



# (MODELO ITLS™ PARA AUMENTO DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL: PROPOSTA DE APLICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE SISTEMAS DE ENERGIA E TELECOMUNICAÇÕES)

## Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis

Walison Mathias de Lucia (PUC MINAS)

[walison.lucia@sga.pucminas.br](mailto:walison.lucia@sga.pucminas.br)

Dr. Washington Luis Moreira Braga (PUC MINAS)

[washington@pucpcaldas.br](mailto:washington@pucpcaldas.br)

*Teoria das restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma são metodologias que já trouxeram inúmeros benefícios em relação a eficiência de sistemas. Suas aplicações vão desde gestão de operações a níveis de serviço, revolucionando o mercado e impulsionando a economia. Entretanto, a exigência do mercado é extremamente alta e, visando a melhoria contínua como forma de sempre buscar prosperar, modelos de integração referente a estas metodologias vêm sendo propostos. Como forma de amplificar seus benefícios de utilização, o objetivo deste artigo é propor um roteiro de aplicação lógico através de um modelo que integra as metodologias da Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma, chamado iTLS™, modelo no qual é pouco estudado na literatura. Dessa forma, foi utilizado o método de estudo de caso no qual é realizado uma apresentação do referencial teórico acerca do tema, levantados os dados para definição da metodologia de desenvolvimento do trabalho e apresentação do local de estudo. É sugerido uma sequência lógica de aplicação de ferramentas visando o alcance da melhoria da performance operacional através da proposta de uma metodologia utilizando o modelo iTLS™ e o indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness) como métrica.*

*Palavras-chave: Teoria das Restrições, Lean Manufacturing, Seis Sigma, Modelo iTLS™, Eficiência Operacional.*

## 1. Introdução

No cenário mundial atual, onde o mercado encontra-se extremamente globalizado, a busca por fatores diferenciais que agregam valor ao produto ou serviço prestado são essenciais para que as organizações, do mais baixo ao mais alto escalão, alcancem a vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes. Fatores como performance operacional e custo operacional se tornam elementos extremamente significativos no âmbito industrial gerando, conseqüentemente, grande esforço pela otimização de recursos em busca da alavancagem competitiva. Neste contexto, a criação e utilização de abordagens (usualmente chamados de modelos ou filosofia de produção) se transformam em fatores cruciais de melhoria, não somente nos dias atuais, mas também ao longo da história.

A medida que o uso de abordagens focadas em melhoria contínua vai sendo realizadas pelas organizações, é chegado um ponto onde os modelos atingem o limite máximo de desempenho, exigindo-se, portanto, a criação de novas metodologias ou a adaptação frente a complexidade do cenário (PACHECO, 2014). Após a realização de um estudo da evolução das principais metodologias, Stamm et. al. (2009) conclui que há uma ligação clara dos princípios Tayloristas até os conceitos Fordistas e, posteriormente, um fio evolutivo das interpretações de Deming até o Toyotismo. Isto mostra que o Sistema Toyota de Produção, denominado Lean Manufacturing após o publicado livro *A Máquina que Mudou o Mundo* (WOMACK et. al., 1992), projetou claramente um sistema de manufatura que integra conteúdos de todas as metodologias mencionadas, tornando-se referência mundial em gerenciamento industrial. Nota-se, portanto, a grande importância da busca de novos modelos a partir da integração de conceitos já existentes perante a necessidade e demanda do mercado por sistemas cada vez mais eficientes. Desse modo, emerge nesta conjuntura três metodologias principais, sendo elas a Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma, cujo o objetivo deste trabalho é propor um roteiro de aplicação dos conceitos de forma integrada para aumento de eficiência operacional utilizando o modelo denominado iTLS<sup>TM</sup>, abordagem da integração na qual potencializa os pontos fortes e minimiza suas limitações, proporcionando melhores resultados de performance e benefícios financeiros mais expressivos para a organização (PIRASTEH e FOX, 2010).

Por conseguinte, como forma de conduzir o trabalho, este artigo configura-se da seguinte maneira: O capítulo 2 apresenta o referencial teórico acerca do modelo iTLS<sup>TM</sup> com intuito de explicar sua origem e conceitos. A seguir, no capítulo 3, é apresentada a metodologia utilizada para realização do trabalho, na qual descreve e justifica os procedimentos metodológicos adotados nas etapas de pesquisa e coleta de dados. Posteriormente, no capítulo 4, é revelada a

contextualização da problemática seguida pela criação da proposta de aplicação das ferramentas seguindo o modelo iTLS™. Ao final, no capítulo 5 é descrito as considerações finais, bem como propostas de continuação futura em relação ao tema abordado.

## 2. Referencial teórico

A fundamentação teórica permite a identificação e organização dos conceitos encontrados em trabalhos relevantes e, a partir da revisão de trabalhos antigos (clássicos da literatura) e recentes, torna possível identificar temas que merecem mais atenção ou soluções para aplicação na pesquisa a ser desenvolvida (ROWLEY e SLACK, 2004). Em consideração, é apresentado a seguir a revisão bibliográfica acerca do modelo iTLS™, representada pela integração das metodologias Teoria das Restrições (TOC), Lean Manufacturing (LM) e Seis Sigma (SS).

### 2.1. Modelo iTLS™

A integração TLS, consiste na formação de um conjunto que trabalha como um todo de forma harmoniosa, buscando a combinação dos métodos da TOC, LM e SS, onde as iniciativas de integrar os modelos de mais ênfase global em um modelo único de gestão foram traduzidas em propostas de modelos conhecidas como Modelos de Integração TLS (*Theory Of Constraints, Lean Manufacturing and Six Sigma*), onde é encontrado uma dessas propostas, chamado iTLS™ (OKIMURA, 2013).

O iTLS™ é uma filosofia de gestão que se baseia no entendimento dos problemas de maneira mais profunda e procura resolvê-los com o maior impacto permanente possível, além de reconhecer que todos os produtos e serviços estão relacionados a atividades onde o fluxo de valor é impactado pela identificação das restrições, eliminação dos desperdícios e variabilidade de processos (PIRASTEH e FARAH, 2006). Logo, a abordagem do iTLS™ sincroniza três importantes enfoques (PIRASTEH e FOX, 2010):

- a) Foco na corrente crítica que limita o desempenho global na organização aplicando-se a TOC;
- b) Eliminação dos desperdícios, conforme as ferramentas do LM, aumentando dessa forma, o valor agregado do produto ao cliente e;
- c) Redução da variabilidade e garantia da estabilidade do processo com ferramentas do SS, impedindo não conformidades.

De acordo com os autores, o modelo iTLS™ é uma abordagem global que reconhece o poder do LM, do SS e da TOC e utiliza os pontos fortes de cada um, propondo o seguimento de sete etapas descritas na figura 1.

Figura 1: Etapas do modelo iTLS™.

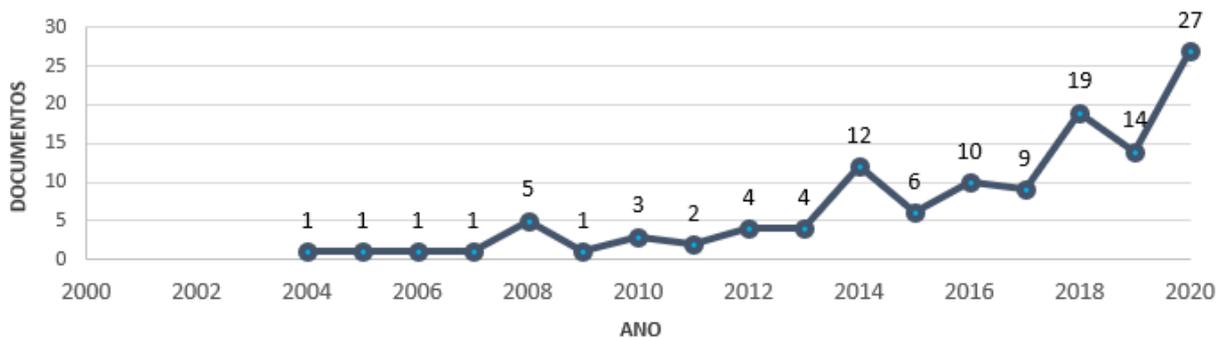


Fonte: Adaptado de Pirasteh e Fox (2010).

No modelo iTLS™, as etapas da TOC são aplicadas primeiramente, com o intuito de identificar e focar os esforços necessários para obter uma otimização global. Em seguida, são aplicadas as técnicas da filosofia LM para identificar os recursos que não agregam valor ao processo, conforme os esforços identificados nas atividades anteriores e, para implementar estratégias enxutas que aumentem o valor, de acordo com as necessidades do cliente. Posteriormente são utilizadas as metodologias estatísticas do SS, dentro dos atributos da ferramenta DMAIC, para aperfeiçoar o processo compreendendo a natureza das fontes de variabilidade e a nova configuração, que deve ser estabelecida para controlar e reduzir a variabilidade a um nível aceitável ao cliente (MERCADO, 2014). O autor enfatiza que, por ser um modelo recém publicado e pouco conhecido no âmbito global, o modelo iTLS™ pode ser atualizado com outras ferramentas como forma de adequá-lo da melhor maneira dado a aplicação exigida, em busca da melhoria contínua.

É importante destacar que, após a revisão da literatura nas bases de dados pesquisadas, evidencia-se poucos estudos de vigor acadêmico e prático sobre a aplicação da integração das metodologias da TOC, LM e SS. Entretanto, há um grande crescimento de publicações a partir do ano de 2014 estendendo-se até os anos atuais. Com o objetivo de demonstrar a incidência de estudos e publicações acerca do tema da integração das metodologias, foi realizado um levantamento na base de dados da *Scopus Elsevier* no período entre 2000 e 2021. No campo de pesquisa, foi utilizado as *strings* com o incremento do operador booleano “AND” da seguinte forma: “*Integration*” AND “*Theory of Constraints*” AND “*Lean Manufacturing*” AND “*Six Sigma*”. Através da figura 2, é apresentado o gráfico do número de publicações ao ano, onde é possível observar o crescimento de estudos acerca do tema.

Figura 2: Gráfico de documentos ao ano.



Fonte: Base de dados Scopus Elsevier.

Em totalidade, foram encontrados 120 resultados de busca. Contudo, após análise e verificação, comprova-se que apenas 10 publicações demonstram o estudo da integração das metodologias através da proposta de um modelo enquanto as demais expressam os limites e possibilidades de integração. Ademais, entre as 10 publicações em análise, somente em um estudo é utilizado o modelo iTLS™.

A lacuna apresentada em relação ao tema justifica a realização do trabalho proposto, uma vez que a importância da conexão sistemática dos conceitos é indiscutivelmente importante. Revela-se, portanto, que integrar as metodologias LM, SS e TOC é uma das mais promissoras combinações de metodologias que oferecem uma oportunidade para melhorias focadas e de longo prazo, tanto nos processos de produção quanto na organização como um todo (DEMCHUK e BAITARS, 2013).

### 3. Procedimentos metodológicos

Neste terceiro capítulo é apresentado a metodologia de pesquisa utilizada para o desenvolvimento do estudo bem como a descrição do local de estudo e suas atribuições. Logo, foi conduzido um estudo de caso de caráter exploratório com propósito de extensão da teoria, através do acompanhamento diário da implantação de novas máquinas em uma fábrica do ramo de sistemas de energia e telecomunicações.

#### 3.1. Método

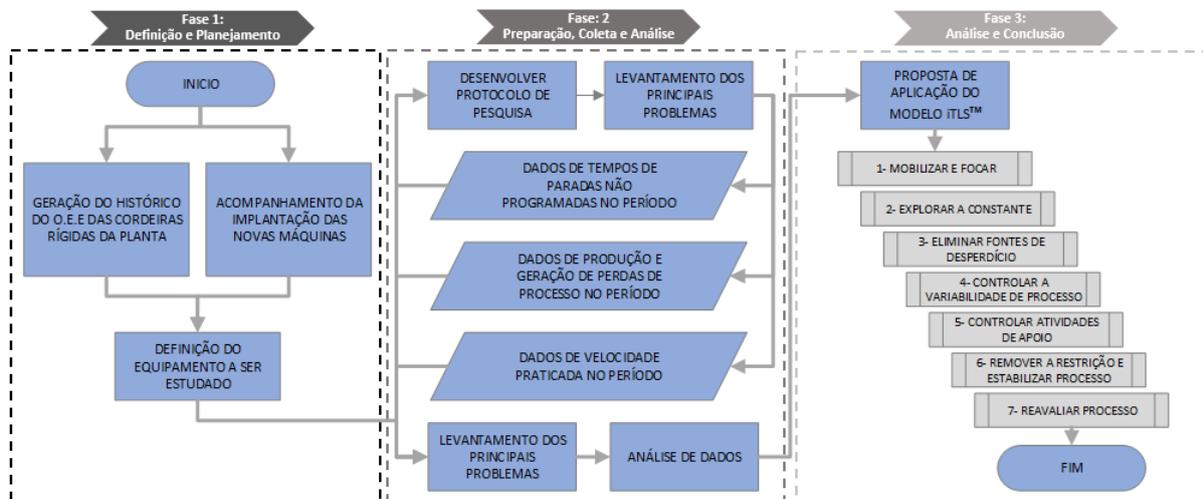
O estudo de caso vem sendo considerado um dos mais importantes métodos de pesquisa na Engenharia de Produção, particularmente no desenvolvimento de novas teorias (MARTINS et al., 2013). Por se tratar de um estudo de uma área piloto, este trabalho se caracteriza como estudo de caso exploratório pois busca apresentar um projeto ou hipótese acerca de um tema pouco estudado. Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002) definem que o estudo de caso pode ser usado para diferentes propósitos de pesquisa, tais como exploração, construção de teoria, teste de teoria e extensão de teoria. Levando em consideração, este estudo tem como propósito a extensão da teoria acerca do modelo iTLS™, como forma de aumentar o campo de pesquisa e a literatura em relação ao modelo de aplicação.

O método do estudo de caso possui três fases de desenvolvimento para utilização, sendo eles (YIN, 2015):

- a) Definição e planejamento;
- b) Preparação, coleta e análise;
- c) Análise e conclusão.

Através desta definição é criado um fluxograma no qual contempla as fases metodológicas para desenvolvimento deste trabalho. Na figura 3 é possível enxergar as fases planejadas para execução deste estudo com objetivo de propor uma metodologia integrada que acelere a eficiência operacional do setor escolhido através do modelo iTLS™.

Figura 3: Fases de desenvolvimento do método de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores

### 3.2. Descrição do local

O presente estudo foi realizado em uma fábrica do ramo de sistemas de energia e telecomunicações no qual foram adquiridas 3 máquinas no início de 2020 para compor um setor de fabricação de cordas compactadas de Média e Alta tensão com intuito de atender a demanda do mercado.

O processo produtivo neste setor é o de encordoamento, na qual fios de alumínio, ou cobre, são encordoados de forma síncrona e projetada, formando um condutor único que será utilizado nas fases seguintes da produção até o produto final. As máquinas responsáveis por realizarem o processo de encordoamento são chamadas de Cordeiras Rígidias.

Após a fase de instalação, foram evidenciados muitos desafios operacionais nos primeiros meses de funcionamento das máquinas Cordeiras Rígidias. Em relação a eficiência, as novas Cordeiras estavam muito abaixo do nível desejado e planejado, ainda mais em comparação com as demais máquinas Cordeiras de outros setores da fábrica, colocando em xeque o investimento aplicado na planta. O indicador OEE é a principal referência indicativa de eficiência praticada na planta, onde é possível enxergar como está sendo utilizada a máquina e sua respectiva performance. Em teoria, este novo setor da fábrica é considerado a fase gargalo no qual adota-se como área piloto para desenvolvimento do estudo com intuito de acelerar o processo de aumento de eficiência operacional dos novos ativos.

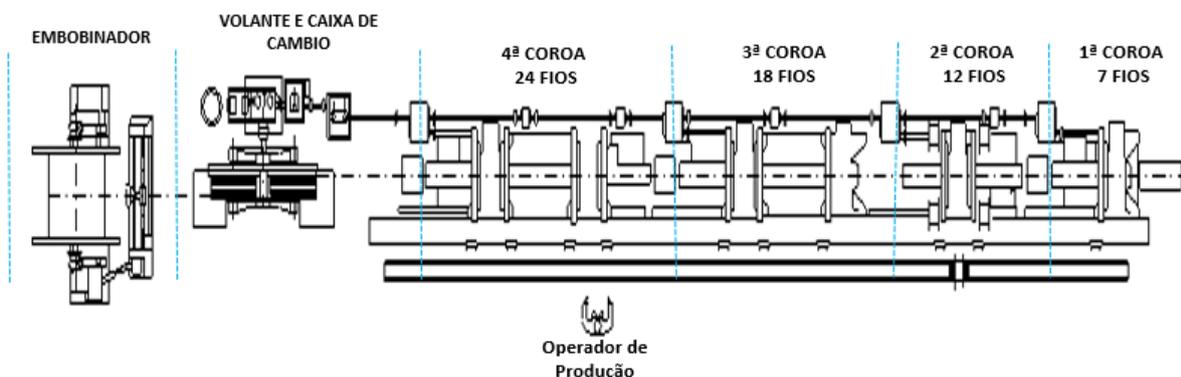
#### 4. Aplicação do método proposto

Neste capítulo é abordado a aplicação do método descrito na seção anterior seguindo sequencialmente as etapas de aplicação para alcance dos objetivos almejados.

##### 4.1. Definição e planejamento

As máquinas compradas são representadas na figura 4 com suas características físicas principais. A máquina é composta por 4 coroas de encordoamento com capacidade de carregamento de 7 fios, 12 fios, 18 fios e 24 fios respectivamente. Logo, a máquina é capaz de fabricar condutores de cobre ou alumínio de até no máximo 61 fios.

Figura 4: Planta baixa da máquina Cordeira Rígida #62.



Fonte: elaborado pelos autores

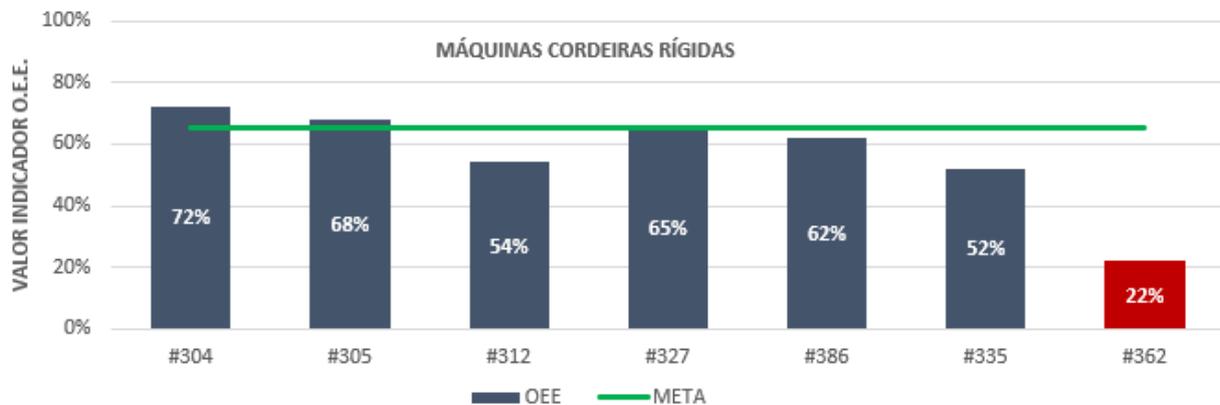
O processo de fabricação dos condutores de média e alta tensão são projetados para serem executados através de apenas uma mão de obra e contempla as seguintes atividades principais:

- a) Preparação do cabo de aço de puxada;
- b) Carregamento das coroas;
- c) Preparação e puxada de fios até a placa de distribuição;
- d) Formação do condutor seguindo especificações de processo (engate dos fios);
- e) Preparação de amostras para testes;
- f) Regulagem do câmbio e ajuste de freios;
- g) Passagem do condutor no volante;
- h) Montagem da bobina de recepção;
- i) Partida da máquina.

As 3 novas máquinas receberam a numeração de #361, #362 e #363 como é de costume praticado na planta para denominação das máquinas. O processo de instalação da máquina foi

finalizado no início de março de 2020, com a partida da máquina #362 inicialmente, no qual ocorreu na segunda quinzena de março daquele mesmo ano. Após dois meses em operação, enfrentou-se diversos problemas referentes a processo, manutenção e mão de obra. Por ser um setor de implantação recente, muitos dos problemas já eram esperados, porém a eficiência dos novos ativos não estava atendendo as metas planejadas. Em comparação com as demais máquinas Cordeiras Rígidas contidas na planta é possível verificar no gráfico da figura 5 o comparativo do indicador OEE no período de maio a junho de 2020, pós partida da Cordeira #362, evidenciando a baixa performance operacional obtida na máquina recém implantada.

Figura 5: Gráfico de Comparação do indicador OEE das máquinas Cordeira Rígida.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A máquina #362 assim como as demais recém implantadas são extremamente importantes para a composição da planta e atendimento dos perdidos em carteira. A baixa performance operacional da máquina representará atrasos nos pedidos e afetará os resultados da planta como um todo, além de ser um alto investimento que se espera retorno em um curto espaço de tempo. Levando estes pontos em consideração é definido a máquina cordeira Rígida #362 para realização do estudo de caso piloto como forma de aumentar sua eficiência operacional utilizando o modelo de integração iTLS™. O principal indicador para acompanhamento dos resultados do estudo será o OEE cujo levantamento de dados e análise serão embasados.

#### 4.2. Preparação, coleta e análise

Após definida a máquina de estudo, foi realizado uma extensa coleta de dados com o propósito de entender minuciosamente quais problemas estavam sendo enfrentados e quais suas causas raízes. Para tal, foi criado um documento chamado *Board* de Produção no qual foi preenchido

pelos supervisores da planta com informações detalhadas sobre o processo de produção e as ocorrências ao longo do período contemplado entre junho de 2020 e dezembro de 2020.

Através da figura 6, é possível observar o alto índice de paradas não programadas da máquina Cordeira #362.

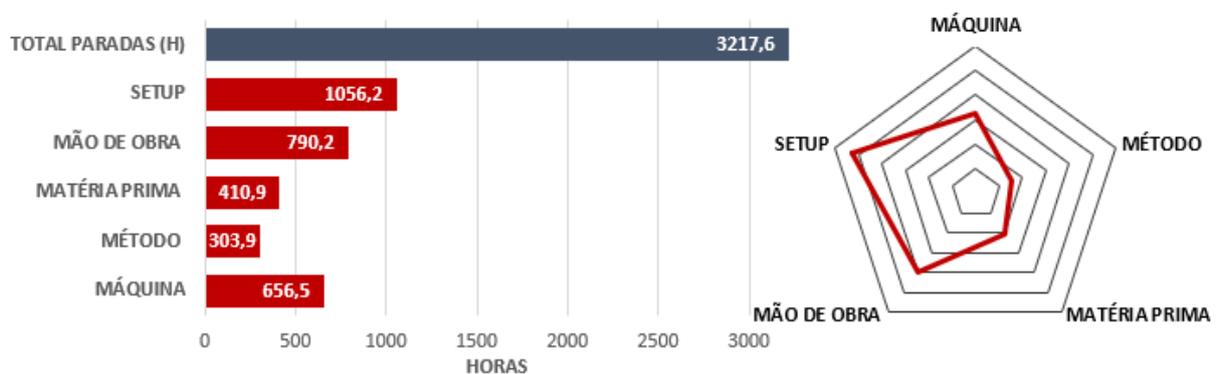
Figura 6: Gráfico do acompanhamento diário das paradas não programadas no período.



Fonte: Extraído pelo documento *Board* de Produção elaborado pelos autores.

Em totalidade, as paradas não programadas representam 3217 horas e são causadas por motivos de Setup (Processo de carregamento dos fios nas coroas da Cordeira #362); Mão de obra (Absentéismo ou intervalo de descanso); Matéria Prima (Quebras de fio); Método (Parâmetros de condutor fora do especificado); e Máquina (Manutenções mecânicas e elétricas não programadas). A estratificação das paradas é observada na figura 7.

Figura 7: Estratificação das causas das paradas não programadas no período.



Fonte: Extraído pelo documento *Board* de Produção elaborado pelos autores.

É importante ressaltar que o alto índice de horas de máquina parada por motivos de “Mão de Obra” é em decorrência do agravamento da pandemia da Covid-19 cujo estopim no Brasil foi em meados de março de 2020. As horas paradas decorridas por motivo de “Máquina” são

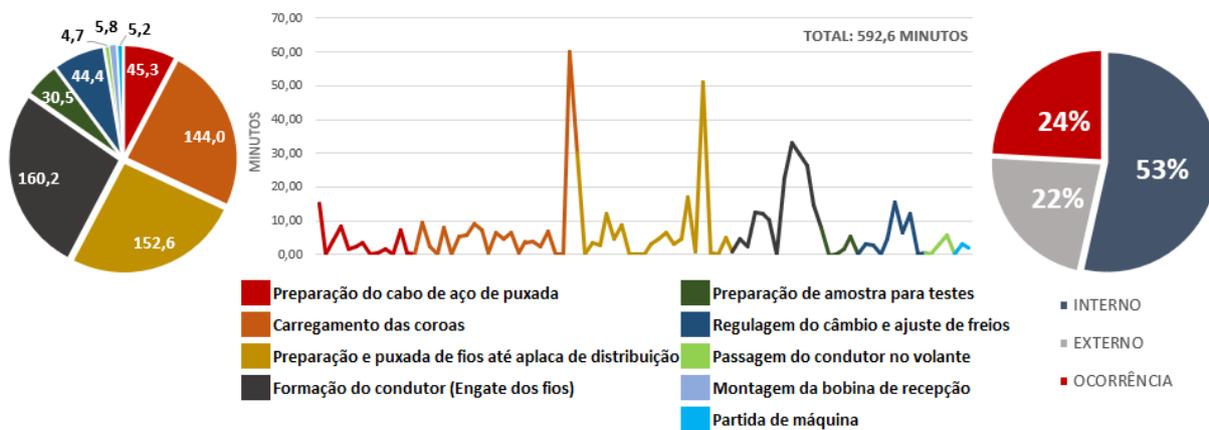
referentes a ajustes nas peças e correção de desvios do projeto de instalação da Cordeira recém implantada. Logo, essas paradas não são caracterizadas como programadas e afetam o indicador OEE. Desconsiderando as horas por motivos de absenteísmo e ajustes de maquinário, duas causas se sobressaem em decorrência principalmente das:

- a) Horas excessivas gastas nos setups e carregamentos dos fios da Cordeira Rígida #362 (Setup) e;
- b) Horas de parada devido a problemas com matéria prima com geração de perdas de processo, seja por refugo ou sucata (Matéria Prima).

#### 4.2.1. Fator disponibilidade

Com intuito de observar como é feito o setup de produto na Cordeira Rígida foi realizado a análise SMED (*Single Minute Exchange of Dies*) onde foram levantados os tempos em minutos da realização de cada etapa da atividade.

Figura 8: Duração das atividades – SMED.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O tempo total obtido no setup de produto foi de 592,6 minutos. Através da figura 8 é possível observar os tempos estratificados em “Interno”, “Externo” e “Ocorrência”. Atividades de cunho interno são realizadas com máquina inoperante enquanto as atividades de cunho externo podem ser realizadas com a máquina em operação. Já as atividades caracterizadas como ocorrências são tarefas que fugiram do planejado para execução do setup (problemas com ferramentas, erros manuais e eventualidades).

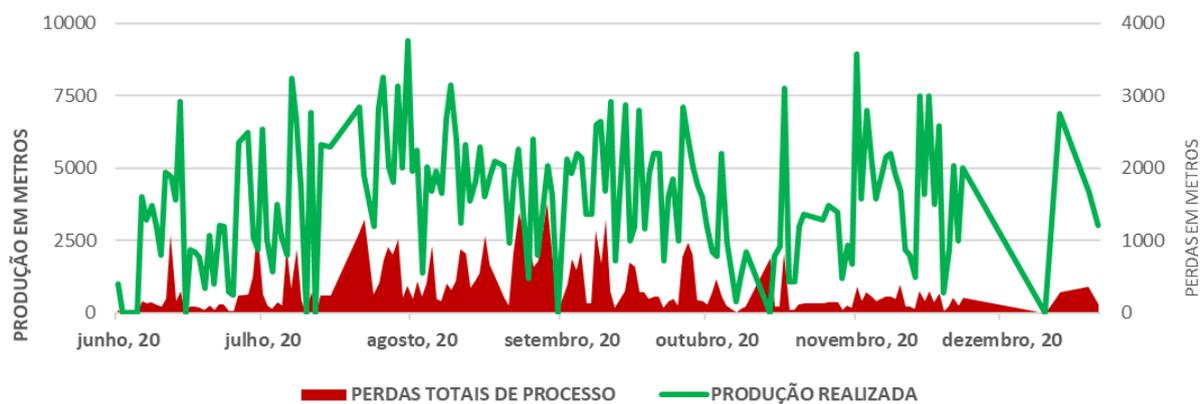
Através da análise identifica-se como oportunidade erradicar o tempo gasto em “Ocorrência”, item no qual representou 24% do tempo (143 minutos), ao mesmo tempo que se busca

transformar 22% do tempo total (132,6 minutos) em atividades realizadas com máquina em produção, denominadas atividades de cunho “Externo”. Em um cenário positivo, o tempo de setup pode ser reduzido em até 46%.

#### 4.2.2. Fator qualidade

Com intuito de verificar o nível da qualidade do processo produtivo e identificar os causadores das paradas de máquina devido a problemas com matéria prima foi realizada uma comparação entre a quantidade de produtos produzidos e perdas de processo. Na figura 9 é possível observar ao longo do período um nível consideravelmente alto de geração de sucata no processo de encordoamento cujo valor é de 38783 metros de sucata gerada em relação a 714816 metros produzidos, ou seja, uma representação de 5,4% de geração de resíduos em relação ao produzido total.

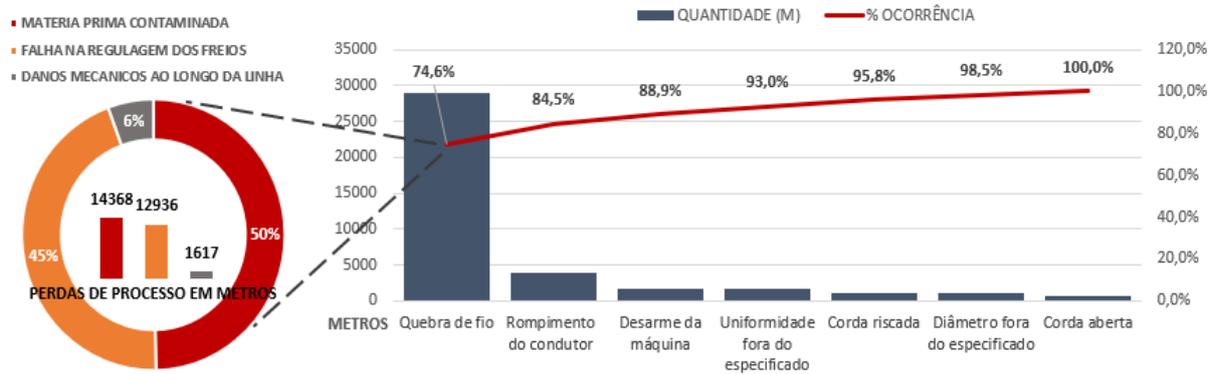
Figura 9: Relatório de Produção x Perdas de Processo no período.



Fonte: Extraído pelo documento *Board* de Produção elaborado pelos autores.

Em síntese, devido ao alto índice de perdas de processo, foi realizado um levantamento em busca dos motivos causadores da geração de sucata do processo de encordoamento na Cordeira #362 cujo pode ser observado na figura 10.

Figura 10: Diagrama de Pareto dos causadores das perdas de processo.



Fonte: Extraído pelo documento *Board* de Produção elaborado pelos autores.

Nota-se, portanto, que 74,6% das ocorrências causadoras de perdas de processo são decorrentes das quebras de fio ocorridas no processo de encordoamento onde as causas raízes das quebras de fio estão estratificadas na figura 10 como:

- Matéria prima contaminada;
- Falha na regulagem dos freios da cordeira e;
- Danos mecânicos ao longo da linha.

As ocorrências de quebra de fio e perdas de processo desencadeiam a outros fatores causadores de deficiência de performance produtiva da máquina, como por exemplo a velocidade de atuação da máquina.

#### 4.2.3 Fator performance

Constata-se que quando há uma quebra de fio ao longo do processo de forma constante, a velocidade de produção da máquina é reduzida como forma de restringir o índice de quebra até o processo se estabilizar. Isso faz com que o processo se apresente abaixo da performance desejada. Esta observação é evidenciada na figura 11, na qual descreve a relação entre a velocidade praticada ao longo do período em relação a velocidade de processo estabelecida como meta para produção do condutor.

Figura 11: Comparativo do fator velocidade ao longo do período.



Fonte: Extraído pelo documento *Board* de Produção elaborado pelos autores.

Vale destacar que para cada seção de bitola do cabo a ser produzido é exigido um nível de velocidade a ser praticado para o processo se manter eficiente em relação ao fator velocidade.

#### 4.3. Análise e proposta de conclusão

Com a coleta de dados em mãos, onde o levantamento das ocorrências segregadas em fatores (Disponibilidade, qualidade e performance) foi realizado, é possível partir para a definição da proposta das atividades a serem realizadas utilizando o modelo iTLS™ como forma de obter a melhoria da performance operacional no setor.

Levando em consideração os dados obtidos, realiza-se a análise e definem-se as ferramentas consideradas ideias e de maior eficácia para o alcance do objetivo. Como métricas, são exigidas entradas para a utilização de cada ferramenta em suas respectivas fases e, posteriormente, são esperadas as saídas, caracterizados como resultados esperados após aplicação.

Diante do exposto, o quadro 1 apresenta a proposta de aplicação do modelo seguindo as 7 etapas de desenvolvimento e aplicação do método. Na primeira coluna são apresentadas as fases de desenvolvimento e na coluna seguinte as entradas exigidas para aplicação e uso da ferramenta proposta. Logo, na terceira coluna, são apresentadas as ferramentas propostas para utilização no qual foram escolhidas a partir da análise da coleta de dados. São ferramentas cujo a característica é relacionada para a obtenção do sucesso almejado, fazendo com que sua aplicação seja eficaz e prática. Por fim, na quarta coluna são definidas as saídas, ou resultados esperados após a utilização das ferramentas.

É importante enfatizar que esta proposta de aplicação seguindo as ferramentas apresentadas no quadro 1 não segue fielmente as ferramentas definidas no modelo iTLS™ pois, como os autores Pirasteh e Fox relatam no livro *Profitability with no boundaries* (2010), cada etapa de processo fornece diretrizes gerais para os requisitos, ferramentas e técnicas típicas de entrada que são passíveis de utilização e, por conseguinte, as saídas necessárias em cada etapa da

implementação do iTLS™, mas que de toda forma, deve-se considerar a natureza e o ambiente do negócio e as necessidades essenciais do projeto na hora de escolher as ferramentas e técnicas, relatando que, em alguns casos dependendo do escopo do projeto, não é possível utilizar todas as ferramentas.

Quadro 1: Proposta de aplicação do modelo iTLS™

ETAPA	ENTRADA	FERRAMENTAS TÉCNICAS	SAÍDA
1	<b>MOBILIZAR E FOCAR</b>	ARA - Árvore de Realidade Atual Diagrama do Fluxo de Processo SIPOC A3	(i) Identificação das restrições; (ii) Definição das causas-raízes; (iii) Definição dos desperdícios (W), Valor Não Agregado (NAV) e Valor Agregado (AV); (iv) Takt Time, Lead Time e Tempo de ciclo; (v) Cronograma de atuação;
2	<b>EXPLORAR A RESTRIÇÃO</b>	5 Porquês DDN - Diagrama de Dispersão de Nuvem 5S	(i) Definição das métricas; (ii) Desenvolvimento do 5S; (iii) Plano de eliminação dos Desperdícios (W) e Redução de atividade necessária sem geração de valor agregado (NAV).
3	<b>ELIMINAR FONTES DE DESPERDÍCIO</b>	Diagrama Causa e Efeito FMEA	(i) Eliminação dos desperdícios (W); (ii) Redução das atividades de valor não agregado NAV.
4	<b>CONTROLAR A VARIABILIDADE DE PROCESSO</b>	MTBF MTRR MTTF OEE	(i) Cartas de controle; (ii) Desenvolvimento dos KPI's; (iii) Estabilidade do processo.
5	<b>CONTROLAR ATIVIDADES DE APOIO</b>	DMAIC Diário de Bordo 5W2H	(i) Plano de ações futuras; (ii) Plano preventivo;
6	<b>REMOVER A RESTRIÇÃO E ESTABILIZAR PROCESSO</b>	Sistema Preventivo Monitoramento dos KPI's POP Padronização	(i) Finalização da metodologia DMAIC.
7	<b>REAVALIAR SISTEMA E IR À PRÓXIMA RESTRIÇÃO</b>	Melhores práticas ARF - Árvore de Realidade Futura KAIZEN	(i) Análise do resultados da resolução de problema; (ii) Relatório geral de trabalho; (iii) Proposta de realização de novo ciclo.

Fonte: Elaborado pelos autores

O capítulo a seguir discorre sobre as considerações finais e projeções futuras acerca da continuação deste trabalho, seguindo o modelo proposto.

## **5. Considerações finais**

Este trabalho objetivou demonstrar a aplicabilidade de uma metodologia integrada que, apesar de ser consideravelmente recém-criada, apresenta-se em um cenário futuro muito promissor. Considerando o referencial teórico apresentado, verifica-se a baixa incidência de estudos acerca do tema, mas, ao mesmo tempo, um crescimento exponencial significativo nos últimos anos, trazendo à tona a grande importância que a integração de metodologias detém para evolução das aplicações no cenário atual e futuro.

Sendo assim, foi realizada uma extensa coleta de dados com acompanhamento contínuo de processo a fim de levantar as causas e ocorrências do setor em análise. O objetivo da metodologia sugerida no capítulo 3 foi atendido uma vez que os dados foram coletados de maneira planejada, ordenada e eficiência trazendo informações extremamente relevantes para seguimento do trabalho proposto.

Na literatura, encontra-se a aplicação do modelo iTLS™ em sistemas macro, composto por diversas fases e setores de uma companhia. Entretanto, este trabalho procurou-se apresentar uma proposta de aplicação referente a uma área específica de uma indústria, sendo considerado apenas um ativo (máquina) para otimização operacional. Considera-se, portanto, uma abordagem com maior enfoque que pode trazer oportunidades de adaptações do modelo e sugestões de melhorias de aplicação.

Por fim, quanto á sugestão de trabalhos futuros, recomenda-se a continuação deste trabalho seguindo na prática a proposta de aplicação exposta neste artigo considerando como base as informações extraídas e apresentadas ao longo do período.

## REFERÊNCIAS

DEMCHUK, Lesya; BAIT SAR, Roman. **Integrated use of TOC, lean and SIX SIGMA in quality assurance of manufacturing processes.** In: Abstracts 11th Intern. Symposium on Measurement and Quality Control (ISMQC 2013), Cracow-Kielce, Poland. p. 11-13.09, 2013.

MARTINS, Roberto Antonio; MELLO, João Batista Pereira; TURRIONI, Carlos Henrique. **Guia para elaboração de monografia e TCC em engenharia de produção.** Editora Atlas SA, 2013.

MERCADO, Carlos Ignácio Navarro. **O modelo iTLS™ - integração da teoria das restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: análise da aplicação do iTLS™ na redução do Lead Time em uma cadeia de valor em multinacional no Brasil.** 2014.

OKIMURA, Luciano Itio. **Uma exploração dos modelos de uso integrado da teoria das restrições, produção enxuta e seis sigma.** 2013.

PACHECO, Diego Augusto de Jesus. **Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração.** Production, v. 24, n. 4, p. 940-956, 2014.

PIRASTEH, R. **Effects of Combined Approach of Theory Of Constraints, Lean and Six Sigma on Process Improvement.** Tese de Doutorado. Ph. D. dissertation Kennedy Western University. California, 2006.

PIRASTEH, R.; FOX, R. E. **Profitability With no Boundaries: Focus, reduce waste, contain variability, optimize TOC, Lean, Six Sigma Results.** Wisconsin: ASQ Quality Press, 2010.

ROWLEY, Jennifer; SLACK, Frances. **Conducting a literature review.** Management research news, 2004.

STAMM, M. L.; NEITZERT, T.; SINGH, D. P. K. **TQM, TPM, TOC, Lean and Six Sigma-Evolution of manufacturing methodologies under the paradigm shift from Taylorism/Fordism to Toyotism,** 2009.

VOSS, Chris; TSIKRIKTSIS, Nikos; FROHLICH, Mark. **Case research in operations management.** International journal of operations & production management, 2002.

WOMACK, J. P., JONES, D. T., & ROSS, D.. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos.** Bookman editora, 2015.