

# Mapeamento do Fluxo de Valor no processo de rotomoldagem

Jonathan Luiz Ziemann Dias<sup>1</sup>  
Berenice Santini<sup>2</sup>

## Resumo

Desenvolver processos de manufatura é tratar da redução dos tempos de processo e desperdícios e do aumento de produtividade, melhorando o fluxo da produção. O presente Estudo de Caso tem o objetivo de propor melhorias ao processo industrial de rotomoldagem, baseado na aplicação do método de Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). Os dados foram coletados por meio de observação indireta e direta assistemática, entrevistas informais e análise de documentos. O mapeamento do processo permitiu identificar desperdícios no fluxo do processo, como o tempo de espera elevado em algumas operações apresentado no Mapeamento do Fluxo de Valor inicial, tempo excessivo de deslocamento entre as operações, excesso de componentes armazenados na produção e falta de organização nos postos de trabalho. O estudo evidenciou que o uso dos conceitos do sistema *lean manufacturing* torna mais significativo o MFV.

**Palavras-chave:** Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). *Lean manufacturing*. Desperdícios.

## Abstract

*Developing manufacturing processes is about reducing process time and wastes and increasing productivity, improving the production flow. The present Case Study aims to propose improvements to the industrial rotomoulding process, based on the application of the Value Stream Mapping (VSM) method. Data were collected through indirect and direct unsystematic observation, informal interviews and document analysis. The process mapping allowed to identify wastes in the process flow, such as high waiting time in some operations, as seen in the initial Value Flow Mapping, excessive displacement time between operations, excess of stored components in production and lack of organization in the work stations. The study showed that the use of the concepts of the lean manufacturing system makes the VSM more significant.*

**Keywords:** Value Stream Mapping (VSM). *Lean manufacturing*. Wastes.

<sup>1</sup> Engenheiro Mecânico pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSUL), Sapucaia do Sul, RS, Brasil. E-mail: jonathan.ziemann6@gmail.com

<sup>2</sup> Doutora em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS e engenheira mecânica pela UFSM. Professora do IFSUL, Sapucaia do Sul. E-mail: bsantini35@gmail.com

Artigo recebido em 13.04.2018 e aceito em 12.07.2018.

## 1 Introdução

A área de desenvolvimento de processos está presente nas indústrias lado a lado com o desenvolvimento de produtos. A busca pela otimização de recursos de manufatura acompanha o desenvolvimento industrial e manifesta-se em termos de redução dos tempos de processo (*lead time*), de redução dos desperdícios, do aumento da produtividade, da melhoria dos fluxos dos produtos, entre outros. Nesse universo, expressões como *kaizen* (melhoria contínua) e *Lean Manufacturing* (manufatura enxuta, livre de desperdícios), originados no Sistema Toyota de Produção (STP), ocupam o lugar de conceitos-chave que balizam a gestão industrial (OHNO, 1997; NAZARENO, 2003; GONZALEZ; MARTINS, 2007; GHINATO, 1996; LIKER, 2005).

No que tange aos processos de manufatura, a materialização desses conceitos-chave apoia-se no uso de métodos e ferramentas. Uma delas é o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV ou *Value Stream Mapping - VSM*), com o qual se pode visualizar melhor os processos e perceber suas interações. Mapear ajuda para identificar as fontes de desperdício no fluxo de valor, fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura, torna visíveis as decisões sobre os fluxos, agrega conceitos e técnicas enxutas, forma a base de um plano de implementação, mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material (ROTHER; SHOOK, 2003; POJASEK, 2004).

O trabalho desenvolvido é um Estudo de Caso em uma empresa industrial que se encontrava com altos índices de rejeitos, média de 6% no ano de 2016, em um de seus processos principais de manufatura. Sendo a meta de 3%, o pico de 7,49%, observado em novembro, tornava a situação do processo crítica, incentivando a pesquisa. O objetivo foi implementar melhorias no processo de rotomoldagem, a partir da aplicação do método de Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV).

Estudos prévios indicam que o MFV proporciona resultados econômicos para as empresas em um curto espaço de tempo, contribui significativamente na identificação e redução dos impactos ambientais, através da diminuição dos desperdícios de material no processo produtivo e atua também no desenvolvimento social das organizações com participação democrática na definição de ações e implantação de melhorias que visem melhorar o ambiente de trabalho e a qualidade de vida das pessoas.

## 2 Fundamentação teórica

### 2.1 Sistema Toyota de Produção (STP) e a Manufatura Enxuta

O Sistema Toyota, descrito por Ohno (1997), tem como princípios mais importantes a eliminação de desperdícios e a fabricação com qualidade. O princípio da eliminação de desperdícios, aplicado primeiro à fábrica, baseia-se na produção enxuta (*Lean Production*), que consiste em fabricar com o máximo de economia de recursos. O princípio de fabricação com qualidade tem por objetivo produzir virtualmente sem defeitos (o que também é eliminação de desperdícios) (MAXIMIANO, 2012).

O comprometimento e o envolvimento de funcionários são essenciais para o bom funcionamento desses dois princípios do Sistema Toyota. Dessa forma, a administração participativa, que promove a participação dos funcionários no processo decisório, tornou-se o terceiro elemento importante do Sistema Toyota (MAXIMIANO, 2012).

Dentro do escopo do STP, a manufatura enxuta pode ser definida como um modelo estratégico e integrado de gestão, direcionado a certas situações de mercado, que propõe auxiliar a empresa a alcançar qualidade e produtividade (GODINHO FILHO, 2004). O termo “enxuta”, do inglês “*lean*”, foi definido por John Krafcik, do Massachusetts Institute of Technology, em meados de 1980, para descrever as técnicas do sistema de produção, o sistema de trabalho e a política de recursos humanos do STP (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Womack, Jones e Roos (1992) desenvolveram o conceito de produção enxuta como forma de agilizar e aumentar a capacidade produtiva da empresa, bem como enfatizaram a necessidade de se alinhar atividades que realmente agregam valor aos produtos ao longo da cadeia. Exige qualificação dos colaboradores, trazendo a responsabilidade para a base da pirâmide organizacional. O Mapeamento do Fluxo de Valor é essencial para as empresas enxergarem o seu fluxo de valor e tomarem decisões coerentes para sustentar o processo de melhoria contínua, um dos princípios da produção enxuta. Nesse processo, permite o emprego das ferramentas *Lean Manufacturing*.

Para Maximiano (2012), a base da filosofia enxuta são os chamados desperdícios, os quais Barroso (2009) define como atividades completamente desnecessárias que geram custo, não agregam valor e que, portanto, devem ser imediatamente eliminadas. Os sete tipos de desperdício a seguir (SHINGO, 1996; OHNO, 1997) podem ser aplicados em diferentes

tipos de operações, tanto de serviço como de manufatura: superprodução; espera; transporte excessivo; processos desnecessários; inventário desnecessário; movimentação desnecessária; produtos defeituosos.

## 2.2 Mapeamento do Fluxo de Valor em ambiente *kaizen*

*Kaizen* significa a melhoria contínua de um fluxo completo de valor ou de um processo individual, a fim de se agregar mais valor com menos desperdício (ARAÚJO; RENTES, 2006). É uma palavra japonesa, onde Kai significa mudança, e Zen significa para melhor (SIQUEIRA, 2005). Assim, a filosofia do Sistema *Kaizen* consiste em um importante recurso na busca incessante da melhoria de processos produtivos e administrativos, tornando-os mais enxutos e velozes.

A melhoria contínua (BESSANT *et al.*, 1994) é observada no mapeamento de fluxo de valor. Assim, observa-se um ciclo virtuoso no qual são necessárias várias ações para atingir o mapa futuro, o mapa de estado futuro torna-se o mapa presente e serão elaboradas novas ações de melhoria para atingir o novo mapa futuro e, assim, sucessivamente (figura 1) (ROTHER; SHOOK, 2003).

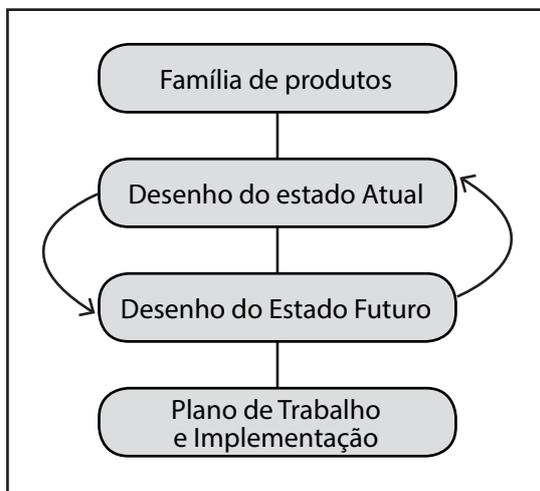


Figura 1- Ciclo de melhoria do MFV  
Fonte: Rother e Shook (2003).

Fluxo pode ser definido como um movimento progressivo de um produto, através de uma empresa, desde o ponto de recebimento de matéria-prima até o embarque dos produtos acabados (SUZAKI, 1987). Fluxo de valor, por sua vez, são as ações que agregam valor ou não, necessárias para produzir um produto, desde a matéria-prima até o produto acabado, ou do pedido até a entrega, ou ainda, da concepção ao lançamento (VIEIRA, 2006). Dentro

desse contexto, Hines e Taylor (2000) definem três diferentes tipos de atividades, as quais devem ser diferenciadas num MFV, que são: a) atividades que agregam valor (AV) ao produto ou serviço aos olhos do consumidor final; b) atividades que não agregam valor (NAV) aos produtos e serviços aos olhos do consumidor final, sendo então desnecessárias; c) atividades que aos olhos do consumidor final, não agregam valor ao produto ou serviço, mas que são necessárias (ex. desperdícios difíceis de serem eliminados em curto prazo, e que, a longo prazo, poderiam ser submetidos a processos de transformação radical).

De acordo com Vieira (2006), a ferramenta de mapeamento tem como características: fornecer uma linguagem comum, visual e simbólica; ser de fácil visualização e compreensão pelo mais baixo nível hierárquico, o qual irá utilizá-la; além dos processos individuais, ajudar a enxergar o fluxo de valor, através de departamentos e processos; mostrar a relação entre o fluxo de informações e fluxo de materiais no sistema de manufatura; assistir a melhoria de sistemas e não apenas de uma de suas partes; ajudar a identificar não somente os desperdícios, mas as suas fontes; agregar técnicas de manufatura enxuta; formar a base de um plano de implementação de melhorias.

## 3 Metodologia

O estudo foi desenvolvido em uma célula de produção de rotomoldados de uma empresa industrial, na forma de um Estudo de Caso (YIN, 2001), com base no método do mapeamento do fluxo de valor.

A empresa, foco do estudo, produz para vários segmentos do mercado, como: químicos, flutuadores, construção civil, diesel, tambores e contentores, lazer e rodoviário. Localizada no município de São Leopoldo (RS), foi certificada pela norma ISO 9001 no ano de 2000. O produto escolhido para o estudo foi um tanque de combustível de código 038, que compõe uma família de tanques da linha diesel, que atendem ao maior cliente da empresa com os maiores volumes de produção. A célula quatro (4), que realiza a rotomoldagem, o acabamento e a montagem dos tanques de combustível, produz atualmente seis (6) modelos de tanques diferentes, havia sido auditada recentemente, tendo sido evidenciadas oportunidades de melhorias como alterações de *layout* e inclusão de novos dispositivos. Por isso, ela foi escolhida para o estudo. A figura 2 apresenta a imagem do tanque de combustível de código 038, um dos modelos produzidos na célula quatro (4).



Figura 2 - Tanque de combustível código "038"  
Fonte: Os autores (2017).

As técnicas para coleta de dados utilizadas no Estudo de Caso da produção do tanque 038 foram: cronometragem, observação direta assistemática, entrevistas informais e observação indireta (análise de documentos da empresa). O período de coleta de dados se estendeu de agosto de 2016 a setembro de 2017, totalizando aproximadamente 80 horas.

As etapas da pesquisa estão descritas na figura 3, a seguir:

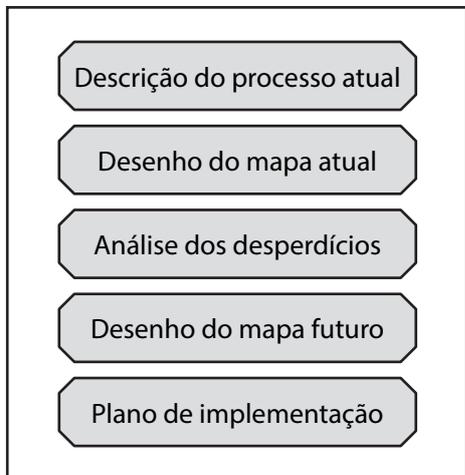


Figura 3 - Etapas da pesquisa  
Fonte: Adaptada, a partir de Lima *et al.* (2016).

Os dados qualitativos para a descrição do processo de rotomoldagem dos tanques de combustível foram adquiridos, através de entrevistas informais, com gestores de algumas áreas (Expedição, P&D, Produção, PCP, Compras e Qualidade), por meio de observação direta no chão de fábrica, junto a operadores e líderes de processo e de observação e análise de documentos da empresa (fluxogramas e documentos da qualidade). A escolha das variáveis

quantitativas foi orientada pelo que Barroso (2009) chamou de métricas *lean*. Os dados quantitativos dos tempos de ciclo das etapas do processo, assim como de tempo médio que esses estoques ficavam na fila e tempos de *setup* foram obtidos por meio da cronometragem. Outros dados mais pontuais tais como disponibilidade dos equipamentos, quantidades de material em estoque intermediário, rejeitos do processo, número de operadores e *takt time* foram obtidos por observação indireta de registros de produção e análise dos documentos corporativos, tais como acompanhamentos de produção, fluxogramas e procedimentos operacionais.

Ao mapear as atividades dos operadores, foi possível classificar as atividades que agregavam ou não valor ao processo, bem como, as atividades que agregavam valor ou não ao produto. De outra forma, aquelas pelas quais o consumidor ficaria feliz em pagar ou não (HINES; TAYLOR, 2000).

A partir dos dados, foi possível elaborar o mapa do estado atual do processo de rotomoldagem. Analisando o estado atual, com base nas categorias de desperdícios do Sistema *Lean Manufacturing*, foi possível constatar alguns desperdícios que ocorrem em cada processo. "Possibilitando a elaboração do mapa do estado futuro, com a proposta de implementação de práticas *Lean*, visando à redução e à eliminação desses desperdícios, bem como à transposição das barreiras contrárias à criação do fluxo enxuto" (LIMA *et al.*, 2016). Ressalta-se que foram utilizados os termos "mapa atual" e "estado futuro/proposto", porém deve se considerar que são conceitos vindos da literatura, sendo que conforme ações durante a pesquisa, o "mapa atual" descrito ao longo do trabalho, pode ser considerado no passado e "estado futuro/proposto" no presente devido, às ações já concluídas.

Os mapas atual e futuro do processo, assim como gráficos e tabelas, foram desenhados com o programa Microsoft Excel. Todo processo de melhoria foi baseado em decisões tomadas em reuniões de equipes multifuncionais envolvidas na melhoria. Algumas vezes, representantes da empresa cliente participavam dessas equipes.

## 4 Resultados

### 4.1 Descrição e análise do processo atual

O processo de rotomoldagem de tanques de combustível é realizado em *layout* celular e engloba seis (6) operações produtivas e dois (2) operações de armazenagem, dentro das quais foram especificadas quarenta e sete (47) atividades.

Inicia-se com a rotomoldagem no forno quatro (4) (realizada por três operadores se deslocando para os dois lados da máquina, onde abastecem os moldes com matéria-prima e extraem as peças rotomoldadas no final do ciclo); depois as peças são enviadas para os gabaritos de resfriamento. Na sequência, o operador quatro (4) se desloca para retirar as peças dos gabaritos e levar até a banca para rebarbar e montar componentes; em seguida, o operador cinco (5) realiza furações necessárias

na peça, monta os componentes e encaminha os tanques para a inspeção final/teste de estanqueidade (realizado pelo operador seis (6)). O fluxo de produção é direcional e a produção média é de seis tanques a cada trinta e cinco minutos, com demanda média de tanques dessa família de 96 peças por dia, contra 112 peças/dia de capacidade de produção. A matéria-prima utilizada é o Polietileno Linear de Média Densidade (PEMD). A seguir, o fluxograma do processo.

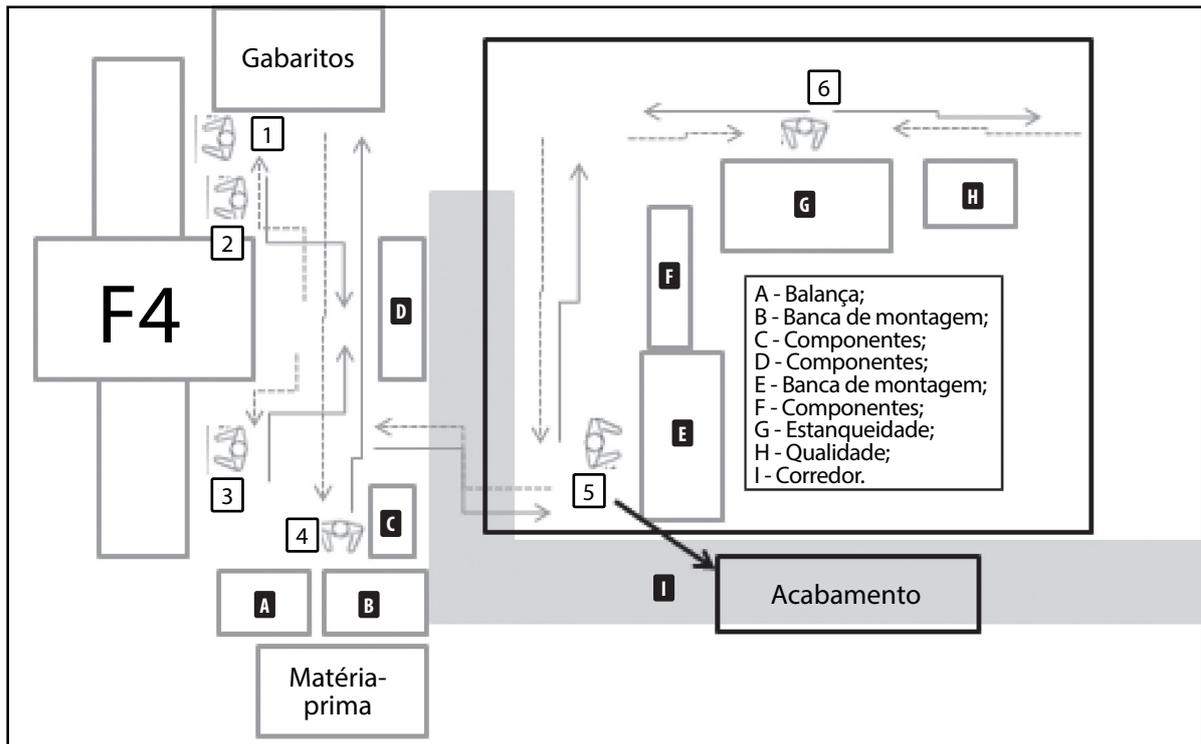


Figura 4 - Layout da situação atual da célula de rotomoldagem  
Fonte: Os autores (2017).

FLUXO DO PROCESSO			Número
Símbolos	●	Análise ou operação	16
	➔	Transporte	3
	■	Execução ou inspeção	1
	▲	Arquivo provisório	3
	▼	Arquivo definitivo	
Totais			
			Código do produto:
			Descrição:
			Emissão:
			Revisão: N°
			Aprovação:
Ordem	Símbolos	Setor	Descrição dos passos
1	● ➔ □ ▲ ▼		Rotomoldagem
2	○ ➔ □ ▲ ▼		Transporte para área de gabaritos e resfriamento
3	○ ➔ □ ▲ ▼		Estoque semi-elaborado
4	● ➔ □ ▲ ▼		Acabamento e montagem
5	○ ➔ ■ ▲ ▼		Teste de estanqueidade e validação
6	○ ➔ ■ ▲ ▼		Inspeção interna
7	○ ➔ □ ▲ ▼		Armazenagem na expedição
8	○ ➔ □ ▲ ▼		Transporte caminhão

Figura 5 - Fluxo do processo atual  
Fonte: Os autores (2017).

Os dados de processo foram obtidos, através da cronoanálise das operações do processo, conforme tabela 1.

Além dos tempos das 47 atividades, a tabela 1 identifica as atividades que agregam valor ou não (VA/NVA) e as atividades de deslocamento (D). A soma dos tempos de todos os seis (6) operadores

(tabela 1) ficou em 1692s, dos quais o tempo necessário para produzir um tanque (tempo de ciclo) foi de 473s e o tempo total de espera entre as operações foi de 1146s. As atividades eram realizadas por seis (6) operadores e a célula estava com 65% de ocupação. A figura 6 mostra um gráfico do balanceamento das operações produtivas.

Tabela 1 - Dados da cronometragem das atividades do processo e fluxo operacional

Atividade	Ordem	Classif	Operação de Fabricação e Controle	Tempo [s]	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6
1	1	AV	Extrair a peça do molde (Com problema)	130,0	x					
2	1	AV	Abastecer o molde	31,0	x					
3	1	AV	Fechamento de engate do molde 1	36,0	x					
4	1	AV	Posicionando braço	23,0		x				
5	1	AV	Retirar inserto	31,0		x				
6	1	D	Posicionar paleteira	12,0		x				
7	1	AV	Extrair o tanque	22,0		x				
8	1	AV	Colocar inserto	36,0		x				
9	1	D	Posicionar paleteira	16,0		x				
10	1	D	Retirar paleteira	7,0		x				
11	1	AV	Abrir fechos do bocal na parte traseira da matriz	72,0			x			
12	1	AV	Abrir bocal	70,0			x			
13	1	AV	Preparação do bocal com aplicação de desmoldante	27,0			x			
14	1	D	Posicionar a paleteira	12,0			x			
15	1	AV	Extrair a peça do molde	14,0			x			
16	1	AV	Colocar o bocal no molde	37,0			x			
17	1	AV	Fechamento de engate do molde 1	23,0			x			
18	1	NAV	Aguardando posicionamento do braço	10,0			x			
19	1	AV	Pesagem da matéria prima	100,0				x		
20	1	AV	Identificação da pesagem	25,0				x		
21	1	AV	Movimentar o saco até a operação	20,0				x		
22	1	AV	Rebarbando o tanque	200,0				x		
23	1	AV	Marcação do turno	15,0				x		
24	1	NAV	Inspeção visual interno	12,0				x		
24	2	D	Movimentação do tanque até a área de gabaritação	8,0				x		
24	2	AV	Gabaritação	93,0				x		
25	2	AV	Retirar gabaritos	10,0					x	
26	3	NAV	Posicionar tanque em cima da bancada	7,0					x	
27	3	NAV	Inspeção visual externa	17,0					x	
28	4	D	Preparação e pegar furadeira	16,0					x	
29	4	NAV	Pré furo do dreno 18	10,0					x	
30	4	D	Troca da broca	30,0					x	
31	4	AV	Furação do dreno 23	5,0					x	
32	4	D	Reposicionar furadeira para o próximo furo	14,0					x	
33	4	AV	Colocar batoque e posicionar na bancada	10,0					x	
34	4	D	Rebarbar entrada do bocal das boias	22,0					x	
35	4	AV	Pegar boia e conjunto de sucção e posicionar no tanque	12,0					x	
36	4	AV	Parafusar torquar o conjunto de sucção	70,0					x	
37	4	NAV	Inspeção visual e retrabalho	98,0					x	
38	4	D	Transportar tanque para estação de limpeza	8,0					x	
39	5	AV	Limpeza e aspiração interna	64,0					x	
40	5	NAV	Colocar filtro e tampa	8,0					x	
41	5	D	Posicionar tanque na rampa	7,0					x	
42	6	AV	Flambagem	45,0						x
43	6	NAV	Transportar tanque	10,0						x
44	6	AV	Inspeção de limpeza	35,0						x
45	6	AV	Teste de estanqueidade	70,0						x
46	6	NAV	Buscar etiqueta de aprovação	17,0						x
47	7	NAV	Levar o tanque para a área de liberados e fazer marcação	25,0						x
<b>Carga de Trabalho</b>				<b>1.692,0</b>	<b>197</b>	<b>147</b>	<b>265</b>	<b>473</b>	<b>408</b>	<b>202</b>

Fonte: Os autores (2017).

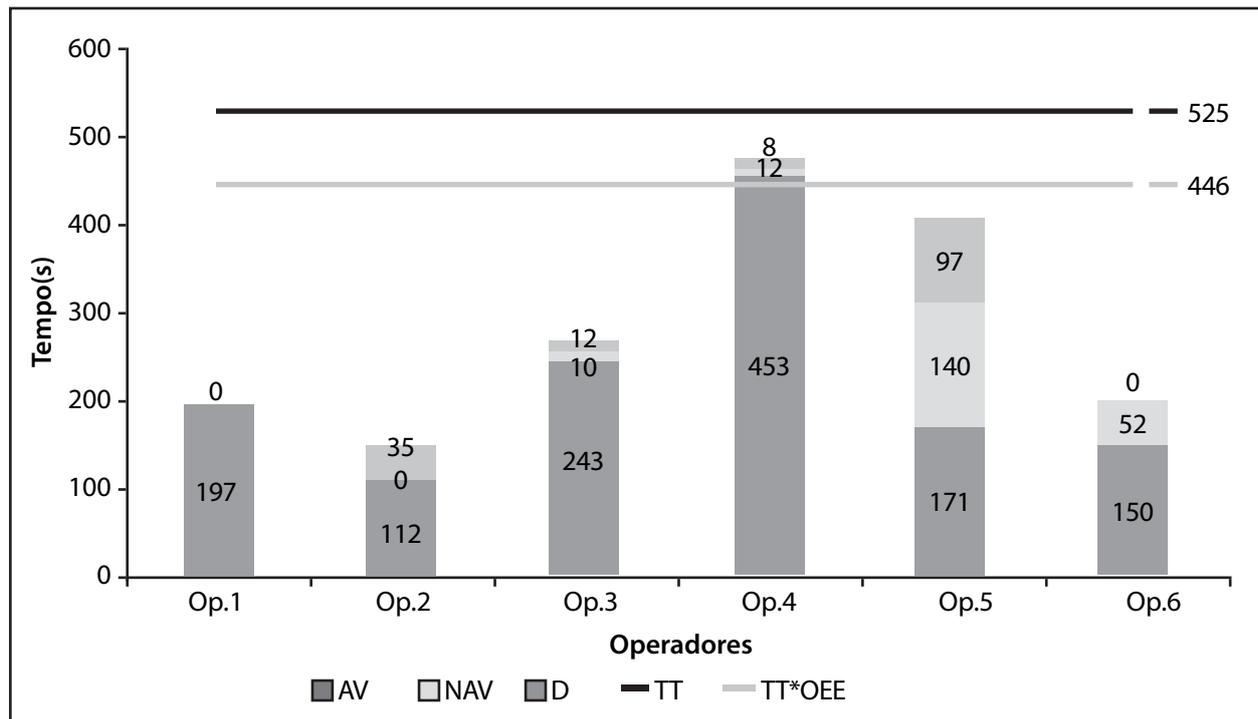


Figura 6 - Balanceamento atual das operações do processo  
Fonte: Os autores (2017).

As colunas do gráfico representam os tempos de atividade de cada operador. As porções cinza escuro e cinza claro das barras representam, respectivamente, o tempo das atividades que agregam e que não agregam valor ao processo; as porções em cinza médio indicam os tempos que os operadores gastam com deslocamentos. É notório que a operação quatro (4) é o gargalo do processo, com o tempo de ciclo de 473 segundos. Na operação cinco (5), está incluído o maior tempo de movimentação, de 97 segundos por ciclo, que a destaca negativamente das demais operações. Conforme está calculado no item “a” da seção 2.2 e informações de engenharia do cliente, o *takt time* da célula deve ser de 525 segundos, representado na linha contínua em cinza clara. Já o TT\*OEE de 446 segundos, representado na linha contínua preta, indica o *takt time* do processo multiplicado pela sua eficiência operacional que era de 85%.

Os dados do processo compuseram o mapa da situação atual do fluxo de valor, representado pela figura 7. O mapa foi elaborado, seguindo as recomendações de Barroso (2009).

O *lead time* de dezessete (17) dias é o tempo que a empresa leva para a entrega do produto, desde o pedido do cliente até a entrega final. Para obter esse prazo, foram considerados os tempos de espera das atividades operacionais e administrativas.

Sendo assim, esse processo de tempo se relaciona com logística também, ou seja, envolve:

- coleta de matéria-prima;
- inventário rotativo;
- componentes de produção;
- transporte;
- linha de montagem e armazém.

O processo citado auxilia o gerente responsável pela produção a pensar o Tempo Crítico da Manufatura (MCT), ou seja, em todo ciclo do pedido até a chegada do produto para o cliente final.

Através da análise do mapa da situação atual, pode-se destacar:

- o tempo para entrega de novos pedidos é de dezessete (17) dias;
- os tempos das atividades variam muito.

O *lead time* de dezessete (17) dias não é considerado alto, quando comparado ao prazo exigido pelo cliente, que é de 20 dias. Porém o balanceamento da linha não é adequado (figura 6), visto que a variação dos tempos de atividade dos operadores é alta; a figura 6 mostra que o tempo de espera de alguns operadores é bem superior a outros; o maior tempo de espera é do operador dois (2) que, em relação ao operador quatro (4), tem 326s de defasagem ( $473s - 147s = 326s$ ).

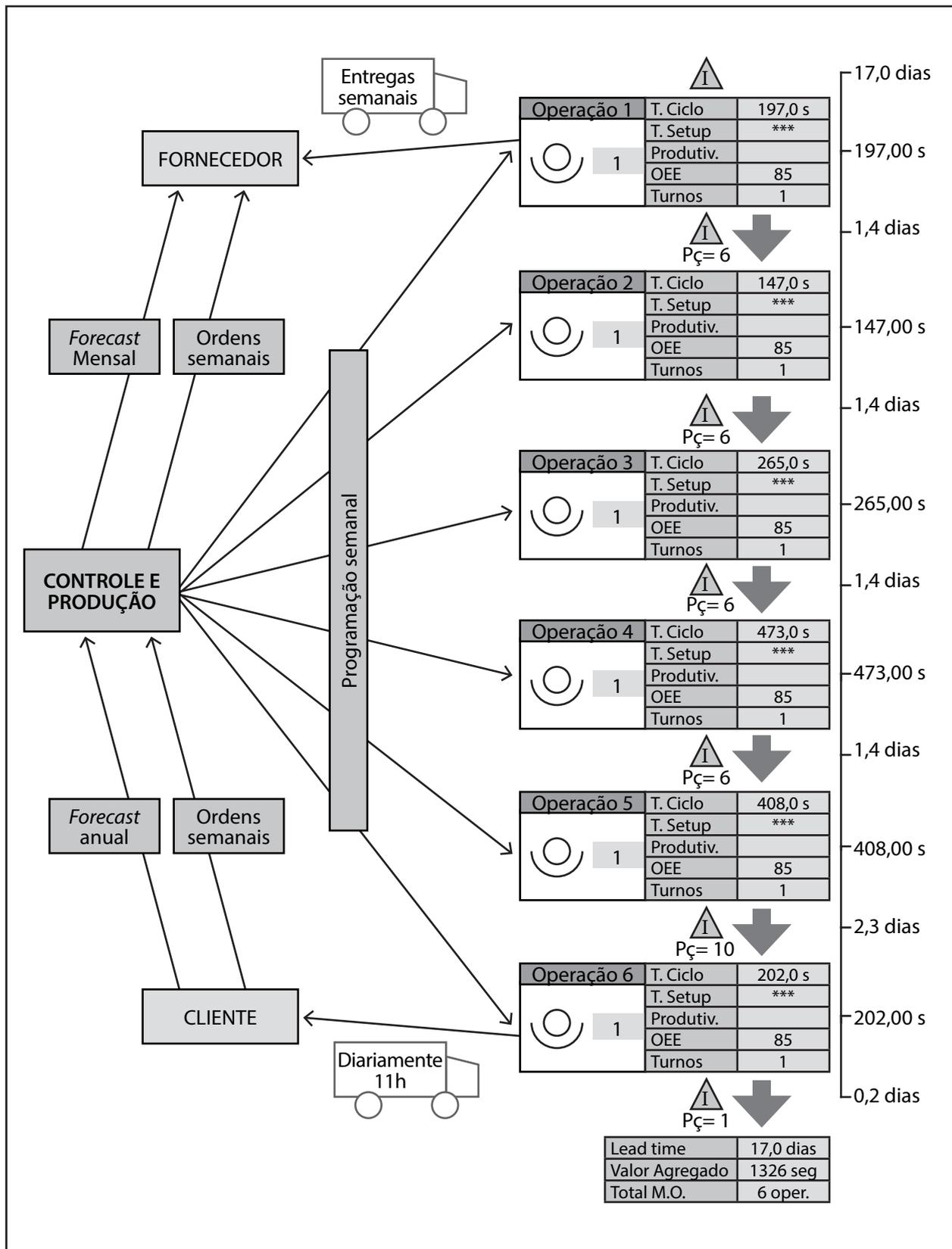


Figura 7- Mapa da situação atual  
 Fonte: Os autores (2017).

Conforme respostas das não conformidades, avaliadas por meio de ferramentas da qualidade, tais como Diagrama de Ishikawa e o Método dos 5 Porquês (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; MARTINS; LAUGENI, 2005), constatou-se que as causas de muitos problemas analisados residiam em falhas operacionais. As operações do processo são distantes, há excesso de componentes armazenados na produção e falta de organização nos postos de trabalho. Considerando a área ocupada da célula de produção, é possível constatar que a distância entre as operações permite os desperdícios evidenciados e um estudo de um novo *layout* para o processo se fez necessário.

As análises dos aspectos a serem melhorados no processo de rotomoldagem foram complementadas

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível}{Demanda} = \frac{\frac{16h}{dia} \cdot \frac{3600s}{h} - \frac{120min}{dia} \cdot \frac{60s}{min}}{\frac{96\ tanques}{dia}} = \frac{525s}{tanque}$$

O *takt time* calculado é de 525s. Esse valor é superior ao maior tempo de ciclo da célula, ou seja, é de 473s (operação 4). Portanto, mesmo na configuração anterior da célula era possível produzir, conforme a demanda do cliente. O maior problema observado na questão dos tempos foi que o *takt time* era muito superior ao tempo de 147s da operação dois (2) (a operação mais rápida). O ideal seria que o tempo de ciclo e o *takt time* estivessem com valores próximos em todas as operações, visto a necessidade de balanceá-las, reduzindo gargalos e desperdícios.

#### b) Desenvolver fluxo contínuo, se possível

Foi avaliado o *layout* atual da célula de produção, apresentado na figura 4. Seguindo os passos de Barroso (2009), a análise teve o objetivo de propor alternativas que aproximassem o fluxo ao modelo de fluxo unitário de peças, reduzissem transportes excessivos e eliminassem estoques entre processos.

Pode-se observar na figura 4 que a distância entre as operações de rotomoldagem e acabamento dificulta o fluxo unitário das peças. Com a formação de pequenos estoques, figuram tempos gastos com deslocamentos entre operações. Então, foi proposta uma mudança de *layout* com realocação dos operadores de modo a reduzir as distâncias. Nessa alternativa, foi proposta uma redução de 30% na área da célula, passando de 240 m<sup>2</sup> para 169 m<sup>2</sup>.

Isso proporcionou que algumas atividades fossem redistribuídas, dentro da concepção de que o número de operadores poderia ser reduzido. Logo,

seguindo-se as diretrizes de Nazareno (2003), que em seu estudo, utilizou os itens de (a) até (d), expostos a seguir.

#### a) Qual é o *takt time*?

O *takt time* corresponde ao ritmo de produção necessário para atender a demanda. É uma função da demanda, após calculado, divide-se o tempo disponível de produção pelo número de unidades a serem produzidas (ALVARES; ANTUNES, 2001). Sabendo-se que a célula de rotomoldagem trabalha em dois (2) turnos de oito (8) horas, com uma (1) hora de intervalo por turno, com a demanda do cliente de 96 peças por dia, tem-se:

foi feito um estudo para balancear o tempo de ciclo das operações. Analisando a tabela 1, com vistas ao novo *layout*, visualizou-se que algumas atividades poderiam ser melhor distribuídas, complementando os tempos de atividades que AV dos operadores, cuja operação estava mais desbalanceada. Nessas tentativas, destacou-se a alternativa de diminuir o número de operadores do processo de seis para quatro pessoas. Para isso, as principais mudanças no novo balanceamento foram: o operador um (1) não teve alterações; o operador dois (2) agregou as principais atividades de rotomoldagem, antes executadas pelos operadores 2, 3 e 4; o operador três (3) ficou responsável pelas principais atividades, antes executadas pelo operador cinco (5) e o operador quatro (4) agregou atividades, antes executadas pelo operador cinco (5) pelo operador seis (6).

A nova proposta de *layout* ou *layout* futuro está apresentada na figura 8 e o balanceamento correspondente está representado graficamente na figura 9.

Com a elaboração de um novo fluxo de atividades e melhor distribuição das tarefas, pode-se visualizar no gráfico que os tempos de atividade de cada operador estão menos distantes do *takt time* da célula, quando comparado à situação atual (figura 6). Isso mostra que o balanceamento das operações melhorou. Outro aspecto positivo foi o aumento da proporção das atividades que AV sobre as atividades que NAV, fato que pode ser visualizado pelo aumento da predominância do cinza escuro em relação aos demais, no gráfico da figura 9.

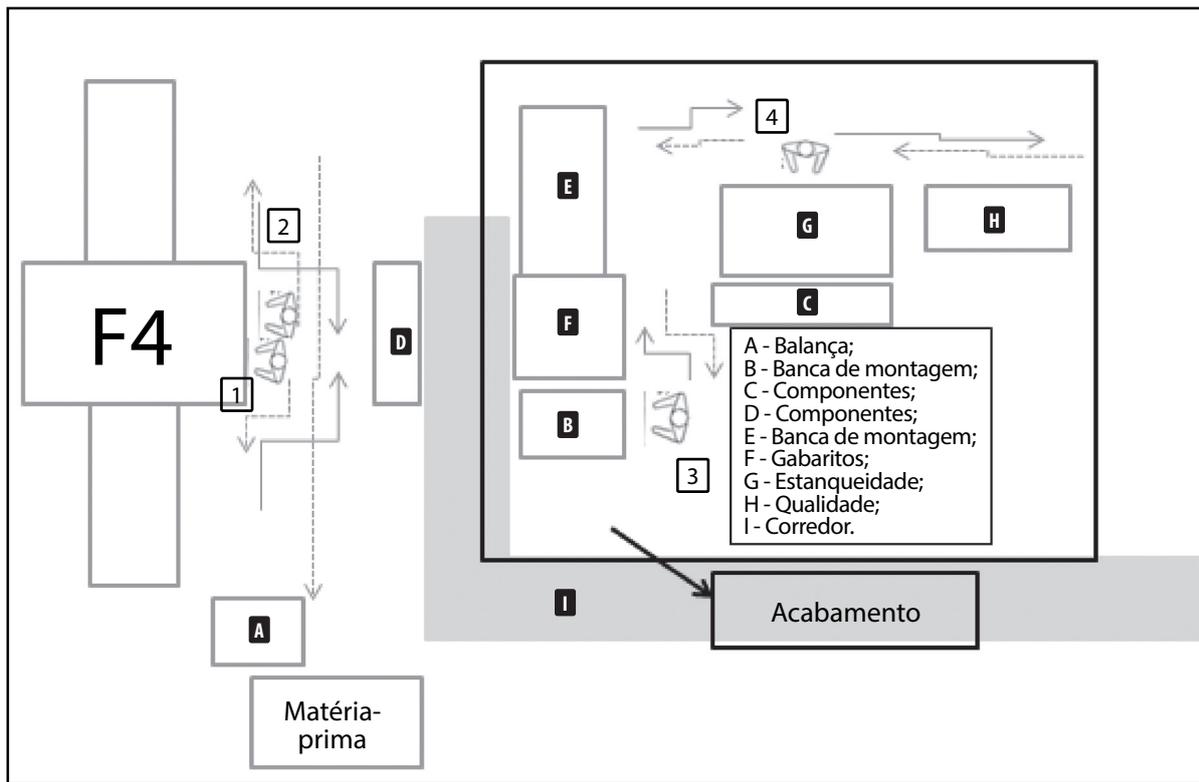


Figura 8 - Layout do processo futuro  
Fonte: Os autores (2017).

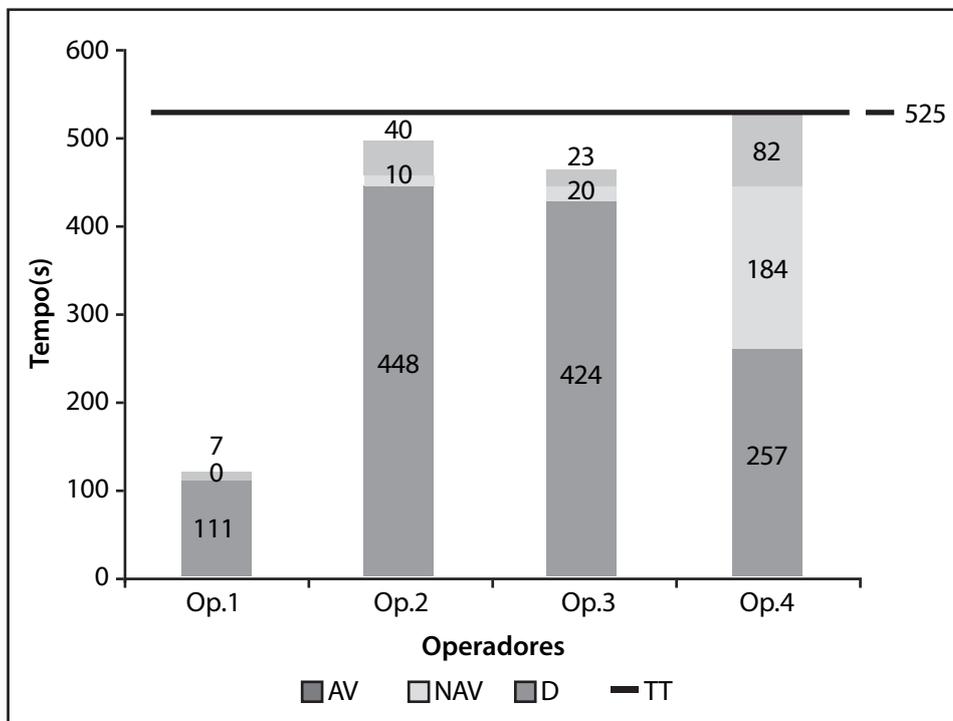


Figura 9 - Balanceamento futuro das atividades do processo  
Fonte: Os autores (2017).

c) Utilizar supermercados para controlar a produção, onde produzir em fluxo não é possível

Os conjuntos tanques de combustíveis são peças consideradas grandes, de difícil armazenamento, e o fluxo dentro do processo requer espaço para transporte da fábrica até a expedição.

Na operação de montagem do conjunto sucção e retorno, avaliou-se e a necessidade dos componentes chegarem até a célula de produção pré-montados, onde os parafusos de fixação e a vedação do conjunto sucção e retorno seriam pré-montados em um posto de trabalho anterior e armazenados em um supermercado para fornecimento na célula de produção. A alteração, aprovada pelos gestores da empresa, diminuirá a ocorrência de mistura de componentes.

d) A programação da produção deve ser feita em um único processo

Na proposta de *layout*, apresentada na figura 8, é possível observar que a programação da produção deve ter como processo puxador a primeira atividade de acabamento, pois todos os conjuntos passam por essa operação, e é possível ter um fluxo contínuo das atividades operacionais.

O processo puxador é representado pelo operador três (3), no *layout* proposto na figura 8. Pela primeira operação do acabamento, já é possível perceber uma proximidade maior também entre os operadores e a redução da área ocupada.

#### 4.2 Mapa e ações necessárias à implementação da situação futura

O mapa da situação futura foi sendo concebido, a partir de cada elemento exposto e analisado na seção anterior, representado na figura 10. Para sua implementação, foram elencadas as seguintes ações:

- alterar o *layout* da célula de rotomoldagem (célula 4), permitindo uma aproximação física maior entre as operações e diminuindo o deslocamento dos operadores;
- distribuir os componentes para a montagem nos respectivos postos operativos, conforme a necessidade de produção, evitando altos estoques dos mesmos em processo; os conjuntos sensores de combustível e conjunto tubo de sucção e retorno devem ser pré-montados na área do almoxarifado, diminuindo o tempo de processo na célula de produção;
- modificar as bancas de montagem e testes dos operadores três (3) e quatro (4) para melhorar a ergonomia e segurança nos postos de

trabalho, pois o tanque de combustível é um produto pesado e de grandes dimensões, por isso o manuseio operacional adequado é essencial para o desenvolvimento das atividades;

- revisar os documentos de processo, para viabilizar tecnicamente as alterações propostas;
- implantar programa 5S na empresa, onde os colaboradores deverão ser treinados, criando um sistema de posição permanente de ferramentas e uma comissão que estará responsável pelas auditorias de avaliação;
- utilizar efetivamente os indicadores do processo que monitoram rejeitos, manutenção de molde e mecânica, retrabalhos, devoluções e garantias, atraso de pedidos e estoque (inventário);
- elaborar planos anuais para treinamento contínuo e gradual em metodologia *kaizen* e *Lean Manufacturing*.

Ao final deste artigo, nem todas as ações necessárias para a obtenção das mudanças, indicadas na célula de rotomoldagem, haviam sido implementadas. Porém, itens importantes para o desenvolvimento de um sistema enxuto já estão finalizados. Das oito (8) ações propostas para a mudança na rotomoldagem, foram realizadas, até o momento, a implantação de programa 5S, implantação da metodologia *kaizen* e acompanhamento de indicadores do processo.

#### 5 Considerações finais

O estudo realizado evidencia a relevância das melhorias para os processos industriais. A ferramenta do Mapeamento do Fluxo de Valor mostrou-se eficaz na análise de dados, conforme resultados vistos no Mapeamento da Situação Futura.

Na análise realizada, verificou-se as atividades que agregam e as que não agregam valor ao processo. Considerando a célula de produção estudada, as atividades que agregam valor (AV) ao produto somaram 1326s, sendo que as atividades que não agregam valor (NAV) somaram 326s, indicando que o processo possui um valor agregado superior, diminuindo o custo do produto para o cliente final.

O mapeamento do processo permitiu identificar os desperdícios no fluxo do processo, como o tempo de espera elevado em algumas operações, visto no Mapeamento do Fluxo de Valor inicial; tempo de deslocamento entre as operações excessivo; excesso de componentes armazenados na produção e falta de organização nos postos de trabalho. O conjunto das informações coletadas permitiu a definição das ações de melhoria na produção de tanques de combustíveis.

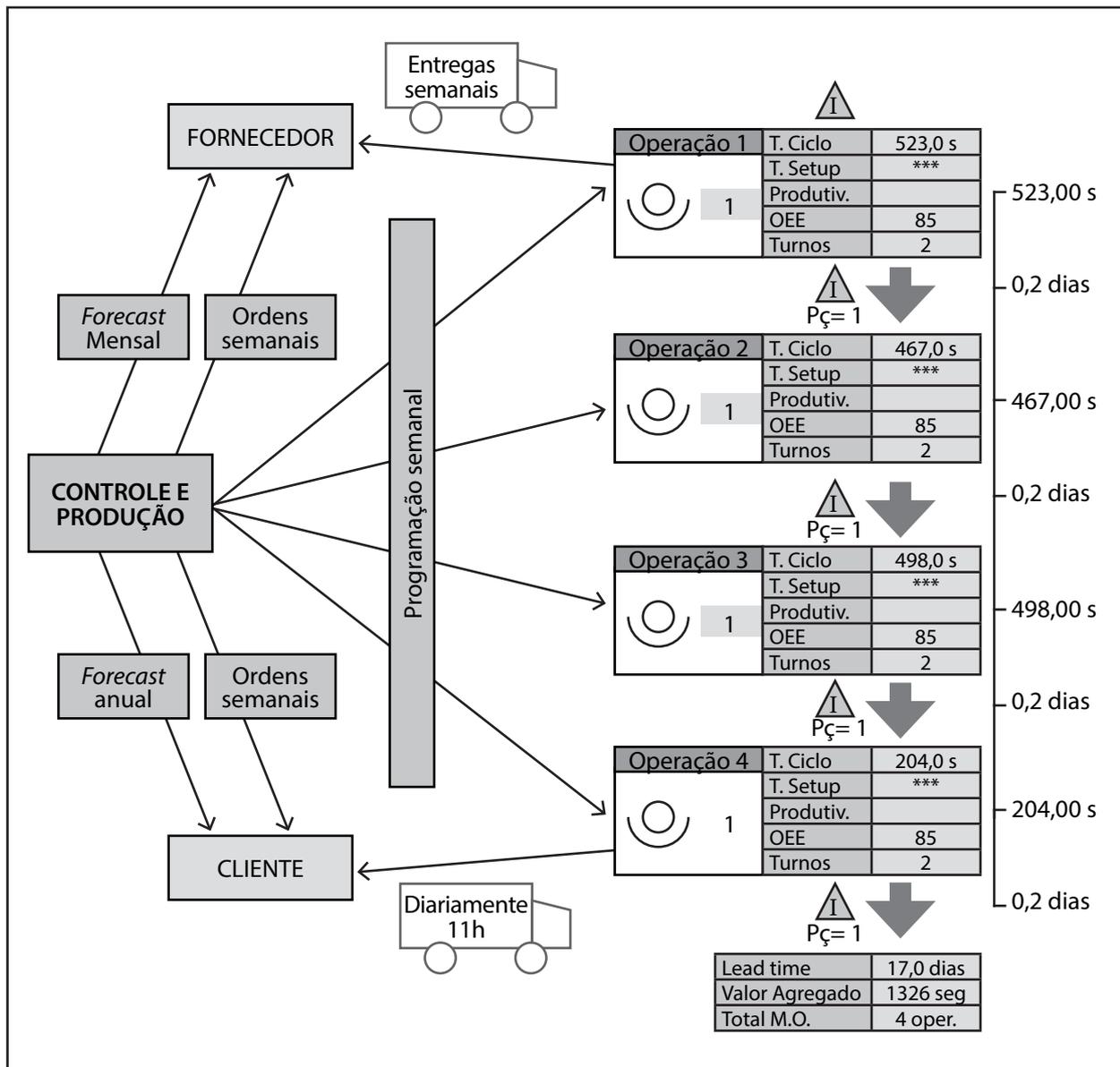


Figura 10: Mapa da situação futura  
Fonte: Os autores (2017).

Através do trabalho realizado, pode-se concluir também que a ferramenta de MFV é importante para conhecer o processo, porém sem os conceitos do sistema *Lean Manufacturing* se torna restrita e para um aproveitamento maior dessa ferramenta se faz necessário que os colaboradores sejam treinados sobre os conceitos básicos de produção enxuta. Os resultados serão satisfatórios, somente com o envolvimento de todos os colaboradores.

**Referências**

ALVAREZ, R. R.; ANTUNES JR., J. A. V. Takt time: contexto e contextualização dentro do **Sistema**

**Toyota de produção. Revista Gestão & Produção**, v. 8, n. 1, p. 1-18, 2001.

ARAUJO, C. A. C.; RENTES, A. F. A metodologia Kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta. **Revista Gestão Industrial**, v. 2, n. 2, p. 126-135, 2006.

BARROSO, C. **Proposta de aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma linha de montagem de “LOck Sets”**. 2009. 49 f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica – Automação e Sistemas) - Universidade São Francisco, Itatiba, 2009.

- BESSANT, J. *et al.* Rediscovering continuous improvement. **Technovation**, v. 14, n. 1, p. 17-29, 1994.
- GHINATO, P. **Sistema Toyota de produção**: mais do simplesmente Just-in-time. Caxias do Sul: EDUSC, 1996.
- GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F. Manufatura Enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. **Gestão e Produção**, v. 11, n. 1, p. 1-19, 2004.
- GONZALEZ, R. V. D.; MARTINS, M. F. Melhoria contínua no ambiente ISO 9001:2000: estudo de caso em duas empresas do setor automobilístico. **Produção**, v. 17, n. 3, p. 592-603, 2007.
- HINES, P.; TAYLOR, D. **Going lean**: a guide to implementation. Cardiff: Lean Enterprise Research Center, 2000.
- LIKER, F. K. **Modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LIMA, D. F. S. *et al.* Mapeamento do fluxo de valor e simulação para implementação de práticas Lean em uma empresa calçadista. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 1, p. 366-392, 2016.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração**: da revolução urbana à revolução digital. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- NAZARENO, R. R. **Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistemas de produção enxuta**. 2003. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- OHNO, T. O. **Sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- POJASEK, R. B. Mapping information flow the production process. **Environmental Quality Manger**. v. 13, n. 3, p. 89, 2004.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- SHINGO, S. **Sistema Toyota de produção**: do ponto-de-vista de engenharia de produção. Porto Alegre: Bookmann, 1996.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- SIQUEIRA, J. **O sistema de custos como instrumento de apoio ao processo decisório**: um estudo multicaso em indústrias do setor metal-mecânico da Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2005. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Gestão e Cidadania) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2005.
- SUZAKI, K. **The new manufacturing challenge**: techniques for continuous improvement. New York: The Free, 1987. p. 25-31.
- VIEIRA, M. **Aplicação do mapeamento de fluxo de valor para avaliação de um sistema de produção**. 2006. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001.

