



MELHORIA NO PROCESSO DE REPOTENCIALIZAÇÃO DE ROLAMENTOS EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA APLICANDO OS CONCEITOS DE MÉTODOS E PROCESSOS

Alex Ferreira Lins
dsgn.a@hotmail.com
UNICSUL/SP

José Carlos Souza Oliveira
carlos.souza@ifsp.edu.br
IFSP/SP

Resumo: No segmento industrial como siderurgia, mineração, sucoenergético entre outros, procuram-se cada vez mais um melhor aproveitamento na vida útil de seus ativos, no qual recentemente surge uma nova modalidade, principalmente para as indústrias de rolamentos do Brasil, sendo ela a repotencialização dos rolamentos, que consiste em recondiçaná-los a fim de trazer maior economia e maior durabilidade dos ativos para os cliente. Este artigo trata-se de um processo de melhoria aplicado no departamento de repotencialização de uma grande fabricante de rolamentos, aplicando conceitos de métodos e processos, ciclo PDCA e as indispensáveis ferramentas da qualidade a fim de reduzir o “lead time” do processo. Nele também apresenta resultados de estudo de tomada de tempos realizado para mapeamento do processo além das ações tomadas que resultaram em uma redução de 30% no tempo de entrega do serviço ao cliente, resultando também em um aumento de produção devido a otimização do processo.

Palavras Chave: Processo - Qualidade - Repotencialização - Cronoanálise - Rolamentos

1. INTRODUÇÃO

O cenário econômico do Brasil vivencia uma crise severa que afeta todos os setores da economia, o que vem reduzindo consideravelmente o poder aquisitivo não só dos brasileiros, mas também das pequenas e grandes empresas. Diante dos desafios que a situação atual vem apresentando, alguns setores precisam se reinventar, e é o que vem acontecendo no setor de rolamentos industriais, visando redução de custos, ganho de produtividade, aumento de confiabilidade total dos ativos e contribuição com a redução do impacto ambiental, há alguns anos surgiu o conceito de “Repotencialização” de rolamentos, um novo termo utilizado para a atividade de recuperação destas peças.

Com base neste novo conceito de manutenção e condicionamento de rolamentos industriais, desde 2016 grandes empresas fabricantes de rolamentos vem investindo nesta modalidade de serviço, no qual se moldam às necessidades deste novo mercado e atuam na criação de novos procedimentos para estruturar o processo que visa oferecer aos clientes, agora, ao invés de produtos, serviços que ofereçam maior aproveitamento de seus ativos, proporcionando que o mesmo otimize o produto.

Neste sentido, o presente artigo visa aplicar os conceitos de engenharia de métodos e processos na atividade de repotencialização de rolamentos de uma indústria metalúrgica, através de um estudo de tomada de tempos de cada etapa, coletando dados do processo atual, com o objetivo de identificar seus gargalos e, desta forma atacar estes pontos críticos do processo, à fim de reduzir seu “*lead-time*”.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 REPOTENCIALIZAÇÃO DE ROLAMENTOS

Rolamentos são componentes que tem como objetivo reduzir atrito nas máquinas e equipamentos a fim de minimizar os efeitos do aquecimento e desgaste dos componentes. Existem diversos tipos de rolamentos com características específicas para determinados tipos de aplicação como rolamentos para altas rotações, altas cargas, situações de desalinhamento nos eixos, rolamentos miniaturas, rolamentos grandes e extra grandes. Os rolamentos de grande porte são aplicados em diversos segmentos da indústria, e alguns deles são citados abaixo:

- Açúcar e álcool: aplicados em moendas e picadores de cana de açúcar;
- Siderúrgica: Aplicados no processo de lingotamento contínuo e laminação;
- Cimenteira: Aplicados em rolos de carga;
- Celulose e Papel: Aplicados em rolos de secagem de papel;
- Mineração: Aplicados em britadores e peneiras vibratórias;
- Indústria Geral: Aplicados em prensas, laminadores e equipamentos eólicos.

Estes são os segmentos que se aplica o conceito de repotencialização de rolamentos, pois devido à dimensão da peça, estes itens acabam tendo valores muito elevados e entra em ação este tipo de serviço, pois segundo Campos apud Dino (2018) a proposta do Grupo *Schaeffler* é que este tipo de atividade pode oferecer de 30% até 50% do valor de um rolamento novo, proporcionando o mesmo desempenho, com benefícios como a redução de estoque, redução de despesas e prazo de entrega reduzido. Já o grupo SKF (2018), propõe enfaticamente prolongar a vida útil do rolamento oferecendo soluções para proporcionar o prolongamento de

vida de seus ativos a fim de gerar uma redução de custo ao processo do cliente. O processo de repotencialização podem ser divididos em 4 níveis como apresentado na figura 1.

- NÍVEL 1:** Limpeza, aplicação de óleo protetivo e revalidação da embalagem.
- NÍVEL 2:** Limpeza, polimento leve das pistas, aplicação de óleo protetivo e embalagem.
- NÍVEL 3:** Limpeza, retífica leve, polimento agressivo dos componentes, aplicação de óleo protetivo e embalagem.
- NÍVEL 4:** Limpeza, retífica leve, polimento agressivo, troca dos componentes, aplicação de óleo protetivo e embalagem.

Figura 1: Níveis de repotencialização de rolamentos.

Fonte: Autor (2020)

Cada nível é definido de acordo com a condição da peça, as que não apresentam nenhum tipo de dano, apenas deterioração da embalagem, passam pelo processo de nível 1, sendo indicado para peças que ficaram há um longo tempo armazenadas, e devido apresentarem embalagem danificada ou ressecamento de seu fluido protetivo é necessário a revalidação da embalagem, para que a mesma não sofra oxidação. Os demais níveis são apresentados a seguir.

Tabela 1: Matriz de falha por nível de repotencialização.

TIPO DE FALHA		
	DESLIZAMENTO: Normalmente ocasionado por interferência insuficiente nas superfícies de contato do eixo ou alojamento. Causa uma aparência brilhante ocasionalmente com sujeira e desgaste.	NÍVEL 2
	ESCORREGAMENTO: Danos nas pistas do rolamento ocasionado pelo rompimento do filme lubrificante, no qual permite o contato metal-metal entre os elementos rolantes e pistas ocasionado por lubrificação inadequada com alta rotação e baixa carga.	
	ARRANHADURA: Geralmente apresenta em aplicações com lubrificação deficiente e velocidade de giro excessiva.	
	ALTERAÇÃO DE COLORAÇÃO: Ocorre devido deterioração do lubrificante à alta temperatura, e ocorre exclusivamente por falha na lubrificação. Vale lembrar que alteração na coloração não é superaquecimento, esta falha não altera a microestrutura do aço.	
	IMPRESSÕES: Marcas ocasionadas pela impressão de partículas sólidas nas pistas de rolagem. Estas marcas podem ocorrer devido contaminação por partículas metálicas, carga excessiva ou impactos durante o transporte e instalação.	NÍVEL 3
	OXIDAÇÃO E CORROSÃO: Pontos na superfície dos anéis/pistas e elementos rolantes ocasionados por contaminação por água, manuseio inadequado ou lubrificação inadequado.	
	CORROSÃO POR CONTATO: Ocorre na superfície de ajuste ou na área de contato entre as pistas e os elementos rolantes e a causa é devido lubrificação deficiente, ajuste inadequado ou vibração de pequena amplitude na aplicação.	
	DESGASTE: Deterioração da superfície ocasionado por atrito e escorregamento entre a superfície das pistas, elementos rolantes entre outros componentes. Normalmente ocorre devido entrada de impurezas, lubrificação deficiente, progressão da oxidação.	
	ESCAMAMENTO, TRINCAS OU FRATURAS: Nestes casos, não é possível realizar a recuperação do componente, então deverá ser realizado a substituição do componente por um novo.	NÍVEL 4

Fonte: Adaptado pelo autor de NSK Brasil (2014)

2.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Qualidade é um termo muito abrangente e está presente no cotidiano de todas as pessoas, por este fato, nem todos conseguem dizer uma definição absoluta para o termo “qualidade”, pois dependerá muito do ponto de vista de cada envolvido. Segundo a ISO 9000:2015 apud Barros e Bonafini (2015), trata-se do grau em que o conjunto de características inerentes satisfaz os requisitos (necessidade ou expectativas). Com o decorrer do tempo o homem deu ainda mais importância na garantia da qualidade e esta evolução fez-se possível devido a aplicabilidade de novos conceitos, gerando ferramentas e estudos indispensáveis para a rotina fabril.

“Com a produção em larga escala, surgida com a criação de linhas de montagem, essa tarefa rapidamente se tornou impossível por questões de tempo e custo [...] Foi necessário criar mecanismos que a viabilizassem, e a inspeção de produtos foi socorrida por procedimentos embasados na estatística, como por exemplo, a amostragem.” (BARROS e BONAFINI, 2015)

Houveram também grandes mudanças realizadas pelo norte-americano Walter A. Shewart, na década de 30, e a qualidade passou a ser responsabilidade de apenas um setor. A partir deste ponto foram surgindo os sistemas de qualidade, revolucionando mais uma vez o conceito e a responsabilidade sobre a qualidade de um produto ou processo na empresa, onde não passava mais a ser de responsabilidade apenas de um setor, mas de todos os colaboradores que nela exerciam suas atividades.

“As ferramentas da qualidade foram estruturadas, principalmente, a partir da década de 50, com base em conceitos e práticas existentes [...] As sete Ferramentas do Controle de Qualidade são: Diagrama de Causa e Efeito, Estratificação, Folha de Verificação, Diagrama de Pareto, Histograma, Diagrama de Dispersão e Gráfico de Controle. Essas sete ferramentas fazem parte de um grupo de métodos estatísticos elementares que devem ser de conhecimento de todas as pessoas envolvidas com a empresa, do presidente aos colaboradores, e, por isso, devem fazer parte dos programas básicos de treinamentos das organizações.” (FREITAS et. al, 2014).

Segundo Custodio (2015) as ferramentas da qualidade tem o objetivo de desenvolver uma metodologia de trato dos desvios, sendo essenciais para a identificação e resolução da causa raiz dos problemas, e novas metodologias que surgiram a partir destas ferramentas são, a Matriz GUT, 5W2H, PDCA, Fluxograma, *Brainstroming* e etc.

2.3 FLUXOGRAMA

O fluxograma é uma ferramenta básica que tem por objetivo expressar o sequenciamento de um processo, e segundo Wildauer e Seleme (2015) é uma ferramenta usualmente utilizada para a compreensão de um sistema complexo, esta ferramenta além de funcional pode ajudar a detectar inconsistências no fluxo. Neste método são utilizados símbolos gráficos que ajudam a identificar de forma mais completa o fluxo lógico de um sistema.

2.4 PDCA

Esta ferramenta também é conhecida como ciclo de Deming e ciclo de Shewhard e está subdividida em quatro etapas, Camargo (2011) afirma que essa “é uma ferramenta gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização”. Este método é uma rotina constante, por isso é chamado de ciclo, ao fim da correção deve-se verificar se o problema fora resolvido ou não para monitorá-la constantemente.

2.5 HISTOGRAMA

Está é uma ferramenta estatística muito utilizada para identificar a frequência de um ponto e apresentar a distribuição e dados obtidos por medições, só é possível elaborar um histograma através da coleta de dados de seu processo.

2.6 CRONOANÁLISE

A cronoanálise também é conhecida como o estudo dos tempos e movimentos, é uma ferramenta indispensável no estudo de métodos e processos para tomada de decisões e melhoria, pois desta forma se é possível coletar dados de cada etapa para definir uma ação a ser tomada a fim de otimizar cada etapa. A partir de estudos realizados no final do século XVII, por Frederick Taylor, foi possível tabelar os parâmetros de fadiga em cada condição de trabalho conforme apresentam a figura 2.

	ESFORÇO FÍSICO	ESFORÇO MENTAL	RECUPERAÇÃO		MONOTONIA	
			% Tempo Recuperado	Fator B	Duração Ciclo (min)	%
Trabalho	%	%	0 - 5 6 - 10	1,00 0,90	0 a 0,05	7,8
Muito Leve	1,8	—	11 - 15 16 - 20	0,80 0,71	0,06 a 0,25	5,4
Leve	3,6	0,6	21 - 25 26 - 30	0,62 0,54	0,26 a 0,50	3,6
Médio	5,4	1,8	31 - 35 36 - 40	0,46 0,39	0,51 a 1,00	2,1
Pesado	7,2	3,0	41 - 45 46 - 50	0,32 0,26	1,01 a 2,00	1,0
Muito Pesado	9,0	—	51 - 55 56 - 60	0,20 0,15	2,01 a 3,00 3,01 a 4,00	0,5 0,2
CONDIÇÕES AMBIENTAIS						
TÉRMICAS (T)		ATMOSFÉRICAS (A)		OUTRAS		
Temperatura	%	Local	%	Ruído (R)	Baixo nível Que obrigue uso protetor	0 1,8
0 a 7° C	3,6	Bem ventilado	0	Umidade (U)	Ambiente seco e agradável	0
8 a 15° C	1,8	Mal ventilado ou com leve fumaça	2,4		Alta (<25° C)	1,8
16 a 25° C	0	Com muita fumaça ou pó que obrigue uso de máscara	5,6	Alta (>25° C)	3,5	
26 a 34° C	1,8			Vibração (V)	Do solo ou da máquina	1,8
35 a 40° C	3,6					

Figura 2: Tabela de fadiga utilizada na medida do trabalho.

Fonte: Adaptado pelo autor de Barnes (1977)

“O estudo de movimentos e de tempos é um estudo sistemático dos sistemas de trabalho com os seguintes objetivos: (1) desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele de menor custo; (2) padronizar esse sistema e método; (3) determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica; e (4) orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.” (BARNES, 1977).

Deste modo, percebe-se que esta ferramenta é uma metodologia abrangente para definir, estruturar e administrar um processo, sendo primordial ter conhecimento das ferramentas da qualidade anteriormente citadas. Para o início deste estudo é necessário conhecer o processo, e para isto se deve desenvolver o fluxograma do processo atual. Segundo Tálamo (2016), deve-se conhecer o leiaute da planta no qual ocorre o processo, assim deve ser feito o mapeamento deste. E de acordo com Wildauer e Seleme (2015) com a utilização das ferramentas de gestão é que se torna possível identificar, diagnosticar, analisar, finalizar e controlar o processo dos produtos.

“O diagrama espaguete é de fácil aplicação. Basta o especialista ter uma planta baixa do espaço ou uma representação em escala produzida pelo próprio [...] incluindo todos os equipamentos ou máquinas, móveis e estações de trabalhos envolvidas na operação,

desenhe linhas que representem o fluxo percorrido por um produto [...] fluindo entre todos os elementos.” (SILVA, 2018).

Definido todo o caminho percorrido durante o processo deve-se inserir as distâncias percorridas para que seja possível identificar os desperdícios de tempo que podem ser evitados ou melhorados no seu processo.

2.7 DETERMINAÇÃO DO TEMPO CRONOMETRADO

De acordo com Santos et. al (2015), para obtenção de uma validação de amostras de tempos cronometrados, é calculado o número de cronometragens necessárias (N), para que os dados obtidos sejam considerados válidos. Assim, a quantidade necessária de cronometragens é definida pela equação 1.

$$N = \left(\frac{z \cdot R}{Er \cdot d_2 \cdot X} \right)^2 \dots\dots\dots(1)$$

Onde:

- N – Número de ciclos a serem cronometrados. Er – erro relativo da medida.
- z – Coeficiente da probabilidade determinada. d_2 – tamanho da amostra preliminar (tabelado).
- R – Amplitude da amostra. X – Média dos valores das observações.

“Normalmente as cronometragens acontecem em ciclos de 5 a 7 tomadas de tempos onde através desses dados são extraídos os valores do X e do R para a aplicação na fórmula acima descrita, os erros relativos costumam variar entre 5 a 10 % e a probabilidade de 90 a 95%” (FERANDEZ apud LECEUX e RELI, 2016).

2.8 DETERMINAÇÃO DO TEMPO NORMAL.

O tempo normal é o tempo necessário para o trabalhador qualificado executar uma operação, e é definida pela equação 2.

$$TN = TM \cdot F_R \dots\dots\dots(2)$$

Onde:

- TN – Tempo Normal. TM – Tempo médio de operação.
- F_R – Fator de ritmo.

2.9 DETERMINAÇÃO DO TEMPO PADRÃO.

Tálamo (2016), afirma que o tempo padrão (TP) é o mais importante dos indicadores, é por meio deste que a empresa determina o balanceamento de linhas, dimensiona a mão-de-obra e estabelece seus custos fabris, e pode ser determinado pela equação 3.

$$TP = TN \cdot F_T \dots\dots\dots(3)$$

Onde:

- F_T – fator de tolerância.

Na prática, F_T equivale à 1,05 para trabalhos administrativos (em escritórios) e à 1,20 para trabalhos em indústrias em condições ideais.

3. METODOLOGIA

Quanto a sua finalidade, esta pesquisa classifica-se como pesquisa aplicada, pois os conhecimentos adquiridos serão utilizados para aplicação prática voltados para a solução de problemas reais.

Quanto a natureza, esta pesquisa classifica-se como resumo de assunto, pois fundamenta-se em trabalhos mais avançados, porém com um ponto de vista original são qualidades necessárias.

Do ponto de vista de seus objetivos, essa pesquisa classifica-se como exploratória, pois visa proporcionar maiores informações sobre o assunto em estudo.

Quanto ao objeto, essa pesquisa classifica-se como pesquisa bibliográfica e de campo, pois foi elaborada a partir de material já publicado e atividades em campo

4. ESTUDO DE CASO

4.1 PROCESSO

O processo estudado é responsável por recondicionar aproximadamente 5.000 (cinco mil) rolamentos ao ano e de venda de aproximadamente 2.000 (dois mil) rolamentos ao ano para um único contrato. A rotina atual está estruturada para atender a demanda deste contrato. O processo é descrito de acordo com o fluxograma apresentado na figura 3.

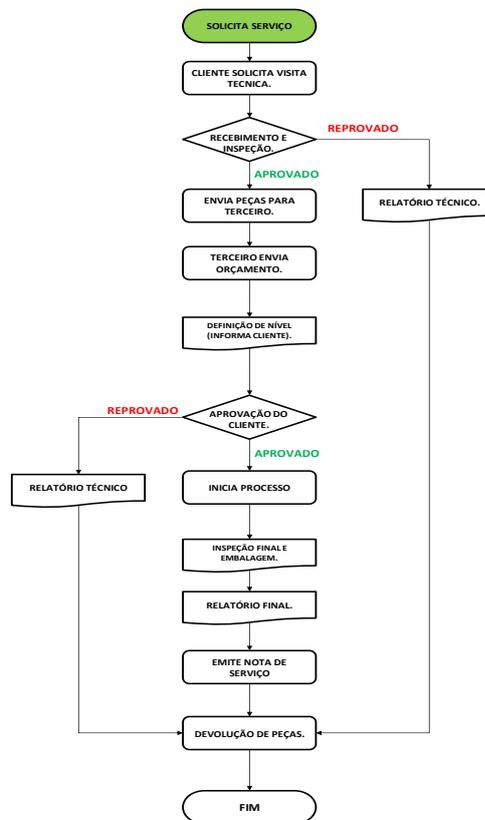


Figura 3: fluxograma do processo de recondicionamento.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

As atividades iniciam-se a partir da solicitação do cliente, onde o responsável pelo departamento solicita uma visita técnica para realizar a inspeção da peça ou é realizado o envio da peça diretamente; dependendo da tratativa acordada entre a empresa e o cliente. Durante a inspeção é verificado se o rolamento apresenta pontos que o inviabilizam para a repotencialização, é destinado ao processo de lavagem e após isto realizado um processo de inspeção mais minucioso para identificação de características que possa reprovar a peça; como início da fadiga do material, medidas fora da tolerância dimensional, fraturas e trincas nos anéis, entre outros.

Este processo se encarrega apenas das inspeções visuais e dimensionais das peças, prestando necessariamente um serviço de controle de qualidade. Caso a peça seja aprovada na primeira inspeção, segue o fluxo da seguinte forma:

- a) A peça é enviada para uma empresa terceirizada que fará uma análise e informará o orçamento do serviço;
- b) Com base no orçamento recebido, é elaborado e enviado um orçamento ao cliente final;
- c) Havendo a aceitação do serviço, o terceiro é comunicado para iniciar o trabalho;
- d) Finalizado o trabalho, a peça é enviada novamente à empresa que será responsável por realizar todas as inspeções necessárias para garantir a qualidade da peça como: Inspeção dimensional (utilizando uma Máquina de Medição por Coordenadas), inspeção visual, inspeção de folga radial do rolamento, rugosidade das pistas e ensaio não destrutivo por partículas magnéticas.
- e) Após finalizada as inspeções e a peça ser aprovada, é gerado um relatório especificando as condições técnicas da peça, e então realizada a embalagem da mesma.
- f) Finalizado a embalagem, prossegue-se com o processo de devolução da peça.

Até este ponto todo este processo é realizado apenas pelo departamento de repotencialização, salvo casos de emissão de notas fiscais.

4.2 SITUAÇÃO ATUAL

Todo este processo é estabelecido de forma empírica, não havendo parâmetros ou tempo de processo. Desta forma, foi necessário analisar o fluxo atual de trabalho para elaborar um estudo de tomada de tempos do processo e assim, entender o que ocorre durante as atividades, a fim de identificar os pontos de melhoria para então estabelecer as diretrizes necessárias que ajudarão na otimização do processo. O estudo de tempos é apresentado na tabela 2.

Tabela 2: Cronoanálise resumida do processo atual

Item	Tempo médio de 30 amostras							Tempo médio de 30 amostras												
	Desembalar	Preparar Material	Inspeção Inicial	Lavagem de Peças	Segunda Inspeção	Embalagem	Identificação													
	1	2	3	4	5	6	7													
	Antes do processo externo							Após retorno das peças (inspeções)												
min							min										2.Tempo Total/Peça		3. Tempo final/Peça	
1	0,31	1,61	0,74	5,50	0,76	0,19	0,66	9,11	2,26	1,82	5,80	0,04	1,71	3,75	0,93	0,66	8,00	0,79	25,76	34,87
2	0,31	1,61	0,74	5,50	0,76	0,19	0,66	9,11	2,26	1,82	3,42	0,04	1,71	2,60	0,93	0,66	8,20	0,79	22,43	31,54
3	0,31	1,61	0,74	3,20	0,76	0,19	0,66	6,81	2,26	1,82	5,80	0,04	1,71	3,70	0,93	0,66	8,10	0,79	25,81	32,62
4	0,31	1,61	0,74	2,50	0,76	0,19	0,66	6,11	2,26	1,82	5,80	0,04	1,71	3,75	0,93	0,66	8,00	0,79	25,76	31,87
5	0,31	1,61	0,74	5,50	0,76	0,19	0,66	9,11	2,26	1,82	5,80	0,04	1,71	3,70	0,93	0,66	8,00	0,79	25,71	34,82
6	0,31	1,61	0,74	7,60	0,76	0,19	0,66	11,21	2,26	1,82	5,80	0,04	1,71	4,50	0,93	0,66	8,00	0,79	26,51	37,72
7	0,31	1,61	0,74	7,60	0,76	0,19	0,66	11,21	2,26	1,82	5,80	0,04	1,71	4,20	0,93	0,66	8,00	0,79	26,21	37,42

De acordo com o processamento dos materiais, foi contabilizado o tempo e os movimentos. Foi considerado o processamento de um lote de 500 peças, com as seguintes condições:

- 30 amostras de cada item;
- 30 amostras em cada etapa;
- Realizado cronoanálise da primeira etapa (lavagem e inspeções);
- Considerado um tempo de processamento de 25 dias em empresa terceirizada;
- Considerado as mesmas quantidades de amostras para cada item nas etapas de inspeções finais e embalagem;
- Acrescentado ao final do estudo 2 dias que refere-se ao tempo gasto solicitando notas fiscais de envio de material;
- Acrescentado ao final do estudo 2 dias que refere-se ao tempo gasto solicitando coleta e entrega de material para terceiros e para cliente.

Diante disto, foi criado a folha de processo (figura 4), onde foi identificado um “lead Time” de 72 dias, considerando um dia de trabalho de 8 horas, incluindo os tempos de transporte do material para o serviço terceiro e para o cliente, mas, não a distância percorrida para estes, que de acordo com o fluxograma apresentado anteriormente na figura 3, é de 700km, referente ao envio e retorno do material que se destina ao serviço terceirizado e 980km referente a distância para envio do material de volta ao cliente.

Folha de Processo																										
<table border="1"> <tr><td>●</td><td>Operação</td></tr> <tr><td>→</td><td>Transporte</td></tr> <tr><td>■</td><td>Inspeção</td></tr> <tr><td>□</td><td>Espera</td></tr> <tr><td>▽</td><td>Estoque</td></tr> </table>		●	Operação	→	Transporte	■	Inspeção	□	Espera	▽	Estoque	<table border="1"> <tr><td>Totais</td><td>8</td></tr> <tr><td></td><td>4</td></tr> <tr><td></td><td>4</td></tr> <tr><td></td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td>0</td></tr> </table>		Totais	8		4		4		5		0	Rotina: Atual <input checked="" type="checkbox"/> Proposta <input type="checkbox"/> Tipo de Rotina _____ Setor: Repotencialização _____ Efetuado por: Alex Ferreira Lins _____ Data: 04/07/2019 _____		
●	Operação																									
→	Transporte																									
■	Inspeção																									
□	Espera																									
▽	Estoque																									
Totais	8																									
	4																									
	4																									
	5																									
	0																									
Ordem	Distância (m)	Tempo (min)	Símbolos			Setor	Descrição dos passos																			
1	15	5	○	→	□	▽	Expedição	Transportar material para o setor de repotencialização																		
2		120	○	→	■	▽	RPT	Conferência do Material																		
3		60	○	→	□	▽	RPT	Desembalar peças																		
4	1	2400	●	→	□	▽	RPT	Lavar peças																		
5	1	120	●	→	□	▽	RPT	Embalar material																		
6	3	960	○	→	■	▽	RPT/Fiscal	Solicitar nota fiscal para transporte																		
7		960	○	→	■	▽	RPT/Serv.	Solicitar coleta de material para entrega em terceiro																		
8	3	15	●	→	□	▽	RPT	Identificar material																		
9	N/A	960	○	→	□	▽	Expedição	Enviar material para terceiro																		
10	N/A	16800	○	→	■	▽	TERCEIRO	Processar peças																		
11	15	5	○	→	□	▽	Expedição	Recebe material e transporta para o setor de repotencialização																		
12		120	○	→	■	▽	RPT	Conferência do Material																		
13		60	●	→	□	▽	RPT	Desembalar peças																		
14		1800	○	→	■	▽	RPT	Inspeção visual 100%																		
15		2400	○	→	■	▽	RPT	Inspeção Dimensional 100%																		
16		180	●	→	□	▽	RPT	Gerar etiquetas de peças aprovadas																		
17		240	●	→	□	▽	RPT	Embalar peças aprovadas																		
18		960	○	→	■	▽	RPT/Fiscal	Solicitar nota fiscal de devolução de material																		
19		960	○	→	■	▽	RPT/Serv.	Solicitar coleta de material para entregar ao cliente																		
20	N/A	1920	○	→	□	▽	Expedição	Saída de material para o cliente																		
21		3360	●	→	□	▽	Transportadora	Entrega de material																		
TOTAL	38	34405					72	Dias de Processo																		

Figura 4: Folha de processo

Fonte: autor (2020)

Com a folha de processo apresentado anteriormente, fica claro quais são as atividades que demandam maior movimentação e mais tempo, e será em cima destes pontos que se deve elaborar ações de melhorias para que seja possível reduzir os tempos das atividades permitindo assim a otimização das atividades.

4.3 SITUAÇÃO PROPOSTA

A proposta consiste em reduzir o “lead time” do processo, para isto será utilizada a metodologia PDCA para toda a gestão deste projeto.

4.3.1 PLANEJAMENTO (PLAN)

Para o início do planejamento necessita-se ter um objetivo definido, entender o ambiente, a necessidade e como deve-se atacar cada ponto a melhorar. Diante disto, realizou-se um “brainstorming” e com as informações analisadas foi criado um diagrama de “Ishikawa”, ilustrado na figura 5, para trabalhar as necessidades do departamento, onde foram identificados os seguintes pontos considerados mais importantes:

- Não há um fluxo de processos bem definido;
- Não há estudo dos tempos do processo;
- Não há um diagrama que exemplifique o processo no “layout”.



Figura 5: Diagrama de Ishikawa

Fonte: Autor (2020)

Esta etapa de planejamento é muito importante para coletar dados que definirão um plano de ação, desta forma a figura 6 apresenta o plano de ação,

ATIVIDADE	DURAÇÃO DO PLANO	REPOSNÁVEL	PORCENTAGEM CONCLUÍDA	PERÍODOS																																	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1. Fazer diagrama espaguete	5	Daniel	0%	[Gráfico de Gantt: Barra de 5 períodos]																																	
2. Cronometrar processo	5	Alex	0%	[Gráfico de Gantt: Barra de 5 períodos]																																	
3. Identificar gargalos	5	Marcos	0%	[Gráfico de Gantt: Barra de 5 períodos]																																	
4. Atacar Gargalos	5	Marcos	0%	[Gráfico de Gantt: Barra de 5 períodos]																																	
5. Cronometrar processo após melhoria	5	Alex	0%	[Gráfico de Gantt: Barra de 5 períodos]																																	
6. Coletar Resultados	5	Daniel	0%	[Gráfico de Gantt: Barra de 5 períodos]																																	

Figura 6: Cronograma do planejamento

Fonte: Autor (2020)

Este planejamento tem uma duração de cinco semanas, Assim, dá-se início em junho 2019 e finaliza em julho de 2019.

4.3.2 FAZER (DO)

Diante desta situação, foi elaborado um “*layout*” adequado ao arranjo do departamento e realizado o mapeamento do processo para ter uma visão geral do mesmo, este arranjo é mostrado na figura 7.

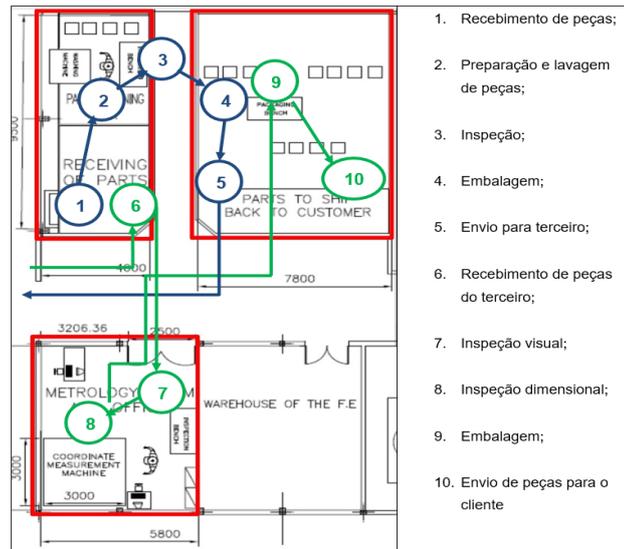


Figura 7: Diagrama espaguete do processo atual

Fonte: Autor (2020)

O arranjo apresentado acima, torna possível ver os movimentos do processo com mais clareza, onde as linhas azuis representam o processo antes do envio das peças para o trabalho terceirizado, e o verde após o retorno das peças. Com os dados dos tempos cronometrados obtidos de acordo com o item 2.6, foi elaborado um histograma (figura 8) para ter uma visão geral do tempo dos processos e identificar os gargalos.

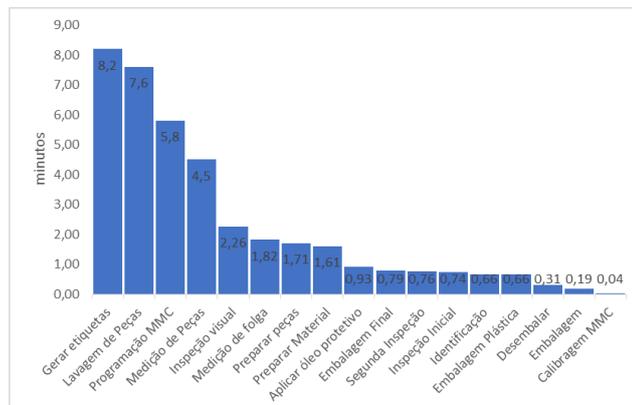


Figura 8: Histograma dos tempos de cada etapa

Fonte: Autor (2020)



A figura acima apresenta os pontos que são os gargalos da operação como, gerar etiquetas, lavagem de peças, programação da máquina de medição por coordenadas e a medição das peças. Todos estes pontos foram listados e identificados como pontos negativos. As ações de melhorias e os resultados podem ser verificados na tabela 3.

Tabela 3: Plano de ação para atacar os gargalos

Plano de Ação 5W2H								RESULTADOS
O quê? What?	Por que? Why?	Quem? Who?	Quando?		Onde? Where?	Como? How?	Quanto Custa? How	
Problema	Motivo.	Quem faz?	Prazo		Onde fazer?	Como fazer?	Custo	
1. Estudo de Tempos	Não há estudo de tempo para entender o tempo atual do processo	Alex / Marcos	03/06/2019	07/06/2019	Processo	Cronometrar 30 amostras em cada etapa para cada item.		Estudo concluído
2. Criar fluxo do processo	Não há fluxo do processo definido ou padronizado	Alex	10/06/2019	11/06/2019	Processo	Estudar o processo após estudo de tempos e criar um fluxograma e folha de processo		fluxo concluído
3. Não tem leiaute definido	Não há leiaute da área para entender o fluxo e realizar o estudo de movimentos	Alex	12/06/2019	14/06/2019	Processo	Criar o leiaute da área no autocad e desenhar as movimentações no processo.	Ações tomadas neste plano	Leiaute criado
4. Demora para gerar etiquetas	Sistema para geração de etiquetas não era desenvolvido para a tarefa.	Alex	17/06/2019	17/06/2019	Sistema de gerar etiquetas	Criar arquivo padrão no word para se comunicar com a planilha de medição e	de ação não geraram custo monetário para a empresa.	praticamente Eliminado tempo de processo
5. Demora na lavagem de peças	Máquina sem plano de manutenção. Sem manutenção há meses.	Marcos	17/06/2019	18/06/2019	Máquina de Lavar Peças	Realizar a manutenção na máquina e gerar um plano de manutenção.		peças lavadas em 1/3 do tempo
6. Demora para programar a máquina de medições por coordenadas	Necessário criar programa de medição toda vez que é necessário iniciar as medições do lote.	Alex/Marcos	19/06/2019	20/06/2019	MMC	Criar setup de medição para cada rolamento de contrato.		etapa eliminada do processo
7. Demora para medir as peças	É realizado a medição de 3 peças por vez	Alex / Marcos	13/06/2019	19/06/2019	MMC	Criado setup com medição de 6 peças por vez.		tempo reduzido em 33%

Fonte: Autor (2020)

Como pode ser observado na tabela acima, as ações realizadas trouxeram significativa melhora para o processo, contribuindo com a eliminação de tempos gastos desnecessariamente, otimizando etapas e trazendo melhores resultados.

A tabela 4, apresenta o resultado resumido de um novo estudo de tempos, após a implantação das ações de melhoria.

Tabela 4: Cronoanálise do processo após melhoria

Item	Tempo médio de 30 amostras							Tempo médio de 30 amostras										2. Tempo Total/Peça	3. Tempo final/Peça	
	Desembalar	Preparar Material	Inspeção Inicial	Lavagem de Peças	Segunda Inspeção	Embalagem	Identificação													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
	Antes do processo externo							Após retorno das peças (inspeções)												
min							min										min	min		
1	0,31	1,61	0,74	1,83	0,76	0,19	0,66	5,44	2,26	1,82	0,00	0,04	1,71	2,51	0,93	0,66	0,04	0,79	10,76	16,21
2	0,31	1,61	0,74	1,83	0,76	0,19	0,66	5,44	2,26	1,82	0,00	0,04	1,71	1,74	0,93	0,66	0,04	0,79	9,99	15,44
3	0,31	1,61	0,74	1,07	0,76	0,19	0,66	4,68	2,26	1,82	0,00	0,04	1,71	1,74	0,93	0,66	0,04	0,79	9,99	14,67
4	0,31	1,61	0,74	0,83	0,76	0,19	0,66	4,44	2,26	1,82	0,00	0,04	1,71	1,74	0,93	0,66	0,04	0,79	9,99	14,44
5	0,31	1,61	0,74	1,83	0,76	0,19	0,66	5,44	2,26	1,82	0,00	0,04	1,71	1,74	0,93	0,66	0,04	0,79	9,99	15,44
6	0,31	1,61	0,74	2,53	0,76	0,19	0,66	6,14	2,26	1,82	0,00	0,04	1,71	1,74	0,93	0,66	0,04	0,79	9,99	16,14
7	0,31	1,61	0,74	2,53	0,76	0,19	0,66	6,14	2,26	1,82	0,00	0,04	1,71	1,74	0,93	0,66	0,04	0,79	9,99	16,14

Fonte: Autor (2020)

Após todas as melhorias apresentadas na tabela 4 serem aplicadas, realiza-se novamente o estudo de tempos de processo, desta vez na etapa que houve a alteração, sendo destacado em amarelo as etapas que sofreram redução de tempo. Após análise deste estudo, foi possível identificar uma redução de 21 dias no processo, obtendo assim um novo *lead time* de 51 dias.

Os cálculos de tomada de tempos foram obtidos da seguinte forma.

- Tempo cronometrado (TC): Tempo cronometrado em cada ciclo.
- Fator ritmo: ritmo de trabalho normal (100%).
- Tempo normal (TN): de acordo com a equação 2.
- Tolerância (Ft): Tabelado (20% para ambientes industriais).
- Tempo padrão 1 (TP): de acordo com a equação 3.
- Tempo de movimento: Tempo gasto na movimentação das peças em cada etapa (cronometrado).
- Tempo Padrão final (TP): tempo padrão considerando a movimentação e o lote mínimo de peças.

Vale salientar que os parâmetros apresentados acima foram os mesmos considerados para o cálculo na primeira cronoanálise do processo. Segue na tabela 5, um exemplo de como foi realizado os cálculos do item 1 na primeira etapa do processo.

Tabela 5: Exemplo de estudo de tempo realizado considerando uma amostragem de 30 peças para este projeto

Analista: Alex Ferreira Lins									
Data: 18/06/19									
Descrição do Produto: Rolamento									
Código: ITEM 1									
Item	Descrição da operação	Tempo Cronom. (TC) min	Fator Ritmo %	Tempo Normal (TN) min	Tolerâncias %	Tempo Padrão 1 min	Tempo de Movim. min	Lote mínimo peças	Tempo Padrão (TP) min
1	Desembalar por Segmento	0,19	100	0,19	20	0,23	0,08	1	0,31
2	Preparação	1,20	100	1,20	20	1,44	0,17	1	1,61
3	Primeira Triagem	0,51	100	0,51	20	0,61	0,13	1	0,75
4	Lavagem de peças	3,82	100	3,82	20	4,58	3,00	12	4,83
5	Segunda Triagem	0,50	100	0,50	20	0,59	0,17	1	0,76
6	Embalar por segmento	0,15	100	0,15	20	0,18	0,17	12	0,19
7	Identificar	0,41	100	0,41	20	0,49	0,17	1	0,66
Total:									9,11

Fonte: Autor (2020)

A tabela acima refere-se ao item 1, conforme mencionado anteriormente, devido o excesso de informações, não estão apresentados cada tempo de cada uma das 30 amostras deste

item em cada operação, no entanto estes resultados foram obtidos através da cronometragem em cada etapa.

4.3.3 VERIFICAÇÃO (CHECK)

Após as melhorias realizadas, deve-se checar o cumprimento do cronograma estabelecido, conforme apresentado na figura 9.

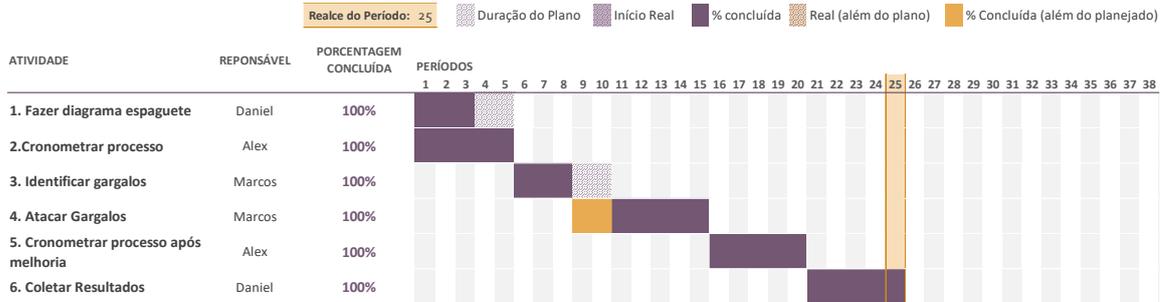


Figura 9: Cronograma após término das atividades

Fonte: Autor (2020)

Pode ser notado que o cronograma foi cumprido dentro do prazo estipulado, no entanto, é evidenciado que a atividade 4 iniciou-se antes do prazo previsto devido a conclusão antecipada da atividade 3, colaborando, assim para o cumprimento em sua data limite, embora ainda alguns problemas burocráticos, onde precisa de aprovações da direção em alguns pontos específicos do processo.

Após o trabalho realizado, nota-se a redução dos tempos nas etapas, com eliminação de gargalos, porém com o surgimento de outros, porém com significativa redução dos tempos, como verifica-se na figura 10.

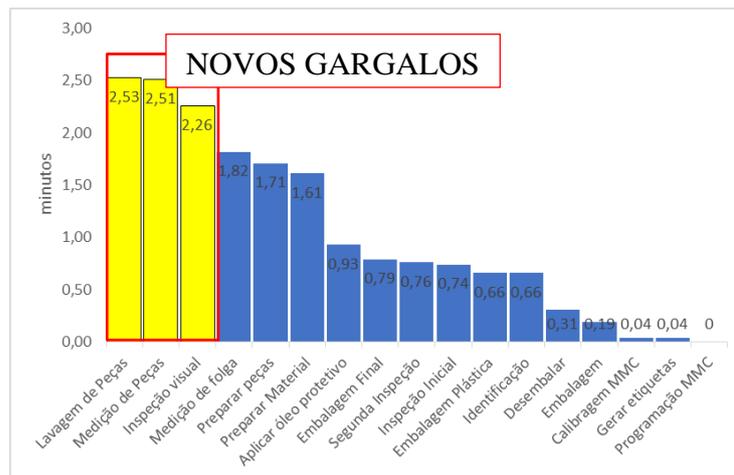


Figura 10: Histograma do processo após melhorias.

Fonte: Autor (2020)

4.3.4 AGIR (ACT)

Como pode ser percebido, houve redução nos tempos, mas sempre haverá gargalos, desta forma o ciclo deve ser realizado novamente, esta é a função da etapa AGIR (*act*) da metodologia PDCA, onde deverão ser estabelecidas diretrizes para a melhoria contínua do processo.

4.4 RESULTADOS OBTIDOS

Após a conclusão das etapas e realizado novamente o estudo dos tempos, pode-se notar na figura 11 uma redução no tempo dos processos que antes eram gargalos resultando em uma mudança no *lead time* de 72 para 51 dias, o que equivale a uma redução de aproximadamente 30% no tempo de entrega para o cliente final.

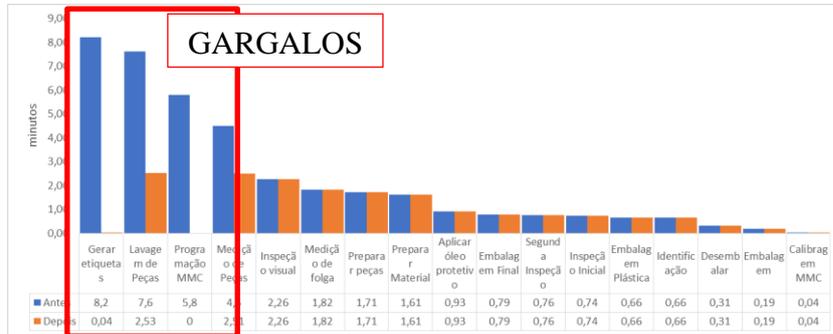


Figura 11: Comparação do tempo do processo antes e depois das melhorias.

Fonte: Autor (2020)

Como pode ser percebido, foram atacados 4 gargalos no processo, onde houve a eliminação da etapa Programação MMC, redução muito expressiva na etapa de Gerar Etiquetas, e uma redução significativa nos processos de lavagem e medição de peças. Estes resultados se devem principalmente da aplicação dos conceitos de engenharia de métodos e processos em conjunto com as ferramentas da qualidade.

5. CONCLUSÃO

Diante do estudo realizado, conclui-se que as ferramentas de métodos e processos apoiadas por ferramentas da qualidade e a metodologia PDCA trazem grandes resultados para a gestão da produção, além da qualidade, trazem resultados significativos para o processo, atingindo o objetivo de redução do tempo de entrega, o que afeta diretamente o ganho de produção, possibilitando a empresa aderir à novos contratos.

Por fim, verifica-se que as boas práticas na produção e na aplicação correta das ferramentas de melhoria no processo é um investimento de tempo indispensável para que uma empresa otimize sua linha de produção caminhando cada vez mais perto de sua excelência operacional, além de ficar claro que melhorias na produção e nas etapas do processo devem ser contínuas, onde ao fim de um ciclo deve-se ser estabelecido novas diretrizes para um novo processo de melhoria.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se realizar um estudo de viabilidade econômica e financeira para implementar 100% do processo de repotencialização de rolamentos na empresa visando assim, o aumento da lucratividade na venda deste tipo de serviço. Ainda, com a expansão dos negócios, criar um fluxograma funcional para a área que inclua atividades para os departamentos financeiro, vendas, compras, fiscal, jurídico, para que os processos que são de competência destas áreas sejam direcionado à elas, criando assim mais agilidade nas etapas burocráticas.



6. REFERÊNCIAS

BARNES, RALPH. Estudo de Movimentos e de Tempos: projeto e medida do trabalho. Rio de Janeiro: BLÜCHER, 1977.

BARROS, ELSIMAR, E FERNANDA BONAFINI. Ferramentas da Qualidade. São Paulo: PEARSON, 2015.

CAMARGO, WELLINGTON. Controle de Qualidade Total. Curitiba: e-TEC/MEC, 2011.

CUSTODIO, MARCOS. Gestão da Qualidade e Produtividade. São Paulo: PEARSON, 2015.

DINO. Repotencialização de Rolamentos: menores custos, mais agilidade e performance garantida. 2 de Abril de 2018. <https://www.terra.com.br/noticias/dino/repotencializacao-de-rolamentos-menores-custos-mais-agilidade-e-performance-garantida,0d7a2f53b646a88b630f1c67769258b5ojeg9wxg.html> (acesso em 09 de setembro de 2019).

DINO. Serviço de repotencialização de rolamentos da NSK gera economia de R\$ 1,2 milhão ao setor de Siderurgia. 7 de 2 de 2019. <https://www.terra.com.br/noticias/dino/servico-de-repotencializacao-de-rolamentos-da-nsk-gera-economia-de-r-12-milhao-ao-setor-de-siderurgia,b53a3966a9964a083ef6bc85ce83026brqceca50.html> (acesso em 09 de setembro de 2019).

FREITAS, KALIANY, PLACIDO QUEIROZ, RAMON MOURA, ANNYELLY BRITO, E VIVIANY MELO. “Aplicação das ferramentas da qualidade em uma panificadora como método de melhoria do processo produtivo: Estudo de caso.” Estudo de caso, 10 de Outubro de 2014: 20.

LECEUX, JEAN, E CLEBER RELI. “Melhorias de Processos: Estudo de tempos e métodos no processo de furação de arruelas na pulsionadeira.” Mundo Contemporâneo, 2016: 130.

NSK BRASIL. NSK bearing doctor: diagnóstico rápido de ocorrências em rolamentos. São Paulo: NSK Brasil Ltda., 2014.

SANTOS, ANA, LAYANNE MENDONÇA, DANIELLE BARROS, JULIANA MANHAES, E MARCUS PEIXOTO. “Estudo de Tempos e Movimentos no Processo de Confeção de Jalecos.” Melhoria, 13 de outubro de 2015: 13.

SILVA, LEANDRO. Gestão e Melhoria de Processos: conceitos, técnicas e ferramentas. Rio de Janeiro: Brasport, 2018.

SKF. Repotencialização de Rolamentos. 2018. <https://www.skf.com/br/services/remanufacturing-services/remanufacturing-bearings/index.html> (acesso em 09 de Setembro de 2019).

TÁLAMO, ROBERTO. Engenharia de Métodos: O estudo de tempos e movimentos. Curitiba: Intersaberes, 2016.

WILDAUER, EGON, E LAILA SELEME. Mapeamento de Processos: Conceitos, técnicas e ferramentas. São Paulo: Intersaberes, 2015.