

# UTILIZAÇÃO DO VALUE STREAM MAPPING NO FLUXO DE VALOR DO AGENTE REDUTOR DE ÓXIDO DE NITROGÊNIO – ARLA 32

**Juliana Prudente**

prudente\_juliana@yahoo.com.br

**Liliane da Dias**

eproducao.liliane@gmail.com



*Esta pesquisa tem como objetivo analisar o fluxo de valor da produção do Agente Redutor Líquido de Óxido de Nitrogênio (ARLA 32) de uma planta produtiva, buscando a identificação dos desperdícios contidos no processo, das etapas agregadoras de valor e das possíveis melhorias. O procedimento utilizado foi o estudo de caso, com observação in loco e entrevistas não estruturadas, além da coleta de dados secundários e pesquisa documental na planta produtiva. Foram obtidos ganhos consideráveis na redução do tempo total do processo, com base nos princípios do fluxo contínuo e da utilização de supermercados do Lean Manufacturing. Como principal resultado foi desenvolvido um fluxo de valor futuro do ARLA 32, tornando-o mais enxuto e econômico. Desta forma, as futuras negociações comerciais do produto podem apresentar margens de lucro melhores quando comparadas às obtidas antes da implementação das oportunidades de melhorias identificadas.*

*Palavras-chave: Mapeamento do Fluxo de Valor, Manufatura Enxuta, ARLA 32*

## 1. Introdução

O Agente Redutor Líquido de Óxido de Nitrogênio Automotivo - ARLA 32 foi desenvolvido para atender ao Proconve P7 (Programa de controle de poluição de ar por veículos automotores), instituído pelo Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e vigente desde janeiro de 2012. O Proconve P7 é equivalente à norma europeia EURO V. Trata-se da sétima fase de um programa de diminuição progressiva de emissão de gases, que garante que os veículos e motores lançados a partir de 2012 funcionem dentro dos limites de emissões permitidos.

Para que os limites de emissões impostos pelo Proconve P7 sejam atendidos, devem ser realizadas modificações nos motores, implementação de sistemas de pós-tratamento dos gases de escapamento e produção de diesel com teor de enxofre reduzido.

A criação Proconve P7 impulsionou o mercado do ARLA 32, com isso a organização objeto desta pesquisa passou a canalizar esforços nas operações para esse produto em 2012 e atualmente o comercializa a nível nacional além de ter 800% de aumento no volume vendido do ano de 2012 para 2015.

Apesar de toda a regulamentação por trás do processo de fabricação do ARLA 32, sua produção é considerada simples, o que faz com que este produto possua um baixo valor agregado e, por isso, algumas negociações geram margens negativas.

No entanto, sua comercialização é estratégica para a organização, pois garante sua permanência tanto no mercado de ARLA 32 como no mercado de diesel, já que os clientes consumidores de diesel são também consumidores do ARLA 32. A partir do exposto, esta pesquisa tem por objetivo analisar as oportunidades de melhoria na cadeia de valor do ARLA 32, através da redução dos desperdícios definidos na filosofia *Lean Manufacturing* e na utilização da ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM), viabilizando desta forma a obtenção de melhores margens comerciais para a organização.

O artigo está estruturado em mais seis seções além desta, que apresentam a revisão bibliográfica a cerca do VSM, a metodologia adotada no desenvolvimento da pesquisa, a descrição do processo produtivo e os mapas atual e futuro do fluxo de valor do ARLA 32 e as conclusões da pesquisa.

## 2. A ferramenta *value stream mapping*

O *Value Stream Mapping* é uma ferramenta do *Lean Manufacturing*, desenvolvida pela *Toyota Motor Company* para o mapeamento do fluxo de valor. O fluxo de valor é definido por Rother e Shook (2003) como toda ação, agregando ou não valor, necessária para que um produto passe por todos os fluxos essenciais à sua concepção, ou seja, é o fluxo de produção desde a matéria-prima até o ponto de consumo.

O fluxo de produção trata não só do movimento do material dentro da fábrica, como também do fluxo de informação, que é o responsável por informar a cada processo o que fabricar ou executar. Para a filosofia *Lean Manufacturing*, o fluxo de informação deve ser tratado com a mesma relevância do fluxo de material.

Para Womack e Jones (2004), o VSM é a observação direta dos fluxos de informação e de materiais conforme eles ocorrem, resumindo-os em um mapa visual da situação atual e vislumbrando um estado futuro com melhor desempenho. O mapa da situação atual permite a clara visão dos processos de manufatura e seus desperdícios, bem como suas fontes, o que auxilia no projeto de otimização do fluxo e na eliminação das perdas.

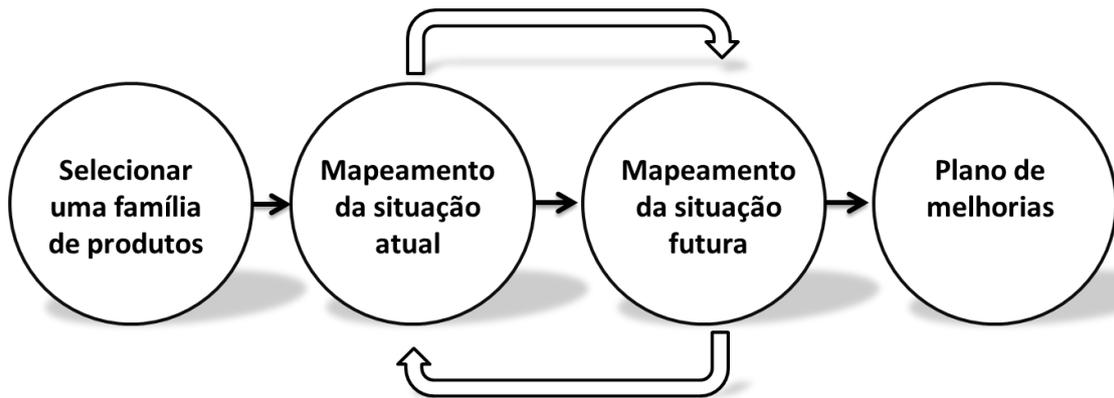
O VSM é uma ferramenta de melhoria contínua que cria uma espécie de *looping*, um círculo virtuoso, que após se implementar ações para alcançar o mapa da situação futura, este torna-se o mapa da situação atual e então, o VSM será novamente aplicado para que sejam elaboradas novas ações de melhoria para se atingir um novo mapa da situação futura. (LOIOLA, 2015).

Nas subseções que se seguem são descritas as etapas de aplicação do VSM e são apresentadas métricas para análise do mapa do fluxo de valor.

### 2.1. Etapas de aplicação do VSM

Rother e Shook (2003) definiram quatro etapas para a implementação do VSM, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Etapas do mapeamento do fluxo de valor



Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme exposto da Figura 1, a primeira etapa consiste em selecionar uma família de produtos para ser analisada. O segundo passo é o mapeamento do estado atual a partir de dados coletados no chão de fábrica. Quanto maior o detalhamento dessas informações, melhor será o desenvolvimento do mapa do estado futuro. Nessa etapa, todas as atividades devem ser documentadas, inclusive as que não agregam valor, bem como o tempo de execução de cada uma.

Após a identificação de todos os passos do processo, se fazem os fluxos do material e informação, comparando-os sempre com os princípios do *Lean Manufacturing*. Durante o mapeamento se indica o nível dos estoques ao longo do fluxo de valor e a linha do tempo é construída.

Na terceira etapa gera-se, com base no mapa da situação atual, o mapa da situação futura, vislumbrando as melhorias necessárias para que os princípios do *Lean Manufacturing* sejam implementados e os desperdícios sejam eliminados. Na prática, as etapas dois e três não ocorrem de forma totalmente separada e sequencial, e sim de forma simultânea.

De acordo com Womack e Jones (2004), o primeiro passo para desenhar o mapa da situação futura é questionar se cada estágio do fluxo de valor está realmente agregando valor para o produto. Retrabalhos e armazenagem de produtos raramente agregam valor para o cliente, e estes devem ser eliminados sempre que possível.

Para a elaboração do mapa do estado futuro recomenda-se colocar o máximo possível de etapas do fluxo de valor em fluxo contínuo, pois este permite a redução drástica do tempo de processamento, o que por consequência, gera uma redução dos custos. Onde não for possível

o fluxo contínuo, faz-se necessário regular o fluxo de material. É relevante também que sejam criadas condições para um sistema de produção puxada.

A quarta etapa consiste em elaborar a partir do mapa da situação futura um plano de ação e implementação das melhorias, para que o mapa da situação futura seja alcançado, tornando-se assim, o mapa da situação presente.

## 2.2. Métricas para análise do mapa de fluxo de valor

A abordagem de métricas *Lean*, definidas por Rother e Shook (2003), permitem um maior entendimento dos resultados obtidos na aplicação do VSM. As métricas utilizadas nesta pesquisa são descritas a seguir:

- *Cycle Time (T/C)* – o *cycle time* ou tempo de ciclo, pode ser definido como a frequência em que uma peça ou produto é realmente finalizado em um determinado processo;
- *Value Added Time (TAV)* – *Value Added Time* ou Tempo de Agregação de Valor é o tempo do processo que efetivamente agrega valor ao produto, ou seja, o que faz a diferença na ótica do consumidor;
- *Lead Time (L/T)* – o *Lead Time* é considerado o tempo que a peça ou o produto precisa para se mover ao longo de todo o processo ou fluxo de valor, incluindo o tempo de estocagem do produto;
- *Takt Time* – é a adequação da taxa de produção à demanda do cliente, calculado pela razão do tempo de trabalho disponível por turno pela demanda do cliente por turno.

## 3. Metodologia

Na classificação da pesquisa de acordo com os métodos empregados, Gil (2010) afirma que devem ser considerados três fatores, a natureza dos dados (pesquisa qualitativa e quantitativa), o ambiente em que são coletados (pesquisa de campo ou de laboratório) e o grau de controle das variáveis (experimental e não experimental). Com base no exposto, esta pesquisa é classificada como uma pesquisa de campo qualitativa e não experimental.

A coleta de dados foi realizada a partir de uma pesquisa documental e de entrevistas não estruturadas na organização objeto desta pesquisa. Segundo Fonseca (2002) pesquisa

documental recorre a fontes mais diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico, tais como tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios de empresas.

Segundo Mattos (2005), a entrevista não estruturada é aquela que permite que entrevistado decida pela forma que irá construir a resposta. Os entrevistados são funcionários com atividades relacionadas ao processo estudado.

Por fim, fez-se uso da técnica da observação, em que se utilizam os sentidos na obtenção de determinados aspectos presentes no processo observado. A observação foi desenvolvida com base em um estudo de caso, que segundo Yin (2001), pode ser definido como uma investigação empírica que pesquisa um evento contemporâneo no contexto real.

A coleta dos dados deu-se no mês de outubro de 2016 e teve duração de dois dias. Posteriormente os dados foram analisados para a elaboração do mapa da situação futura com a utilização do *Microsoft Visio Professional 2013*, uma ferramenta para a elaboração de fluxogramas, diagramas e mapas de fluxo, que apresenta flexibilidade, simplicidade de uso e alta qualidade.

#### **4. O processo produtivo do ARLA 32**

O processo de produção de uma batelada do ARLA 32 na planta produtiva da organização objeto desta pesquisa consiste basicamente da diluição de 10.500 litros de ureia em 21.500 litros de água tratada. A planta possui cerca de cinquenta funcionários e opera com um turno de nove horas, tendo um intervalo de uma hora para a refeição. A capacidade produtiva é de seis bateladas por dia, cada uma com um total de 32.000 litros, o que resulta em 192.000 litros de ARLA 32 por dia.

A produção do ARLA 32 está organizada nos setores de recebimento, planejamento e controle da produção, diluição, osmose, laboratório, produção de químicos, carregamento de granel, envase e rotulação de embalados, expedição e armazenamento. Para um maior entendimento do processo, abaixo segue uma descrição das responsabilidades de que cada setor:

- a) Recebimento – responsável por receber, conferir e estocar a matéria-prima que chega à planta. A equipe é formada por três funcionários. Este processo não teve seu tempo considerado no VSM, pois não foi possível observá-lo, tendo em vista o tempo

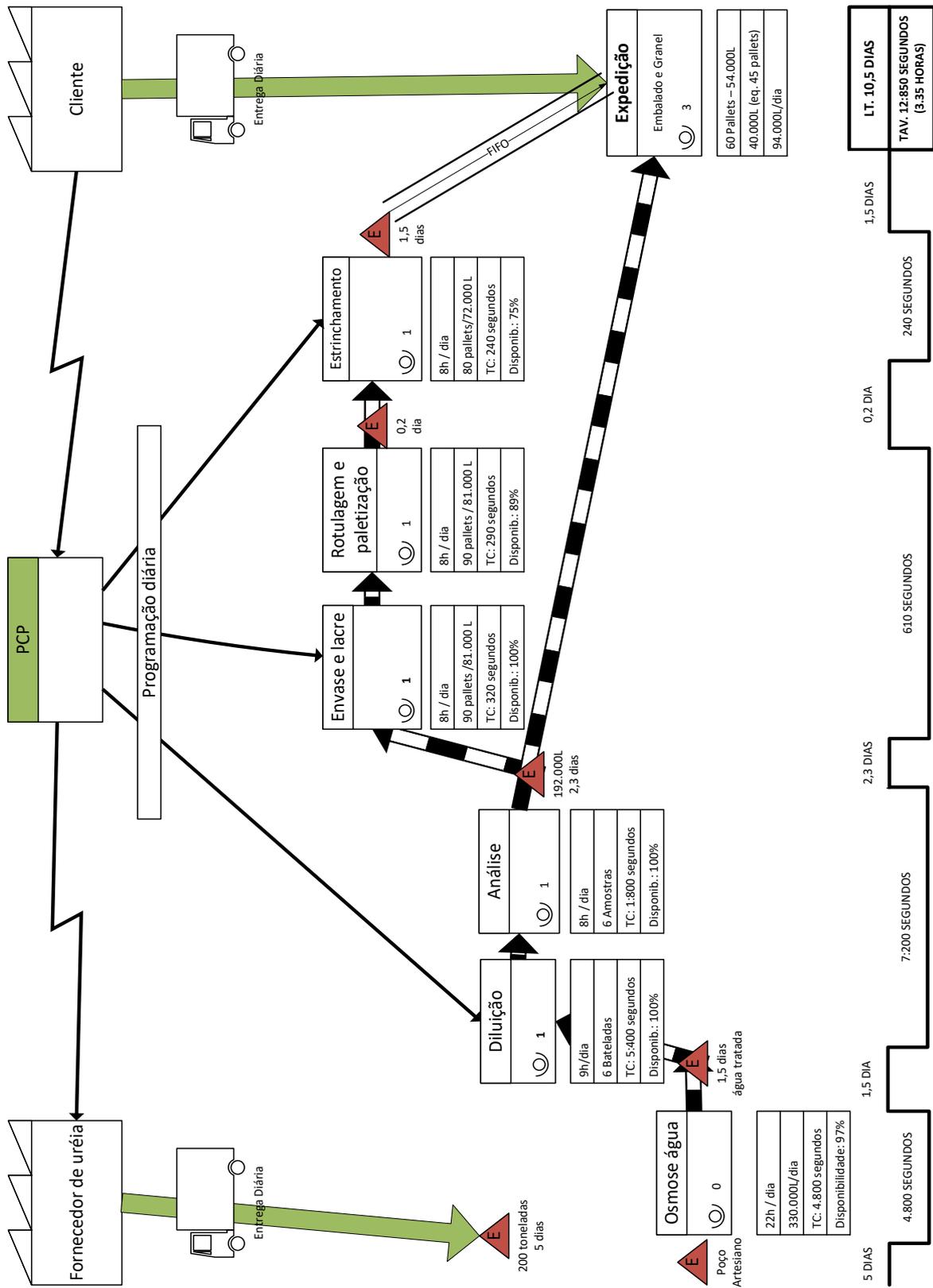
- limitado para a realização da pesquisa de campo, além do fato de não terem ocorrido recebimentos durante a visita à planta produtiva;
- b) Planejamento e Controle da Produção (PCP) – responsável por liberar os pedidos de compra de matéria-prima e as ordens de produção para os setores de diluição, envase e carregamento. A equipe possui seis funcionários;
  - c) Diluição – responsável pelo controle dos dois tanques de diluição, executando a tarefa de despejo da ureia e o controle do tempo de diluição necessário. Além de coletar as amostras que serão analisadas pelo laboratório. Conta apenas com um funcionário;
  - d) Osmose – o setor de osmose é onde ocorre o tratamento da água bruta, para que esta atinja os níveis exigidos de qualidade pela norma que regulamenta o processo. Não há funcionários designados para o manuseio da máquina, pois esta é totalmente automática. Em casos extraordinários um funcionário da manutenção é direcionado para a tarefa;
  - e) Laboratório – o laboratório realiza as análises das amostras enviadas pelo setor de diluição, com o objetivo de assegurar a qualidade do produto final. O setor possui um funcionário;
  - f) Carregamento de granel – é onde ocorre o carregamento dos caminhões de distribuição do ARLA 32 à granel. O setor conta com dois funcionários. Este setor não foi considerado no VSM, pois o produto à granel possui diferenciações no processo, devendo este, ser mapeado em um VSM diferente;
  - g) Envase, rotulação e estrinchamento – neste setor ocorre o envase de bombona de 20 litros, vedação e rotulagem a partir de um processo automatizado, e o processo de estrinchamento, em que o palete é envolto por um plástico transparente. Para as demais embalagens, tambor de 200 litros e IBC (*Intermediate Bulk Container*) de 1.000 litros, os processos de envase, vedação e rotulagem são manuais, pois apresentam um baixo volume nas vendas, o que não compensaria um investimento em equipamentos para a automatização desta parte do processo. A rotulagem é executada antes paletização e do estrinchamento da carga. A equipe conta com quatro funcionários no total, sendo um supervisor;
  - h) Carregamento de embalados e armazenamento – local onde é realizado o carregamento dos caminhões que atendem aos pedidos de produtos embalados e a alocação dos paletes extras no estoque. Possui apenas um funcionário;

- i) Expedição – local onde é feita a conferência e liberação dos caminhões carregados, tanto para produtos fracionados, quanto para produtos à granel. A equipe é formada por três funcionários.

#### 4.1 Mapa atual do fluxo de valor do ARLA 32

Para a execução do mapa foi considerado um palete como *output*, ou seja, como uma unidade do produto acabado. Cada palete é formado por um total de 45 bombonas de 20 litros, logo, tem-se 900 litros por palete. O palete foi considerado o *output* do processo por ser o pedido mínimo de compra. A Figura 2 representa o mapa da situação atual do fluxo de valor do ARLA 32.

Figura 2 - Mapa de fluxo de valor do estado atual do ARLA 32

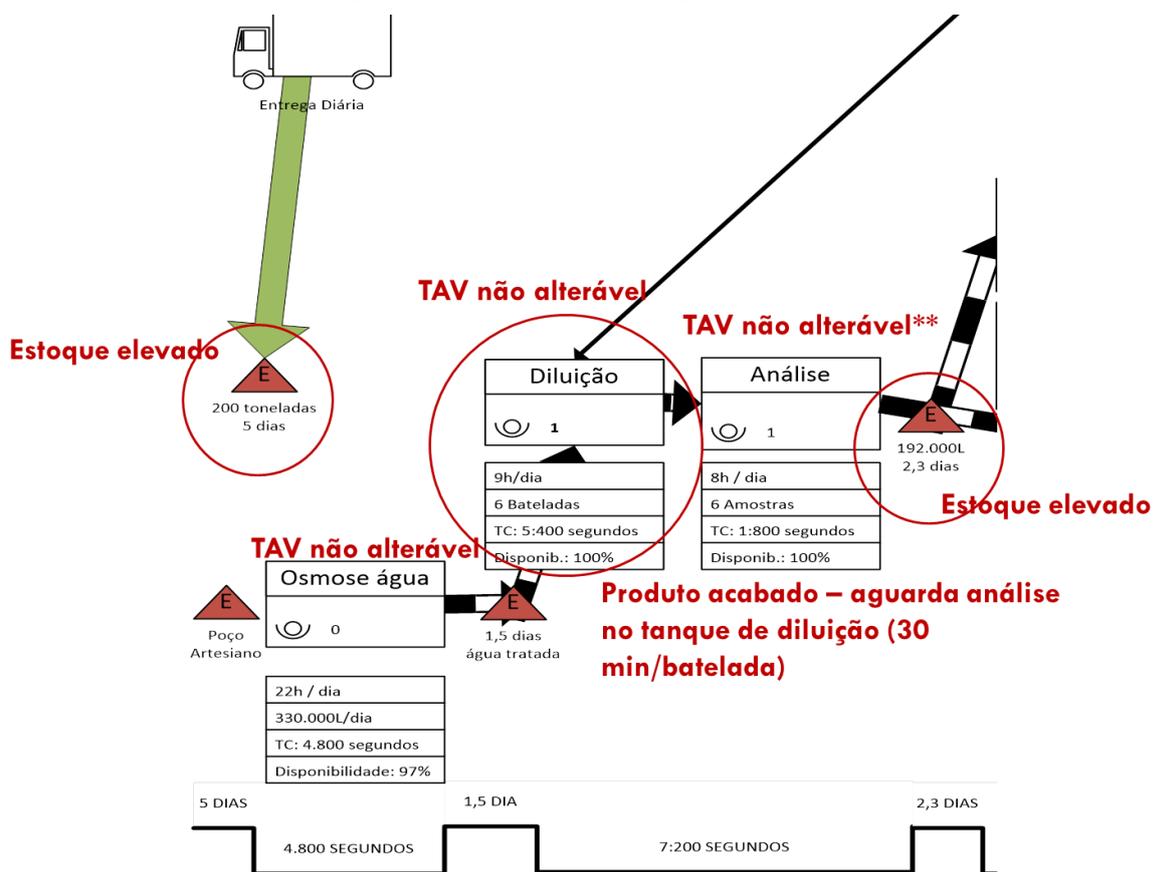


Fonte: Elaborado pelos autores

O atual processo de produção das três primeiras etapas é completamente empurrado, baseado na estratégia *make to stock*, sendo a capacidade de produção de cada etapa utilizada como rédea para determinar o volume a ser produzido diariamente. A redução do volume a ser produzido ocorre apenas em casos extraordinários, como por exemplo, a falta de espaço para armazenamento, falha ou falta de matéria-prima. Essas etapas apresentam TAV não alterável para os parâmetros desse estudo, tendo em vista que ele não possui o objetivo de propor alterações no processo produtivo em si, ou seja, no tempo de diluição ou volume diluído na batelada.

Na análise parcial dessas três primeiras etapas, é possível identificar alguns pontos de atenção, conforme exposto na Figura 3.

Figura 3 - Pontos de atenção dos processos iniciais

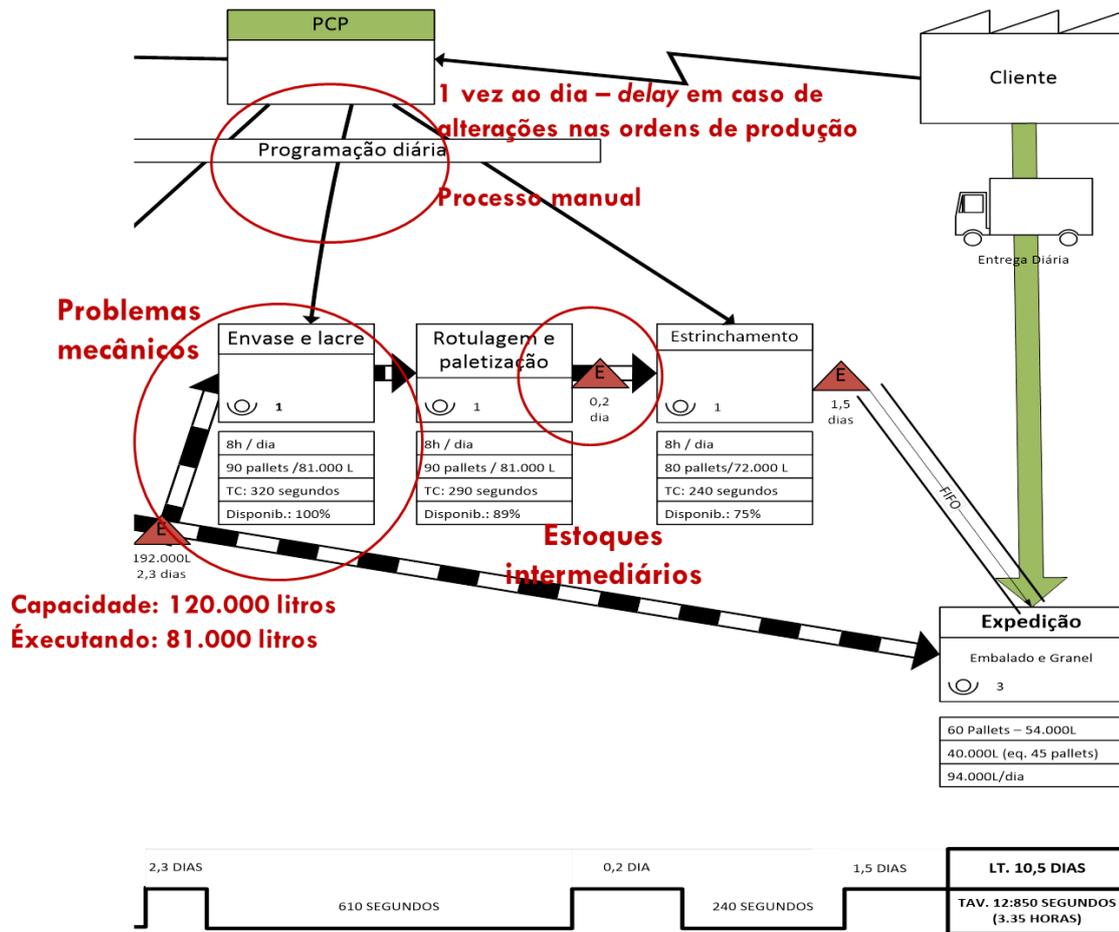


Fonte: Elaborado pelos autores

Já as demais etapas do processo, podem ser consideradas mistas, pois variam de acordo com os pedidos do dia, no entanto, ainda geram estoque nos dias em que o volume de pedidos está abaixo da capacidade produtiva.

Nos processos seguintes, podem ser destacados alguns outros pontos de atenção. A Figura 4 evidencia a existência de um gargalo no processo. A etapa em que são executados o envase e o lacre da embalagem trabalha atualmente com um nível de disponibilidade de 100%, enquanto os processos subsequentes – rotulagem/paletização trabalha nos níveis de 89% e 75%, respectivamente, tendo assim, capacidade ociosa.

Figura 4 - Pontos de atenção dos processos finais



Fonte: Elaborado pelos autores

Durante a visita, pôde-se perceber que a etapa onde ocorrem o envase e o lacre apresentou baixa produtividade, pois a máquina apresentava problemas ao lacrar algumas bombonas, o que exigia que um dos funcionários ficasse dedicado durante todo o processo a checar e ajustar manualmente a tampa de cada bombona. Tal prática resultou na redução do ritmo de envase da máquina, etapa anterior no processo, o que explica sua capacidade ociosa.

De acordo com as especificações da máquina de envase, sua capacidade está em torno de 15.000 litros por hora, ou seja, 120.000 litros no final de um turno de 8 horas. No entanto,

devido aos problemas mecânicos apresentados, o envase por turno está em torno de 81.000 litros, cerca de 10.200 por hora.

Outro ponto de atenção é a disponibilidade da última etapa do processo, o estrinchamento. Esse processo conta com apenas um funcionário que, além de realizar o estrinchamento dos paletes, possui a responsabilidade em envasar e rotular manualmente as demais embalagens – IBC de 1.000 litros e tambor de 200 litros, o que reduz sua produtividade e gera estoque intermediário.

O somatório dos tempos obtidos resulta em um *lead time* do produto de aproximadamente 10 dias, sendo seu tempo de agregação de valor de aproximadamente 12.850 segundos, aproximadamente 214 minutos, ou 3 horas e 34 minutos, sendo este tempo referente ao TAV total para um palete com 45 bombonas de 20 litros cada, por ser este o pedido mínimo praticado, considerando que os processos iniciais - osmose, diluição e análise - apresentam maiores tempos de agregação de valor (TAV), por ocorrerem em batelada.

Na análise dos cenários de estoque, principalmente em relação ao estoque de ureia, em que a política da empresa é manter quantidade suficiente para cinco dias produção, pode-se perceber que está em desequilíbrio com o estoque de água tratada, que possui volume suficiente para apenas um dia e meio de produção.

Foi identificada no mapeamento do fluxo de valor atual do ARLA 32 a falta de tempos padrões de produção. Durante a visita à planta produtiva, foi possível identificar que cada setor possuía apenas a sua percepção local de tempo de produção, sendo todas as respostas dos funcionários entrevistados divergentes entre si. Esse fator gera uma visão limitada do funcionário e ele acaba não tendo a real noção do impacto da sua produtividade no processo global.

Por último, foi verificada uma instabilidade no fluxo de informação, no qual o PCP é responsável por emitir todas as ordens de trabalho que deverão ser executadas no dia seguinte, para todas as etapas do processo. Essas ordens de trabalho são impressas pelo PCP e armazenadas em uma pasta localizada na recepção da planta.

Assim, o primeiro funcionário do setor que chega ao local de trabalho fica responsável por passar na recepção e coletar as ordens de trabalho para o dia. Qualquer alteração na ordem de

trabalho é passada pelo PCP, que possui a responsabilidade de levar até o local em que ocorre o processo as alterações impressas. Esse processo pode gerar atraso na comunicação.

A partir das dificuldades apresentadas e da retratação do fluxo de valor do estado atual do ARLA 32 foram identificadas oportunidades concretas de aplicação dos princípios *Lean* no processo a partir da proposta de um VSM futuro, que pode ser observado na seção 4.2.

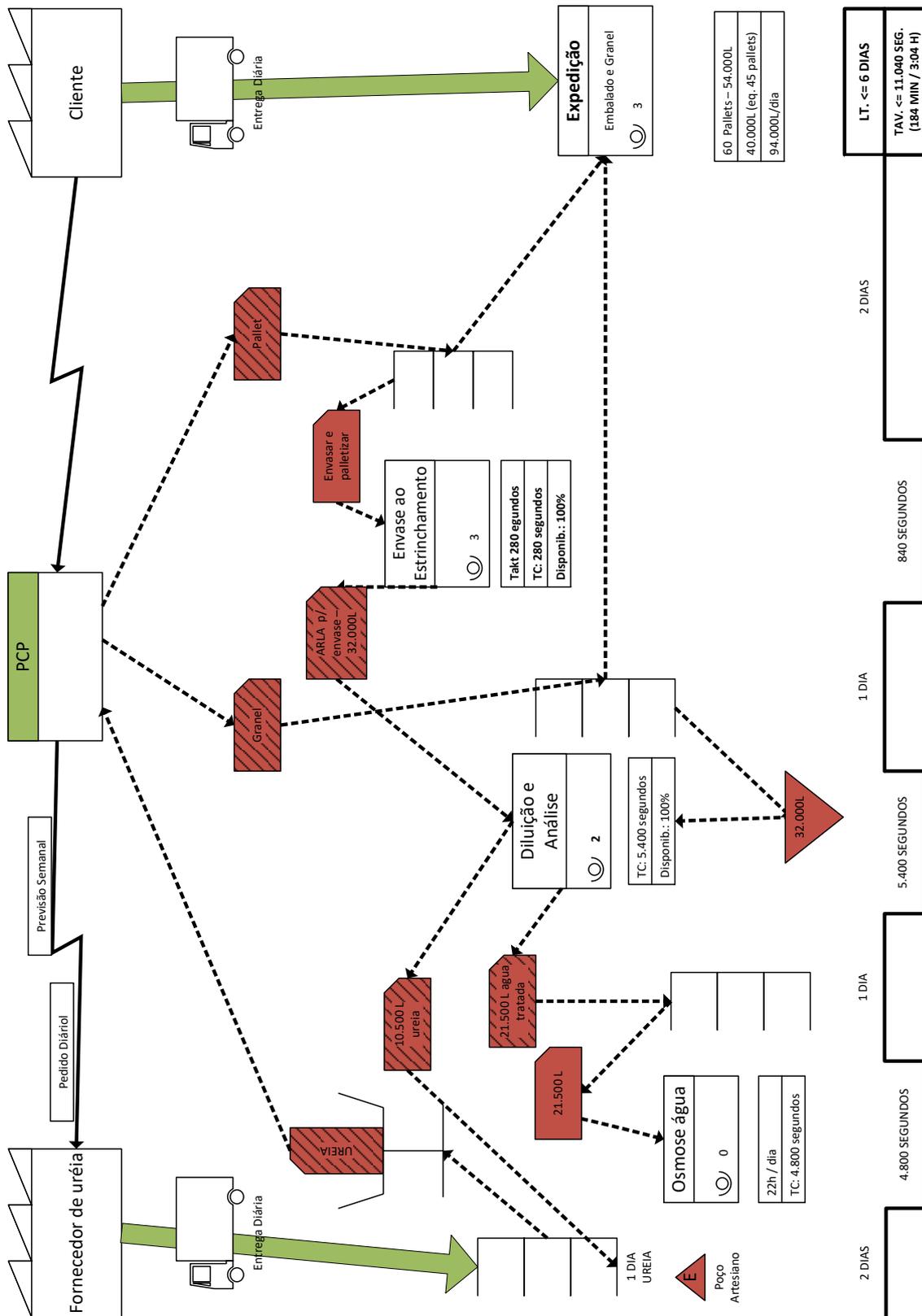
#### 4.2. Proposta do mapa futuro do fluxo de valor do ARLA 32

Para a viabilização do fluxo futuro de material e informação foram identificadas oportunidades de melhoria no processo, conforme é descrito a seguir:

- Manutenção corretiva na máquina de envase, com o objetivo de reduzir o tempo de ciclo do processo;
- Substituição do estoque inicial de ureia de cinco dias por controle de estoque via *kanban*, uma vez que as entregas de ureia são realizadas diariamente. Desta forma a cada retirada de ureia, um *kanban* seria enviado diretamente ao PCP para reabastecimento do estoque;
- Criação de um supermercado localizado antes da expedição que seja responsável por puxar o processo como um todo;
- Criação de um processo de manutenção preventiva, que é uma opção mais barata do que a preditiva e uma opção melhor do que a corretiva, e é o método utilizado pela planta produtiva atualmente;
- Melhorias no processo de envase e rotulação das demais embalagens – IBC e tambor, que atualmente é realizado de forma totalmente manual. O que afeta a produtividade do funcionário alocado no processo de estrinchamento;
- Estudo da possibilidade de armazenamento do ARLA 32 durante a etapa de análise em um tanque anexo, deixando o tanque de diluição livre para a próxima batelada;
- Melhorar o fluxo de informação entre PCP e as demais áreas do processo. O processo atual é ineficiente em casos de troca de prioridade ou troca efetiva da ordem de produção.

Com base na análise de todos os pressupostos acima, uma proposta de VSM de situação futura é apresentada na Figura 5.

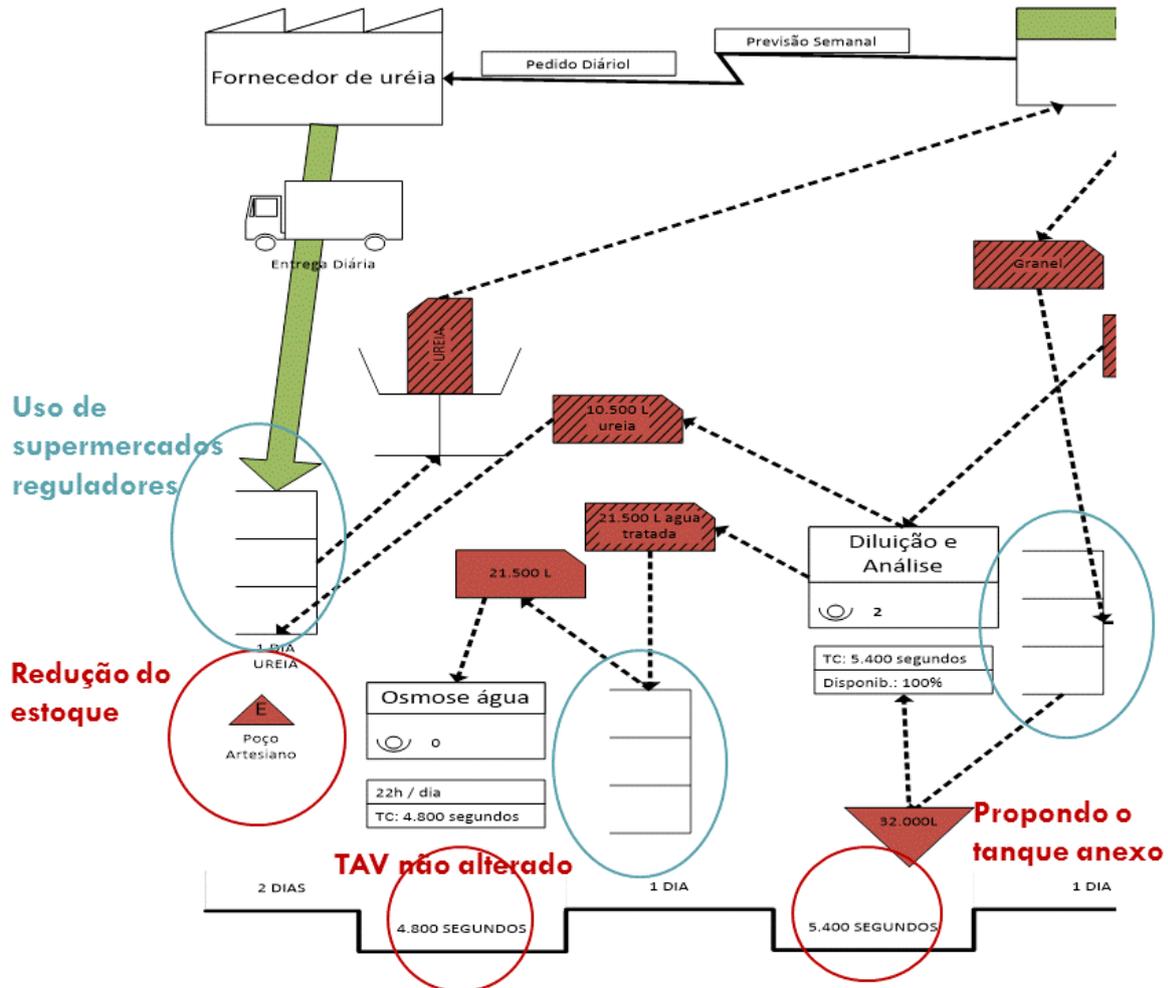
Figura 5 - Proposta de mapa de fluxo de valor do estado futuro do ARLA 32



Fonte: Elaborado pelos autores

Na análise do mapa de fluxo de valor futuro, pode-se identificar as melhorias nos processos iniciais, mesmo não tendo alteração no TAV do processo de osmose. A Figura 6 destaca as alterações propostas para os processos iniciais.

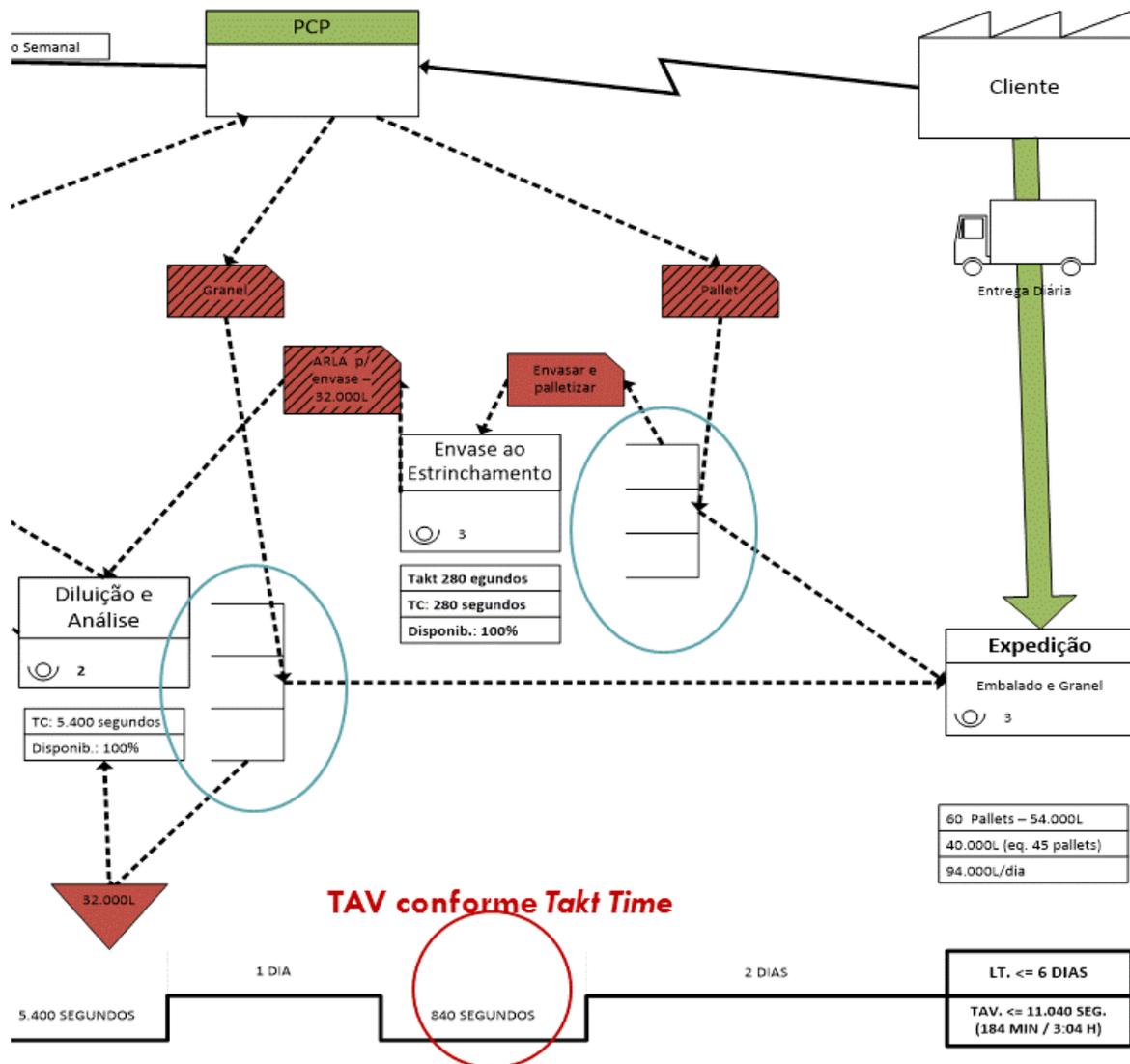
Figura 6 - Melhorias no fluxo de valor dos processos iniciais



Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 7 é possível verificar as melhorias propostas para os processos finais.

Figura 7 - Melhorias no fluxo de valor dos processos finais



Fonte: Elaborado pelos autores

O mapa do fluxo de valor do estado futuro do ARLA 32 apresenta o *lead time* de produção reduzido, o que, sendo combinado com o uso de supermercado e de um processo puxador que opere de forma consistente e em de acordo com o *Takt Time*, garante à planta produtiva a

possibilidade de redução dos seus estoques iniciais e finais, tendo um baixo risco envolvido na operação.

## 7. Conclusão

A comparação entre os mapas dos estados atual e futuro permite dimensionar o impacto e o potencial das ações propostas. Inicialmente identificou-se a implementação do fluxo contínuo em alguns processos, o que eliminou os estoques intermediários desnecessários. Foram implementados supermercados no fluxo de valor do ARLA como reguladores do fluxo de produção, o que permitiu a redução dos estoques praticados. Houve uma redução de 1.810 segundos no TAV global, ou seja, 14 minutos, além de uma impactante redução de 52% no *lead time*, ou seja, de 5,5 dias. Tais ações geram um fluxo de valor mais enxuto e eficiente, o que por sua vez, impacta nos custos envolvidos no sistema, podendo desta forma, o ARLA 32 apresentar melhores margens comerciais sem alterar o preço de venda já praticado.

Como proposta para pesquisas futuras, os desafios seriam o desenvolvimento de um método de custeio que possibilitasse contabilizar os reais ganhos financeiros com as melhorias propostas, bem como a condução de um estudo de melhoria de *Layout*, com o intuito de aproximar as etapas onde foi criado o fluxo contínuo. Além disso, há a possibilidade da aplicação da ferramenta nas demais plantas de produção do ARLA 32, resultando em ganhos ainda maiores para a organização.

## REFERÊNCIAS

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LOIOLA, D. **Value Stream Mappin: uma revisão sistemática da literatura**. Rio de Janeiro: Puc-Rio, 2015. 110 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MATTOS, L. **A entrevista não estruturada como forma de conversação**. RAP, Rio de Janeiro, V. 39, n. 4, p. 823-47, Jul./Ago. 2005. Disponível em: <[http://cmapspublic.ihmc.us/rid=1HXT2LHJX-JPHT4Y-78M/MATTOS-Pesq.NA\\_oEstrutura2005.pdf](http://cmapspublic.ihmc.us/rid=1HXT2LHJX-JPHT4Y-78M/MATTOS-Pesq.NA_oEstrutura2005.pdf)>. Acesso em: 19 nov. de 2016.

ROTHER M.; SHOOK, J.. **Aprendendo a enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício**. São Paulo: Lean Institute do Brasil, 2003.

WOMACK, J. P, JONES, D.. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** 11. reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

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