

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**EDUARDO ANTONIO POTRICH OLSEN**

**APLICAÇÃO DE UMA ABORDAGEM HEURÍSTICA PARA O SEQUENCIAMENTO  
DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA**

**CURITIBA**

**2019**

**EDUARDO ANTONIO POTRICH OLSEN**

**APLICAÇÃO DE UMA ABORDAGEM HEURÍSTICA PARA O SEQUENCIAMENTO  
DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA**

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do Curso de Especialização em Engenharia da Produção, do Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador:

CURITIBA

2019

## APLICAÇÃO DE UMA ABORDAGEM HEURÍSTICA PARA O SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA

Eduardo Antonio Potrich Olsen

### RESUMO

Em razão do crescimento do poder de compra da população e o aumento da demanda por produtos industrializados, Frederick Taylor propôs o primeiro método produtivo que enfatizava a eficiência da produção: a racionalização do trabalho por meio do estudo dos processos, tempos e movimentos. Nele o trabalho seria decomposto, analisado e testado cientificamente, sendo definida uma metodologia a ser seguida por todos os operários com a padronização das tarefas e das ferramentas. A partir deste momento, com a consolidação do método, as empresas não buscariam somente a realização do processo produtivo, mas também o seu aperfeiçoamento. Ferramentas de planejamento, controle, execução e aperfeiçoamento de mão de obra foram criadas a partir dos primeiros estudos de Taylor e hoje, mais de um século após sua publicação, continuam atuais e servindo de base para novos estudos na área. Utilizando a experiência e conhecimentos adquiridos ao longo dos anos dentro de uma linha de produção de uma empresa metalúrgica, esse trabalho visa, através de uma abordagem heurística baseada em conceitos de Taylor, da Teoria das Restrições de Goldratt e da Produção Enxuta definir quais os melhores caminhos e decisões a serem seguidos para a otimização de um determinado produto.

**Palavras-chave:** Administração da Produção. Gestão Baseada em Processos. Sequenciamento da Produção. Abordagem Heurística. Teoria das Restrições. Produção Enxuta

### ABSTRACT

Due to the growth of population purchasing power and the increasing demand for industrialized products, Frederick Taylor proposed the first productive method that emphasized production efficiency: the rationalization of labor through the study of processes, times, and movements. In it the work would be decomposed, analyzed and tested scientifically, defining a methodology to be followed by all workers with the standardization of tasks and tools. From this moment, with the consolidation of the method, the companies would not only seek the realization of the productive process, but also its improvement. Tools for planning, controlling, executing, and improving manpower were created from Taylor's earliest studies and today, more than a century after their publication, they remain current and serve as the basis for further studies in the area. Using the experience and knowledge acquired over the years within a production line of a metallurgical company, this work aims, through a heuristic approach based on Taylor concepts, of the Theory of Constraints of Goldratt and Lean

Production to define which are the best paths and decisions to be followed for the optimization of a particular product.

Keywords: Production management. Process-Based Management. Production Sequencing. Heuristic approach. Theory of Restrictions. Lean production

## 1 INTRODUÇÃO

O ramo industrial brasileiro é vasto e abrangente em várias áreas de atuação, como indústrias de bens de produção de base, produção de bens de consumo duráveis, intermediários entre outros. O setor industrial nacional é, ainda hoje, um dos responsáveis por boa parte do PIB brasileiro, gerando empregos, renda e incrementando a gama de produtos consumidos pela população (GREMAUD, 2017). Essa indústria pulsante e ativa faz com que a roda da economia continue girando, com geração de riquezas por meio da força de trabalho sobre a matéria prima bruta assim estimulando os mais variados setores industriais e de serviços pelo país. Apesar da primordial importância dentro da economia, o setor industrial tem apresentado sistematicamente uma queda na produção decorrente da alta taxa de desemprego e da precarização do trabalho.

Quase três séculos após o invento das primeiras máquinas e da expansão mundial de parques industriais, para se sobreviver em um ambiente industrial moderno, competitivo e extremamente dinâmico faz-se necessária uma busca incessante por melhores processos produtivos do que apenas investimento em maquinário. Isso é reflexo da acirrada competição existente entre as empresas, em uma atividade onde apenas possuir máquinas não é garantia de produtividade.

Planejar detalhadamente os processos da manufatura faz parte do cotidiano dos gestores da produção industrial que visam melhores indicadores de produtividade e qualidade no chão de fábrica. Conceitos difundidos por Frederick Taylor no começo do século XX, como análise do trabalho e estudo dos tempos e movimentos mantiveram-se presentes dentro dos planejamentos de produção das empresas desde então (LACERDA, 2002).

No âmbito deste trabalho focado na área de Engenharia de Produção, visa-se desenvolver, organizar e implementar uma abordagem heurística que promova a otimização do sequenciamento e planejamento de produção, conseguindo abranger a

variedade de processos de fabricação existentes, de forma a promover o melhor fluxo produtivo da produção, obtendo resultados satisfatórios.

Conhece-se por heurística um procedimento realizado através de um modelo cognitivo, utilizado regras baseadas na experiência e conhecimento sobre o problema. Ao contrário dos métodos exatos, que buscam encontrar a solução ótima, as heurísticas apresentam um certo grau de conhecimento do problema, gerando um número muito menor de possíveis soluções. Métodos heurísticos são utilizados com o objetivo de encontrar uma boa solução, ou solução factível, mesmo que não seja a ótima (FERNANDES, 2010).

## **1.1 Caracterização do Problema de Pesquisa**

Por compreender processos completamente distintos, com espaço e número de funcionários restritos, a fabricação de equipamentos de bens de capital necessita de um planejamento específico que leve em consideração a alocação de mão de obra, a aquisição dos insumos necessários e os critérios de prioridade para a fabricação de peças e de montagens.

A empresa estudada não dispunha desse planejamento, não tinha um controle do sequenciamento e tempos de produção, o que fazia que o seu *lead time* total de fabricação fosse extremamente longo e com interrupções constantes nos processos por falta de peças devido à ausência de um adequado roteiro da produção dos seus respectivos componentes.

Uma vez definido este roteiro, a empresa pôde estabelecer metas de produção para satisfazer o seu planejamento, controlar os custos de fabricação e buscar a melhoria da produtividade dentro de cada etapa dos processos.

## **1.2 Objetivos da Pesquisa**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Esta pesquisa teve como objetivo geral propor e desenvolver melhorias na malha produtiva de uma linha de forma a otimizar a sequência de realização dos processos, um roteiro de fabricação que auxiliasse a empresa na fabricação da Auto Carregável Florestal ACK1870.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar etapas e processos de fabricação e montagem envolvidos;
- Utilizando conceitos de Administração da Produção, Just in Time e Teoria das Restrições planejar e adotar um sequenciamento dos processos de fabricação, de forma a aumentar a produtividade geral;
- Mapear restrições e definir estratégias para melhor aproveitá-las;
- Criar o roteiro de fabricação a partir dos dados obtidos.

### **1.3 Justificativa**

Utilizando a restrição do sistema e necessidades de intervalos para deslocamento ou terceirização da fabricação como cadência do sistema produtivo, o roteiro, utilizado de forma correta, visa garantir que todos os componentes da Auto Carregável ACK1870 estejam prontos no momento estimado para a montagem final, estabelecendo padrões e parâmetros para o controle da produtividade e custos de produção.

No âmbito da Engenharia de Produção, desenvolver e organizar um roteiro que consiga promover o melhor fluxo produtivo e obter os resultados esperados com a liberdade para realizar mudanças e melhorias no procedimento fabril autorizada pela empresa, justificou a escolha do tema abordado e o local estudado, pois foi de extremo valor didático e profissional a todos os participantes envolvidos.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 – Princípios da Administração da Produção**

Baseados nos conceitos de Taylor, é essencial que seja feita a análise completa do trabalho, tempos e movimentos dos processos, que sejam estabelecidos padrões de execução, treinamento de colaboradores e a criação e instalação um setor de planejamento que assuma uma atitude metódica ao analisar e organizar a unidade fundamental de qualquer estrutura. (CHIAVENATO, 2001). Para (COELHO, 2007), “taylorismo” da Administração da Produção se fez pela introdução dos quatro princípios fundamentais da administração científica:

- **Princípio de planejamento** – O trabalho deverá ser planejado, testado e seus movimentos decompostos no intuito de reduzir e racionalizar sua execução;
- **Princípio de preparo dos trabalhadores** – seleção de colaboradores baseado em suas aptidões, preparando-os e treinando-os.
- **Princípio de controle** – controle do trabalho para que seja realizado de acordo com a metodologia estabelecida e dentro da meta.
- **Princípio da execução** – distribuição das atribuições e responsabilidades para que o trabalho seja o mais disciplinado possível.

## 2.2 – Gestão Baseada em Processos

Têm-se por processos o conjunto definido de passos para a realização de uma tarefa, descritos detalhadamente, que auxiliam no planejamento e na execução de um serviço. Entende-se que a Gestão de Processos é o enfoque administrativo aplicado por uma organização, no intuito de obter melhorias na produtiva, assegurando o melhor desempenho possível do sistema integrado a partir da mínima utilização de recursos e do máximo índice de acerto (BARBARÁ, 2012).

A organização lógica e física dos processos estruturados (hierarquia) é fundamental na melhoria da compreensão e gestão organizacional com foco nos processos. O conceito de hierarquia de processos aborda a totalidade da produção fabril, incluído processos logísticos e administrativos, não abordando o roteiro de fabricação em si. A ordem dos processos contida no roteiro será definida pelas regras de sequenciamento de produção (BARBARÁ 2012).

## 2.3 Planejamento e Controle da Produção

De acordo com Slack (2009, p. 345) “prover a capacitação de satisfazer a demanda atual e futura é uma responsabilidade fundamental da administração de produção”. Portanto, desta definição conclui-se que o bom funcionamento da produção decorre da realização de um planejamento que consiga realizar previsões realistas e confiáveis e possibilite a administração de todos os elementos necessários

para que a produção seja eficaz, considerando a capacidade produtiva e provisão de insumos e matérias-primas.

Por Corrêa (2007), considera-se o planejamento e controle da produção como um processo que garante que o planejamento estratégico da empresa seja atendido em acordo com as decisões adequadas. Corrêa (2007) esclarece que a realização do planejamento não é feita de forma isolada, sendo que os planejamentos setoriais são interligados e conversam entre si para que, decisões de um setor não inviabilizem o cumprimento de compromissos firmados por decisões de outro setor direta ou indiretamente.

## **2.4 - Teoria das Restrições – TOC**

Surgida como alternativa aos conceitos orientais de melhoria contínua, a Teoria das Restrições (*Theory of the Constraints – TOC*) é uma nova filosofia de gerenciamento global que parte da premissa que todo sistema de produção apresentará uma restrição, ou seja, um processo que limite a produtividade do sistema.

Segundo (GOLDRATT, 1994), todo sistema produtivo deverá apresentar ao menos uma restrição e esta determinará a saída (ganho) do sistema, cabendo ao gestor o seu controle e otimização. Ainda de acordo com o autor, para se otimizar um sistema com restrição é necessário seguir quatro etapas propostas:

- Identificação da restrição do Sistema: Deve-se identificar os recursos que limitam o desempenho global do sistema, as causas que o impedem de atingir sua meta;
- Explorar a restrição: extrair o máximo do recurso que falta, procurando atingir o maior desempenho possível dentro da restrição;
- Subordinar decisões: Todos os recursos não-restritivos devem ser programados a fim de que seja feito exatamente o que a restrição precisa, atingindo o desempenho máximo;
- Elevar a restrição do Sistema: Abrir a restrição, acrescentar o recurso que falta de forma a melhorar o desempenho de um modo geral. Porém, não se deve fazer isso indefinidamente sob risco de que a restrição passe a ser algum outro recurso.

## 2.5 - Metodologia Tambor-Pulmão-Corda (TPC)

Ainda de acordo com (GOLDRATT, 1994) para a programação e controle da produção, foi desenvolvida dentro da filosofia da Teoria das Restrições a metodologia Tambor-Pulmão-Corda. Sempre buscando a otimização contínua, a TPC se baseia no controle do sistema através do gerenciamento dos pulmões, ou Recursos com Restrição de Capacidade (RCC). Tal recurso estabelece o máximo fluxo possível da malha produtiva.

Uma vez identificado o RCC, seguem-se as quatro etapas propostas pela TOC. Dentro da etapa em que se extrai ao máximo os recursos da restrição, afina-se a sequência de programação do RCC, minimizando os tempos de preparação de máquinas e fazendo com que todas as peças produzidas pelo RCC agreguem, de fato, valor ao produto final. À essa sequência detalhada de fabricação de peça, lote, horário de início e fim da produção do RCC é dado o nome de Tambor. Como uma fila de soldados marchando, o Tambor é que vai ditar o ritmo de produtividade de toda a malha.

A continuidade de trabalho do RCC não deverá ser afetada por eventuais problemas que aconteçam em outros processos não restritivos anteriores, ou seja, o RCC deve ser protegido contra problemas de outros recursos. Para isso, é instalado um estoque de peças antes do RCC que, ao final do processo produtivo, irá proteger e estabilizar o lucro financeiro da empresa. Portanto, o estoque protetivo só deverá existir concentrado no RCC e não em outros processos não restritivos e assim evitar aumento de investimento sem ganhos. Esse estoque é definido por um uma chegada antecipada de peças (pulmão de tempo) em relação à necessidade de utilização do RCC.

Dando continuidade ao processo de gestão, todas as decisões de liberação de material para a primeira operação da malha produtiva são feitas obedecendo a sequência estabelecida pelo Tambor tal que as operações ao RCC sejam executadas de forma que as peças estejam disponíveis com antecedência. À essa liberação regida pelo Tambor é dado o nome de Corda. Dentro da analogia da marcha de soldados, o tambor seria dado ao soldado mais lento a corda o amarraria ao primeiro da fila, evitando dispersão e protegendo o ritmo total da marcha.

Por fim, como a liberação dos materiais é guiada pela capacidade de produção do RCC, o processo com menor capacidade produtiva da malha, todos os

demais recursos estarão trabalhando abaixo de sua eficiência máxima (somente o RCC apresentará eficiência de 100%). Essa constatação faz com que exista resistência à implementação do TOC, porém, sabe-se que aumentar a eficiência dos demais recursos apenas irá aumentar o estoque parado dentro da linha, sem aumentar a percepção de lucro pela empresa.

## **2.6 – Produção Enxuta e *Just in Time***

De acordo com (WOMACK, 2003) a Produção Enxuta pode ser definida como a uma filosofia produtiva utilizada com o objetivo de minimizar as atividades que não agregam de valor ao produto final. Encontra-se difundida por todas áreas industriais e está se transformando em um elemento essencial na manutenção da competitividade das empresas busca da maior qualidade e menor custo. A Produção Enxuta também é conhecida como TPS (*Toyota Production System* – Sistema Toyota de Produção), *Lean Manufacturing*, *Lean Thinking*.

*Just in Time* define-se como um sistema no qual a produção e movimentação de materiais ocorrem à medida que estes são necessários - produto certo, no momento certo, nas quantidades certas [PINTO, 1998].

## **3 METODOLOGIA**

Combinar a eficiência da produção em massa com a customização da produção artesanal pré-industrial é um dos grandes desafios encontrados pelos gestores da produção, especialmente os que atuam nas Indústrias de Bens de Capital ou Indústrias de Base. Empresas deste setor estão expostas a condições de mercado mais desfavoráveis do ponto de vista de estabilidade de demanda e tendo suas vendas atreladas principalmente às customizações e prazos apertados exigidos pelo cliente. O foco da metodologia apresentada a seguir, é unir dentro de um sistema de produção princípios da Administração da Produção, Produção Enxuta e da Teoria das Restrições, fazendo com que o resultado apresentado proporcione melhorias no *lead time* de produção, redução nos custos e ociosidade bem como otimizar a pontualidade de entrega.

No estudo de caso deste trabalho, o sistema de produção de uma empresa metalúrgica de maquinário de movimentação florestal é discreto, ou seja, há a

produção de elementos que poderão ser isolados, em lotes ou unidades, com cada lote ou produto podendo ser fabricado individualmente em relação aos demais. Em oposição à produção de fluxo contínua, que se dá, por exemplo, em refinarias, siderúrgicas etc.

O equipamento utilizado como modelo para esse estudo é a Auto Carregável Florestal ACK 1870, que consiste em um conjunto composto por uma grua florestal acoplada sobre uma carreta instalados em um trator agrícola fornecido pelo cliente.

O processo de produção da ACK 1870 não se adequa fielmente aos processos estudados e especificados na literatura da área. As gruas são, na essência, fabricadas idênticas umas às outras, caracterizando um Processo Repetitivo. Porém, os diferentes modelos de tratores onde são instalados fazem com que a adaptação do conjunto (chassis) se torne um Processo por Projeto, atendendo às necessidades específicas do cliente. Casos assim são denominados Processos Produtivos Híbridos (TUBINO, 1997).

A pesquisa avaliou essencialmente as etapas repetitivas do processo, ou seja, a parte comum a todos os equipamentos produzidos, uma vez que cada modelo de trator necessita de uma adaptação diferente.

As etapas da pesquisa foram:

- Discretização dos elementos componentes da Auto Carregável ACK1870 e seus processos de fabricação;
- Identificação da restrição do sistema;
- Proposição de melhorias dos processos obedecendo os princípios das metodologias de JIT e TOC;
- Elaboração do sequenciamento de produção respeitando a cadência da malha produtiva imposta pelo RCC;
- Confecção de uma Matriz de Gantt de forma a melhorar a visualização dos processos e tempos dentro do processo produtivo.

### 3.1 Discretização dos Elementos

A ACK 1870 é resultado da junção de três equipamentos distintos (Garra Florestal KG 40, Grua Florestal G70 e Carreta Floresta CF18) mais as necessárias adaptações (Caixa de Patola e Engate) para formar o conjunto ACK1870 que poderá ser dividido em quatorze subconjuntos.

Na figura abaixo, podemos observa-se a ACK1870, composta pelos seguintes subconjuntos indicados pelas flechas:

FIGURA 1 – Auto Carregável Florestal ACK 1870



FONTE: O autor (2019)

- 1- Caixa de Giro (Grua Florestal G70);
- 2- Coluna (Grua Florestal G70);
- 3- Braço (Grua Florestal G70);
- 4- Mecanismo de Movimentação (Grua Florestal G70);
- 5- Lança (Grua Florestal G70);
- 6- Telescópico (Grua Florestal G70);
- 7- Garra (Conjunto Garra KG40);
- 8- Suporte Coluna (Caixa de Patola);
- 9- Sapata (Caixa de Patola);
- 10- Chassis (Carreta CF 18);
- 11- Longarinas (Carreta CF 18);

- 12- Eixo Tandem (Carreta CF18);
- 13- Grade (Carreta CF18);
- 14- Engate Trator (Chassis Trator);
- 15- Cilindros Hidráulicos;
- 16- Tubos Hidráulicos;
- 17- Abraçadeiras.

Uma vez definidos os subconjuntos que compõe o produto final, isolamos cada processo envolvido na fabricação, seja ele de corte de chapas, usinagem, soldagem, tratamento térmico entre outros, conforme mostrado nos Quadros 1 e 2 abaixo:

QUADRO 1 – Processos de Fabricação

ORDENS DE FABRICAÇÃO		AUTO CARREGÁVEL ACK 1870	GRUA G70 + GARRA KG40
CAIXA DE GIRO (01)		MECANISMO (04)	GARRA KG40 (07)
A0101	USINAGEM CASCO	A0401	CHAPAS
A0102	CREMALHEIRA Z34 / M8	A0401	MASSAS
A0103	EIXO M8 Z22	A0402	FLANGE TRAVA PINO
A0104	CAMISA CILINDRO GIRO	A0403	PINO (ARTICULAÇÃO)
A0105	FLANGE CILINDRO GIRO	A0404	MONTAGEM (COMPONENTE)
A0106	TAMPA CILINDRO GIRO	<b>LANÇA (05)</b>	
A0107	EMBOLO GIRO	A0501	CHAPAS
A0108	GUIA BUCHA DE NYLON	A0503	MASSAS (LANÇA)
A0109	TAMPA EIXO	A0504	FLANGE PLACAS
A0110	TAMPA LATERAL	A0505	PORCA REGULADORA
A0111	TAMPA INFERIOR	A0506	PLACA GUIA
A0112	BUCHA CARTOLA NYLON 280x150x140	A0507	NYLON (PLACA GUIA)
A0113	MONTAGEM (COMPONENTES)	A0508	PINO (TIRANTE/ARTICULAÇÃO)
<b>COLUNA (02)</b>		A0509	PINO (BRAÇO/LANÇA)
A0201	CHAPAS	A0510	PINO (TELESCÓPICO/LANÇA)
A0202	MASSAS	A0511	MONTAGEM (SOLDA)
A0203	LUVA REFORÇO	A0512	TRATAMENTO SUPERFÍCIE / PINTURA
A0204	PINO COLUNA/CILINDRO	A0513	MONTAGEM (COMPONENTES)
A0205	MONTAGEM (SOLDA)	<b>TELESCÓPICO (06)</b>	
A0206	TRATAMENTO SUPERFÍCIE / PINTURA	A0601	CHAPAS
<b>BRAÇO (03)</b>		A0602	MASSA (TELESCÓPICO)
A0301	CHAPAS	A0603	PINO CILINDRO (TELESCÓPICO)
A0302	MASSA (LANÇA)	A0604	PINO (TELESCÓPICO/LINK)
A0303	MASSA (ARTICULAÇÃO)	A0605	MONTAGEM
A0304	PINO (COLUNA/BRAÇO)	A0606	TRATAMENTO SUPERFÍCIE / PINTURA
A0305	PINO CILINDRO (BRAÇO/BRAÇO)	A0607	MONTAGEM (COMPONENTES)
A0306	PINO CILINDRO (LANÇA/BRAÇO)		
A0307	MONTAGEM		
		LEGENDA	PRODUÇÃO EM FLUXO CONTÍNUO
			PRODUÇÃO PRIORITÁRIA

FONTE: O autor (2019)

## QUADRO2 - PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

ORDENS DE FABRICAÇÃO		AUTO CARREGÁVEL ACK 1870		CARRETA CF18 TONELADAS	
	<b>CAIXA DE PATOLA (08)</b>		<b>GRADE (13)</b>		<b>TUBOS HIDRÁULICOS (16)</b>
A0801	CORTE CHAPAS	A1301	CHAPAS FLANGES		
A0802	USINAGEM FLANGES	A1302	TUBOS RETANGULARES	A1601	CORTE TUBOS 15 MM
A0803	MASSAS	A1303	BARRAS CHATAS	A1602	USINAGEM ADAPTADORES JIC 3/4"
A0804	PINOS 55 SAPATA	A1304	MONTAGEM (SOLDA)	A1603	DOBRA TUBOS
A0805	PINO 45 CILINDRO (CX CILINDRO)	A1305	TRATAMENTO SUPERFÍCIE / PINTURA	A1604	MONTAGEM (SOLDA)
A0806	MONTAGEM		<b>ENGATE (14)</b>	A1605	TRATAMENTO SUPERFÍCIE / PINTURA
A0807	TRATAMENTO SUPERFÍCIE / PINTURA	A1401	CHAPAS FLANGES		<b>ABRAÇADEIRAS NYLON (16)</b>
A0808	MONTAGEM (COMPONENTES)	A1402	PINO 55 CHASSI /ENGATE	A1701	BARRA QUADRADA NYLON
	<b>SAPATAS (09)</b>	A1403	PINO TRAPEZOIDAL	A1702	BARRA CHATA
A0901	CHAPAS	A1404	PORCA TRAPEZOIDAL	A1703	MONTAGEM (SOLDA)
A0902	MASSAS	A1405	MONTAGEM (SOLDA)	A1704	MONTAGEM (COMPONENTES)
A0903	PINOS 45 CILINDRO	A1406	TRATAMENTO SUPERFÍCIE / PINTURA		
A0904	MONTAGEM (COMPONENTE)		<b>CILINDROS HIDRÁULICOS (15)</b>		<b>MONTAGEM (PARTE 3)</b>
	<b>CHASSIS (10)</b>	A1501	CAMISA BRUNIDA	M0103	CX. PATOLA + CHASSIS + LONGARINAS
A1001	CHAPAS	A1502	HASTE CROMADA		A0809 + A1002 + A1104
A1002	DOBRA VIGA (EXTERNA)	A1503	TAMPAS FRONTAIS		
A1003	MONTAGEM (VIGA)	A1504	TAMPAS TRASEIRAS		
	<b>LONGARINAS (11)</b>	A1505	ÊMBOLOS	M0104	<b>MONTAGEM (PARTE 4)</b>
A1101	CHAPAS	A1506	OLHAL FRONTAL		M0103 + TANDEM + GRADE + ENGATE
A1102	TUBOS REFORÇO	A1507	CONEXÃO ENTRADA		M0103 + A1207 + A1305 + A1405
A1103	TUBOS FUIROS	A1508	MONTAGEM (SOLDA)		
A1104	MONTAGEM (LONGARINAS)	A1509	MONTAGEM (COMPONENTES)		
	<b>TANDEM (12)</b>	A1510	TRATAMENTO SUPERFÍCIE / PINTURA		
A1201	CHAPAS				
A1202	PONTAS DE EIXOS 127X 650MM				
A1203	MASSAS				
A1204	PINOS				
A1205	MANDRILAMENTO (TANDEM)				
A1206	MONTAGEM (SOLDA)				

LEGENDA	PRODUÇÃO EM FLUXO CONTÍNUO
	PRODUÇÃO PRIORITÁRIA

FONTE: O autor (2019)

### 3.2- Identificação da Restrição do sistema

Cada componente do ACK1870 pode ser fabricado isoladamente de forma com que se uma aos demais somente durante a montagem final. Apesar da independência de fabricação das partes, o sistema como um todo deverá apresentar somente uma restrição que é, segundo a TOC, quem irá definir a cadência produtiva da malha.

Dado o alto nível de complexidade dos processos de usinagem, a obtenção de matérias primas por meio de fundição em empresa terceira, a necessidade de tratamento térmico fora da empresa e a delicada montagem final, a fabricação do subconjunto "1", Caixa de Giro, é tido como a restrição ou RCC do sistema produtivo.

Demais elementos que necessitem industrialização externa, como o subconjunto "10", Chassis, ou os pinos do equipamento não restringem a capacidade produtiva do sistema, porém devem ter suas Ordens de Fabricação antecipadas de modo que sua ausência temporária dentro da malha não ocasione paradas por espera.

FIGURA 2 – Caixa de Giro (Montagem 3D)



FONTE: O autor (2019)

FIGURA 3 – Caixa de Giro (Usinagem)



FONTE: O autor (2019)

## QUADRO3 – Caixa de Giro (Roteiro de Fabricação)

ROTEIRO DE FABRICAÇÃO				Caixa de Giro Grua G70				Legenda: * industrialização externa			
OF	LOCAL	INÍCIO	FIM	OF	LOCAL	INÍCIO	FIM	OF	LOCAL	INÍCIO	FIM
A0101	CENTRO 1	H1M00	H16M00	A0101	TORNO 3	H16M00	H19M00	A0102	RETIF 1	H16M00	H18M00
A0102	TORNO1	H1M00	H4M00	A0102	CENTRO 2	H4M00	H16M00 *	A0103	RETIF 1	H9M00	H11M00
A0103	TORNO 2	H1M00	H6M00	A0103	CENTRO 1	H6M00	H9M00*				
A0104	TORNO 1	H1M00	H3M00								
A0105	TORNO2	H1M00	H3M00	A0105	CENTRO 2	H3M00	H6M00				
A0106	TORNO 4	H1M00	H3M00	A0106	FURADEIRA	H3M00	H5M00				
A0107	TORNO 1	H1M00	H3M00	A0107	FURADEIRA	H3M00	H4M00				
A0108	TORNO 2	H1M00	H3M00								
A0109	TORNO 3	H1M00	H2M00	A0109	FURADEIRA	H2M00	H3M00				
A0110	CENTRO 2	H1M00	H3M00								
A0111	TORNO 1	H1M00	H2M00	A0111	CENTRO 2	H2M00	H3M00				
A0112	TORNO 1	H1M00	H2M00	A0112	FURADEIRA	H2M00	H3M00				

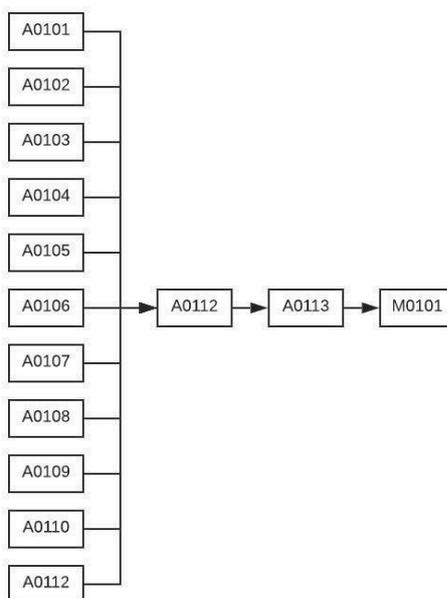
FONTE: O autor (2019)

## 3.3– Caixa de Giro como Restrição: Proposição de Melhorias

Para obter-se o melhor desempenho dentro desta restrição, a fabricação da Caixa de Giro deverá ser constante dentro da malha produtiva, ou seja, independente da demanda do cliente. Em momentos de demanda menor que a produção deverá ser percebido o início de um estoque (pulmão). Esse pulmão irá proteger as datas de entregas compromissadas com os clientes, compensando eventuais interrupções no fluxo produtivo.

Por possuir um lead time de fabricação alto e demandar vários processos de fabricação e máquinas operatrizes, a Caixa de Giro será fabricada em lotes únicos, garantindo que cada conjunto montado seja instantaneamente direcionado à próxima etapa de montagem de subconjuntos.

FIGURA 4 – Caixa de Giro (Fluxograma de Fabricação)



FONTE: O autor (2019)

Uma vez montada e estocada em caso de demanda inferior, a caixa de giro poderá ser vendida separadamente como um componente de reposição. Se a demanda for maior que a capacidade produtiva, mesmo em fluxo contínuo, e todas as melhorias de eficiência do RCC já estiverem esgotadas, propõe-se a expansão da estrutura fabril, com investimento em maquinário e pessoal.

### **3.4– Redução do *takt time* por meio de planejamento de produção**

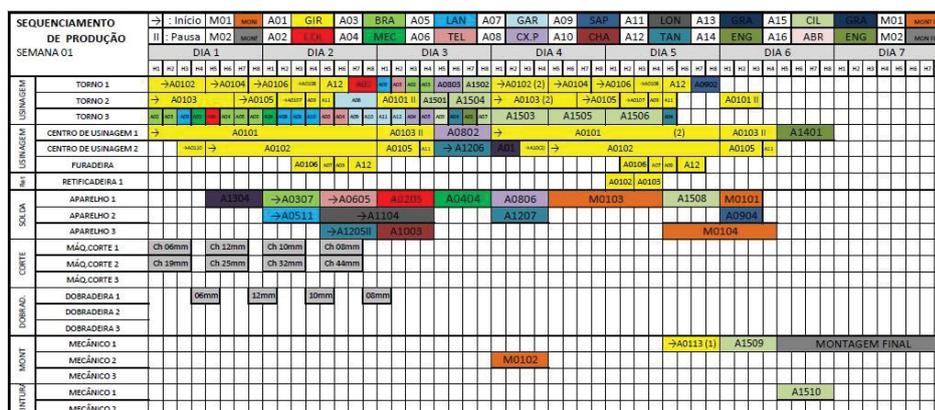
Uma vez que a liberação de materiais é guiada pela capacidade de produção do RCC, e esse recurso será explorado ao máximo, como forma de aproveitar o tempo necessário para os serviços de tratamento térmico e alívio de tensões das peças da caixa de giro deve-se alocar dentro da estrutura produtiva as demais ordens de forma a suprir as demandas de montagem sem a necessidade de criação de estoques ou de ocasionar ociosidade por falta de peça.

Toda peça fabricada deverá ter, caso a sequência de produção seja seguida, um destino imediato para montagem de um subcomponente e todo lote de peça deverá ser único, ou seja, suficiente para apenas um equipamento. Isso se dará como reflexo à estratégia de fabricação atrelada ao RCC.

### **3.5– Configuração da Matriz de Gantt**

Com a ajuda da Matriz de Gantt, confecciona-se o sequenciamento de produção de forma com que os inícios e fins dos processos sigam o roteiro de fabricação melhor indicado com base nos métodos heurísticos aplicados.

FIGURA 5 – Auto Carregável ACK 1870 (Matriz de Gantt)



FONTE: O autor (2019)

#### 4 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Ao longo do processo empírico de obtenção de dados referente aos processos de fabricação, percebeu-se a complexidade existente e a importância da fidelidade dos resultados para o montante da pesquisa e, portanto, foi dedicada atenção maior ao mesmo e com isso um tempo maior foi necessário para completar esta etapa.

Inferem-se ganhos imediatos em produtividade pela empresa utilizada como estudo de caso, especialmente no que tange a organização do processo produtivo e a diminuição dos gargalos e tempos ociosos na produção. Através da listagem de processos foi possível criar um roteiro necessário para a fabricação de uma unidade da Auto Carregável ACK 1870 e, assim, ser possível realizar planejamentos de fabricação, melhorias na manufatura enxuta e até mesmo vislumbrar a terceirização de mão de obra ou expansão da estrutura fabril caso necessário.

O primeiro resultado percebido após a implantação dos roteiros de fabricação foi a diminuição do tempo de espera entre a montagem de componentes e a montagem final do produto. Pela falta de um planejamento de produção era comum a Grua estar fabricada e não montada por falta da caixa de giro.). Quando reconhecida a existência de uma restrição na malha produtiva e otimizada de forma a ter eficiência desejável de 100%, a produção estará gerenciada de forma tal que o máximo ganho possível estará garantido.

Respeitando os tempos de fabricação de cada ordem de produção e alocando-as de maneira que sejam reduzidos os tempos de espera entre montagens dos

subcomponentes a média de tempo de todo processo produtivo de 7 dias úteis deveu-se à organização do trabalho, sequenciamento das atividades e respeito ao cronograma previsto pelo roteiro de produção.

Para um planejamento de produção mensal, o sequenciamento deverá ser utilizado de forma a priorizar a fabricação contínua do RCC e intercalar o início de produção de cada carregador, ocupando o menor número de máquinas ao mesmo tempo, e permitindo que outros componentes também possam ser fabricados sem complicações.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Tendo como foco principal o desenvolvimento de documentos e ações que melhorassem o processo produtivo da Auto Carregável ACK1870, este trabalho se encerrou com a certeza que os objetivos iniciais foram alcançados. O estudo de caso apresentado foi grande proveito para as partes envolvidas, possibilitando a realização, implantação e verificação das mudanças propostas, gerando melhorias imediatas na malha produtiva da empresa e conhecimento empírico ao pesquisador. A meta de criar meios para uma Programação de Produção foi cumprida mediante muita dedicação e atenção aos pequenos detalhes do projeto pelos participantes.

Conclui-se que sem uma base de dados sobre processos de fabricação e sua cadência, dificilmente a empresa irá saber quais operações devem ser priorizadas em eventuais ações de melhoria. Portanto, este trabalho também contribui para o direcionamento do planejamento de produção, trazendo maior eficiência aos processos, redução dos custos produtivos e etc. Ao final do trabalho, conclui-se que todos os experimentos realizados e todos os documentos gerados por ele contribuíram para a valorização do resultado final.

## **6 REFERÊNCIAS:**

BARBARÁ, S. **Gestão por Processos - Fundamentos, Técnicas e Modelos de Implementação** - 2ª Ed. 2012.

CHIAVENATO, I. **Teoria Geral da Administração**. Volume 1. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2001.

COELHO, José Márcio; GONZAGA, Ricardo Martins; **Administração Científica de Taylor: O Homem do Tempo**. 2007. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/producao-academica/administracao-cientifica-de-taylor-o-homem-do-tempo/318/>> Acesso em 12/05/2019

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e Controle da Produção**: dos fundamentos ao essencial. Sao Paulo: Editora Atlas S/A., 2010.

GOLDRATT, Elyahu; M. COX, Jeff. **A meta**. 17a. ed. São Paulo, Educator, 1994.

GOLDRATT, E. et al. **Introdução à teoria das restrições**: a abordagem na produção. Apostila do Instituto Goldratt do Brasil. São Paulo, 1995.

GREMAUD, Amaury P. (2014), **Economia Brasileira Contemporânea**. 7 a . ed. São Paulo, Atlas.

LACERDA, P. R. – **Administração da Produção desde sua origem**, 2002  
Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/producao-academica/administracao-da-producao-desde-sua-origem/395/>>.  
Acesso em 12/05/2019.

LANDMANN, Raul; ERDMANN, Rolf Hermann. **Uma abordagem heurística para a programação da produção na indústria de fundição com utilização da lógica fuzzy**. *Gest. Prod.* [online]. 2011, vol.18, n.1

OHNO, T. **O sistema toyota de produção** – Além da produção em larga escala. Bookman, 1997.

PINTO, João. 2008. Lean Thinking - Glossário de termos e acrónimos. [Internet]. Disponível em [http://www.leanthinkingcommunity.org/livros\\_recursos.html](http://www.leanthinkingcommunity.org/livros_recursos.html)  
SHINGO, SHINGEO. **O Sistema Toyota de Produção**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 3ª Ed. 2007.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**, São Paulo, Atlas, 1997.

WOMACK, James; Jones, Daniel: 2003. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. 2ª ed. UK: Free Press Business.