, M. J., BORST, J., VAN DER VEEN, A. Improving the overall equipment effectiveness in high-mix-low-volume manufacturing environments. **CIRP Annals**, v. 64, n.1, p. 419-422, 2015.
- BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; ZAMMORI, F.: Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML): An integrated approach to assess systems performance. **Journal of Manufacturing Technology Management**, Italia, v. 20, n. 1, p. 8-29, 2009.
- CAMPOS, C. C. **A Indústria de Alimentos no Brasil e na América do Sul**. FGV Projetos, n. 27, 2016.
- CORREA, H; CORRÊA, C. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2004.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. Atlas S.A: São Paulo. 1996.
- COX III, J.F. & SPENCER, M. S. **Manual da Teoria das Restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- CHIARADIA, A. Utilização do indicador de eficiência global dos equipamentos na gestão de melhoria contínua dos equipamentos. **Dissertação de Mestrado**.

Universidade Federal do RioGrande do Sul – Escola de Engenharia. Porto Alegre, RS. 2004.

FILHO, E. D.; DE SOUZA, C. J. A., HERRERA, V. É., SOUZA, M. D. F. C. Otimização da performance da linha de produção mediante a implantação da Manutenção Produtiva Total. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, 5(7), 3-18,2017.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

Glauche, R. V. **Diretrizes para identificação de gargalos em processos de produção de obras de construção civil residenciais**. 2005. 127f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Escola De Engenharia - Curso De Mestrado Profissionalizante Em Engenharia. 2005.

Hayes, R.H.; UPTON, D.; PISANO, G. **Produção, Estratégia e Tecnologia: Em Busca da Vantagem Competitiva**. Porto Alegre: Bookman. 2008

JAIN, R.; LYONS, A. C. The implementation of lean manufacturing in the UK food and drink industry. **International Journal of Services and Operations Management**. v. 5, n. 4, p. 548-573, 2009.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função estratégica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Quality Mark, 2004.

LI, E. Y.; BIGGS, J, R; THIES, E. A. Managing Constrained Capacity: a Simulation Study.Int. J. **Internet and Enterprise Management**, v. 3 n. 4, 2005.

MATTAR. F. N. **Pesquisa de Marketing**. São Paulo: Atlas, 1996

MATHUR, A; DANGAYACH, G.S.; MITTAL, M.L.; SHARMA, M. K.Performance measurement in automated manufacturing. **Measuring Business Excellence**, v.15 n. 1, p. 77 – 91, 2011.

MELO, F. T.; LOOS, M. J. Análise da metodologia da Manutenção Produtiva Total (TPM):Estudo de caso. **Análise**, 39(03), 2018.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 13, p. 3517-3535, 2008.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM: Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMCInternacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

NASCIMENTO, D. M.; DINIZ H. H. L.; GABÚ, A. B. S. Manutenção Produtiva Total (TPM): estudo de caso em uma indústria de bebidas. **Revista de trabalhos acadêmicos- universo recife**, 4(2-1), 2017.

PACHECO, D. A. J.; ANTUNES JR., J. A. V.; LACERDA, D. P.; GILSA, C. V. Modelo de Gerenciamento da Capacidade Produtiva: Integrando Teoria das Restrições e o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG). **Revista Produção Online**, Vol. 12, n.3, p. 806- 826, 2012.

RIBEIRO, A. H. Elaboração de plano de manutenção preventivo em uma fábrica de rações utilizando conceitos de manutenção produtiva total. 2019. 58f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica)** - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

SANTOS, S. A. A importância da manutenção produtiva total na melhoria contínua do processo: um estudo de caso. 2018. 63f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica)** - Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia Mecânica, Alegrete, 2018.

SELLTIZ, C. et al. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: Herder, 1967.

SCHÜTZ, E. K. Implementação de manutenção produtiva total-TPM em uma empresa do setor alimentício. 2015. 60f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica)** - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2015.

SHIROSE, K. **TPM Team guide**. Portland, OR: Productivity, Inc. 1995.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, M. C.; BAUER, J. M.; GAUZE JR., J. W. Análise da eficiência produtiva na indústria automotiva: integrando teoria das restrições e o índice de rendimento operacional global (IROG). **Revista Produção Online**, Vol. 18, n.3, 826-844, 2018.

TEIXEIRA, J. H. O. A. P. **Definição e implementação da Manutenção Total da Produção no processo produtivo de placas acústicas**. 2017. 47f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão), Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2017.

TENÓRIO, F. G. **Flexibilização organizacional, mito ou realidade?** Rio de Janeiro: Editora FGV, 2000.

TUPY, O.; SERILLO, J. A. **Eficiência Produtiva de Frigoríficos e Laticínios no Brasil.**2006.

YIN, R. K. **Estudo de caso – planejamento e métodos.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman. 2001.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3 ed. Porto Alegre, RS: Bookman.2005.

ZUASHKIANI, A.; RAHMANDAD, H.; JARDINE, A. K. S. Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices. **International Journal of Quality & Reliability Management.** v. 17, n. 1, p. 74-92, 2011.