UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ROTEIRO PARA APLICAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA NO PROCESSO FABRIL DE EMPRESAS RECICLADORAS

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE

PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE

POR

ANTONIO CARLOS WANDERLEY FILHO

Orientadora: Professora Danielle Costa Morais, D.Sc.

RECIFE, SETEMBRO DE 2008

Wanderley Filho, Antonio Carlos
Roteiro para aplicação do sistema de produção enxuta no processo fabril de empresas recicladoras / Antonio Carlos Wanderley Filho. – Recife : O Autor, 2008.
viii, 61 folhas: il., fig., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia de Produção, 2008.

Inclui bibliografia e anexos

1. Engenharia de produção – Gerência de produção. 2. Sistemas de produção – Produção enxuta – Reciclagem. I. Título.

658.51	CDU (2.ed.)	UFPE
658.5038	CDD (22.ed.)	BC - 2008 - 142

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA

DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE

MESTRADO PROFISSIONAL DE

ANTONIO CARLOS WANDERLEY FILHO

"Roteiro para Aplicação no Sistema de Produção Enxuta no Processo Fabril de Empresas Recicladoras"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GERÊNCIA DA PRODUÇÃO

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o candidato ANTONIO CARLOS WANDERLEY FILHO **APROVADO.**

Recife, 30 de setembro de 2008.

Profa. DANIELLE COSTA MORAIS, Doutor (UFPE)

Prof. CRISTIANO ALEXANDRE VIRGÍNIO CAVALCANTE, Doutor (UFPE)

Prof. ANTONIO DE VASCONCELLOS CARNEIRO CAMPELLO, Doutor (UFPE)

AGRADECIMENTOS

À Lean Way Consulting, especialmente ao Professor Paulo Ghinato, pelo estímulo e apoio para realização desta etapa da minha formação profissional.

À Central Pet Indústria e Comércio - Frompet, na pessoa do Sr. Marcelo Guerra, pela oportunidade de desenvolver este trabalho na empresa.

Aos colegas e professores, que participaram da jornada do contínuo aprendizado e desenvolvimento.

Aos meus pais, irmãos, esposa, filhos e amigos sempre contribuindo com o apoio e encorajamento diante dos novos desafios assumidos.

À minha orientadora, Danielle Morais, pela atenção, paciência e dedicação prestadas para a conclusão deste mestrado.

RESUMO

As atividades de fabricação têm continuamente evoluído contribuindo para o desenvolvimento das sociedades onde estão inseridas. O Sistema de Produção Enxuta apresenta-se como um sistema de produção que se destaca por uma sistemática busca e eliminação de perdas. A reciclagem transformou-se em uma atividade econômica que gera renda, empregos, inserção social além de ser importante meio de alcançar o desenvolvimento sustentável. Este trabalho utiliza o modelo da Produção Enxuta para a melhoria sistematizada de uma planta de reciclagem. O roteiro foi construído seguindo-se etapas utilizadas ao longo do desenvolvimento do Sistema de Produção Enxuta. O mapeamento do fluxo do valor no estado atual é a referência para avaliação do desempenho da operação de fabricação e quando comparado ao modelo da Produção Enxuta identificam-se os aspectos a serem melhorados, definindo-se a condição objetivo na construção do mapa do estado futuro. O planejamento e implantação das atividades de melhoria é a etapa seguinte. O PDCA (plan, do, check, act) é a base dessa etapa e o ciclo é seguido até que todas as ações propostas estejam concluídas com êxito. O roteiro propõe continuidade do processo de melhoria através de seguidas idealizações do estado futuro que, devido ao aprendizado construído, torna-se a cada ciclo mais ousado. O principal resultado obtido foi a construção de um sistema de desenvolvimento do processo de fabricação, que persegue e elimina perdas de maneira estruturada e sistêmica.

Palavras-chave: Sistema de Produção Enxuta. Reciclagem.

ABSTRACT

Manufacturing activities have continuously improved and contributed to development of societies they are inserted. The Lean Production System is presented as an outstanding production system for systematic search and elimination of wastes. Recycling has become an economic activity capable of generate income, employment, social inclusion and an important mean of achieving sustainable development. This works uses the Lean Production model for systematic improvement of a recycling plant. The guidelines are designed following steps used throughout the development of Lean Production System. The value flow map in current stage is benchmark for assessing the performance of manufacturing operation and, when compared to the Lean Production model, issues to be improved are identified in order to define the goal condition to build the desired future stage map. Planning and implementation of improvement activities are the next step. The PDCA (plan, do, check, and act) is basis of this phase and the cycle is followed until all proposed actions are completed successfully. The guidelines propose the continuity of improvement process through sequential idealizations of future stage, which due to constructed learning becomes more audacious at each new cycle.
The main result of this work is the construction of a manufacturing process development system, which tracks out and eliminates wastes in a structured and systemic way.

Key words: Lean Production System. Recycling.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1
1.1. Objetivos 2
1.2. Estrutura do trabalho 3
2. BASE CONCEITUAL 5
2.1. Origens do sistema de produção Enxuta 5
2.2. Princípios do sistema de produção Enxuta 7
2.3. Modelo para produção Enxuta 12
3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA 19
3.1. A indústria da reciclagem 19
3.2. Os principais materiais reciclados no Brasil 21
3.3. As etapas do processo de reciclagem 24
4. UM ROTEIRO PARA IMPLANTAR A PRODUÇÃO ENXUTA 26
4.1. Um Roteiro Utilizando o Sistema de Produção Enxuta 26
4.2. O Mapa do Estado Atual 28
4.3. O Mapa do Estado Futuro 31
4.4. Planejando e Implantando 32
4.5. Resumo do Roteiro Proposto 33
5. ESTUDO DE CASO EM UMA RECICLADORA DE PET 34
5.1. Mapa do Fluxo do Valor do Estado Atual 39
5.2. Mapa do Fluxo do Valor do Estado Futuro 40
5.3. Planejamento e implantações 42
5.4. Resultados 43
6. CONCLUSÕES 48
6.1 Sugestões para futuros trabalhos 49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51
APÊNDICE 1 – MAPA DO ESTADO ATUAL 53
APÊNDICE 2 – MAPA DO ESTADO FUTURO 54
APÊNDICE 3 – A3 – RECICLADORA DE PET 55
ANEXO 1 – AGENDA 21 NACIONAL (OBJETIVO 9) 56
ANEXO 2 – DIAGNÓSTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS 60

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Modelo do Sistema de Produção Enxuta 12
Figura 4.1 – Resumo do roteiro definido 27
Figura 4.2 – Ícones empregados na construção do mapa 29
Figura 4.3 – Ícones empregados na construção do mapa 30
Figura 4.4 – Representação da linha de tempo 30
Figura 4.5 – Representação de parte do fluxo de informações 31
Figura 4.6 – Representação de supermercado com “puxada” do cliente 32
Figura 5.1 – Resumo do fluxo do processo de reciclagem – PET 37
Figura 5.2 – Mapa do estado atual da operação da empresa de reciclagem de PET 39
Figura 5.3 – Mapa do estado futuro de operação da empresa de reciclagem de PET 41
Figura 5.4 – O planejamento e controle da implementação para a Recicladora – A3 43
Figura 5.5 – Mudança da balança reduzindo o transporte de material e movimentação das pessoas 44
Figura 5.6 – Redução contínua dos improvisos, fixação de ventilador 45
Figura 5.7 – Redução do tanque de separação 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 3. 1 – Taxa de reciclagem do Pet consumido, 2006 22
Tabela 3. 2 – Principais aplicações no Brasil PET reciclado, 2006 23

1. INTRODUÇÃO

A busca da competitividade é condição de sobrevivência de qualquer tipo de negócio. É preciso estar atento às necessidades dos clientes e conhecer como seus concorrentes estão atuando de forma a satisfazê-los. Um negócio inserido em um mercado com concorrência interna e externa exige das operações produtivas a busca por objetivos de desempenho bem definidos. Slack (2002) define-os como: qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custos. Faz-se necessário distribuir precisamente os recursos de modo a atender os objetivos de acordo com as exigências dos mercados. O sistema de gestão empregado deve ser capaz de satisfazê-las.

Empresas que se mantêm utilizando o sistema de produção em massa têm perdido espaço no mercado, por não conseguirem respostas rápidas e eficazes a novas e cada vez mais exigentes demandas. Por outro lado, destacam-se empresas que identificaram que este sistema de produção não se adequava a determinadas condições de mercado onde estavam inseridas, principalmente as companhias japonesas em seu esforço de reconstrução no pós-guerra. A *Toyota* destaca-se entre as empresas que desenvolveram um sistema de produção compatível e competitivo no atendimento aos clientes dos mercados atuais. Inicialmente exportando a partir do Japão e em seguida na construção de fábricas em solos estrangeiros, principalmente o americano. Slack (2002, p.282) narra o bem sucedido empreendimento desta empresa, conhecido como Projeto *New United Motor Manufacturing* (NUMMI). As instalações utilizadas eram da *General Motors* que havia fechado devido as baixas taxas de produtividade e qualidade. Ao produzir carros com operários americanos com mesma competitividade que produzia no Japão, minimizou-se a explicação de que o seu sucesso era devido a características culturais ou do mercado de trabalho japonês. O Sistema Toyota de Produção é referência atualmente e passou a ser denominado de Sistema de Produção Enxuta, tendo migrado para outras atividades além das industriais. Slack (2002, p.508) relata o caso do hospital escola *Saint James* que aplicando o *Just-in-time* e o *Kanban*, elementos do Sistema de Produção Enxuta, apresentava redução de custos, aumento de velocidade e melhoria da qualidade, na fase inicial de implantação.

No Brasil as empresas encontram-se em cenários competitivos local e globalmente, necessitando de um sistema de gestão da produção habilitado a mantê-las em condições de competir pelo mercado interno e também de expandirem-se no mercado internacional. O desempenho da indústria nacional melhorou bastante, não só pelos investimentos realizados

em novos equipamentos, mas também devido ao uso de uma gestão mais voltada para o atendimento das necessidades dos clientes, o que não ocorria durante a reserva de mercado. Contudo, muito ainda precisa ser realizado para atingir os resultados necessários que atendam a competitividade internacional.

Para a indústria da reciclagem os desafios não são diferentes, além de proporcionar uma redução do volume de materiais lançados em aterros ou lixões, a atividade precisa gerar retornos que remunerem os investimentos realizados para revalorização destes materiais. Empresas que operam neste segmento precisam trabalhar com objetivos de desempenho competitivos: qualidade, custo, flexibilidade, rapidez e confiabilidade. Para as indústrias do vidro, aço, alumínio, papel, plásticos, as empresas de reciclagem são importantes alternativas, uma vez que a legislação responsabiliza o produtor pela destinação dos respectivos resíduos. Quando os materiais, além de receberem a destinação correta, ainda são processados de forma a permitir a reutilização com redução de custos, o benefício é duplo.

Esse trabalho propõe um roteiro para o desenvolvimento do sistema de fabricação de empresas recicladoras, utilizando como referência os conceitos, técnicas e práticas do sistema de produção Enxuta. O estudo de caso ocorreu em uma planta recicladora na cidade de Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco. Para uma empresa recicladora de Politereftalato de etileno (PET), os desafios são grandes, a começar pelo pioneirismo da atividade de reciclagem, como uma atividade industrial. O primeiro censo da reciclagem de PET no Brasil, divulgado no ano de 2005 referente a 2004, da Associação Brasileira das Indústrias de PET (ABIPET), indica que 68% das indústrias de reciclagem deste material têm menos de cinco anos de atividade. Apenas 9% ultrapassam dez anos reciclando este termoplástico.

A reciclagem só é viável quando seus custos são menores do que os custos de produzir o material equivalente não reciclado. Certamente devem ser considerados os custos ambientais que pesarão a favor da reciclagem, à medida que a fiscalização e legislação evoluam. O Sistema de Produção Enxuta que tem como princípio identificar e eliminar perdas pode contribuir para tornar a atividade industrial da reciclagem mais eficiente, mantendo a evolução contínua e a capacidade de competir em cenários cada vez mais dinâmicos.

1.1. Objetivos

O objetivo central do trabalho é propor um roteiro para o aperfeiçoamento do sistema de fabricação de uma planta recicladora, tendo como referência o sistema de produção Enxuta.

Apoiando o objetivo central faz-se necessário o cumprimento de objetivos específicos relacionados com a evolução da construção do roteiro.

1) Levantamento das condições atuais da empresa, através do mapeamento do fluxo do valor;
2) Identificar oportunidades de melhorias, usando o modelo da Produção Enxuta como referência, definindo o mapa do fluxo do valor em seu estado futuro, considerando a implantação das melhorias propostas;
3) Planejar o roteiro considerando o estado atual e o estado futuro desejado, levando em consideração as necessidades do negócio, identificadas a partir do planejamento estratégico da empresa;
4) Demonstrar a evolução e o processo de mudança organizacional com a implantação do sistema de produção enxuta em uma recicladora de PET.

1.2. Estrutura do trabalho

No capítulo 1 é apresentada uma visão geral do contexto do trabalho, descrição do objetivo central e os objetivos específicos.

O capítulo 2 reflete uma pesquisa bibliográfica do histórico, do desenvolvimento dos conceitos do sistema de produção Enxuta e das experiências dos principais responsáveis por essa evolução. Artigos e trabalhos de pesquisas realizadas sobre o tema também foram consultados.

No capítulo 3 apresentam-se o cenário da indústria da reciclagem dos diversos materiais, o mercado no qual ela atua e as dificuldades existentes em toda a cadeia da reciclagem, que impedem ou dificultam os avanços necessários para a evolução da incorporação a, nível industrial, dos resíduos gerados nas sociedades.

O roteiro proposto é definido no capítulo 4 de uma forma geral, e no capítulo 5 ele é aplicado em forma de estudo de caso, alinhando as necessidades do negócio da empresa recicladora com as oportunidades de melhorias existentes. A implementação do roteiro é seqüenciada de modo a garantir o cumprimento dos requisitos necessários, assegurando a continuidade do trabalho de melhoria do processo fabril.

Os resultados obtidos e também o grau de êxito no cumprimento do roteiro foram descritos no capítulo 6. Nesse capítulo também é abordado o modo como o processo deve ter continuidade após conclusão dos passos propostos no roteiro, com um novo planejamento já considerando todos os resultados anteriormente realizados. Também são apresentadas as

considerações finais, analisando-se a importância do roteiro proposto no processo de melhoria do sistema de fabricação do caso estudado.

2. BASE CONCEITUAL

2.1. Origens do sistema de produção Enxuta

Os sistemas de produção evoluem continuamente. Os sistemas artesanais com seus trabalhadores altamente qualificados, com ferramental flexível, produzem estritamente, de acordo com a demanda, um item por vez a partir da encomenda do cliente. Sapatos, roupas, móveis, automóveis necessitavam de uma encomenda para que fossem produzidos. A mais grave limitação desse sistema é o custo; para a maioria das pessoas não havia acesso ao que era produzido.

Quando surge a divisão do trabalho e a revolução industrial multiplicando a capacidade humana de produzir devido ao uso da mecanização e energia do vapor, o sistema de produção artesanal começava a ser substituído. Com a Administração Científica e a linha de montagem, a base para a produção em massa estava formada. Conforme Slack (2002, p.278) os operários não precisavam de alta especialização, bastava seguir os padrões de trabalho desenvolvidos pelos engenheiros e usar maquinário especializado. Outra característica importante foi a padronização das peças permitindo a intercambiabilidade. De acordo com Womack (2006, p.3) esse sistema permitiu uma redução drástica nos preços para o consumidor, embora com uma redução da variedade oferecida. O sistema de produção, que começou na indústria automobilística se expandiu para os demais produtos, tornando-se referência por muito tempo. A produção em massa aumentou o mercado, porém, também apresentou deficiências: altos estoques de produtos em processo, no almoxarifado e de produtos acabados, pouca flexibilidade para produzir variedade, produtos com defeitos avançavam até o final da linha de produção, onde era realizada inspeção e, de acordo com o resultado, havia muito retrabalho a ser feito. Tais perdas só ficaram visíveis com o surgimento do sistema de produção Enxuta no Japão, quando os japoneses da Toyota precisaram aperfeiçoar o sistema de produção em massa para viabilizar a fabricação de automóveis em um ambiente de negócios com escassez de recursos.

O sistema de produção Enxuta, expressão em língua portuguesa para o *Lean System* que, por sua vez, é um termo genérico para *Toyota Production System,* é um conjunto de conceitos técnicas e táticas desenvolvidas com o propósito de eliminar os desperdícios de forma continuada, promovendo a redução do lead time, a melhoria da qualidade de produtos e serviços e obtendo redução de custos. Esse sistema hoje consolidado como referência, não só

pelo desempenho alcançado pela *Toyota*, como também, pela disseminação em outros tipos de atividades industriais, originou-se no chão de fábrica e hoje envolve os vários processos de um negócio.

Devido ao sucesso alcançado por esse modelo, sua maneira de administrar os processos é considerada um novo paradigma de gestão de negócios. Afirmou Womack (2004, p.2) fundamentado na pesquisa do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), sobre o futuro da indústria automobilística:

> Mas por que é tão importante os fabricantes em todo mundo se livrarem de décadas de produção em massa em prol da produção enxuta? A resposta é que a adoção da produção enxuta, na medida em que inevitavelmente se expanda além da indústria automobilística, resultará em mudanças globais em quase todas as indústrias: nas alternativas para os consumidores, na natureza do trabalho, no destino das companhias e – em última instância – no destino das nações.

As mudanças de paradigmas ocorrem como resposta a novas situações. É oportuno, portanto, avaliar o sistema de produção de uma planta industrial recicladora sob a óptica desse sistema e propor um roteiro para aperfeiçoá-la. Ohno (1997, p. 9) coloca o seguinte: “O sistema Toyota de produção evoluiu da necessidade. Certas restrições do mercado exigiram a produção de pequenas quantidades de muitas variedades sob condições de baixa demanda”. O sistema de produção Enxuta tem muito a oferecer: a cultura de identificação e combate às perdas, a busca da excelência na qualidade, o aumento e regularização dos fluxos de materiais e informações, o desenvolvimento das pessoas, o trabalho em equipe, o fortalecimento da noção de sistema de produção integrado aos demais sistemas do negócio.

Quando a família japonesa Toyoda, tradicionais fabricantes de teares, resolveu iniciar a fabricação de veículos motorizados, no final dos anos 30, foi obrigada a participar do esforço de guerra japonês, especializando-se em caminhões militares. Com o final da guerra e em um cenário dos mais desafiadores, a família Toyoda resolveu produzir em larga escala carros e caminhões comerciais. As dificuldades presentes nesse mercado eram: um mercado doméstico limitado e buscando uma grande variedade de produtos; novas leis trabalhistas impostas pela ocupação norte-americana; grandes fabricantes de veículos do mundo interessados no mercado japonês; economia do país devastada pela guerra e como conseqüência escassez de recursos para investimentos.

Taiichi Ohno, engenheiro de produção responsável pelas operações da *Toyota*, após visita à Ford em Detroit, identifica vários tipos de perdas no tradicional sistema de produção

em massa e inicia uma série de experiências com o propósito de eliminá-las. Ohno (1997, p.23) analisa as condições comparando com o mercado japonês:

> Durante décadas os Estados Unidos da América baixaram custos produzindo em massa um menor número de tipos de carros. Era um estilo de trabalho americano, mas não japonês. Nosso problema era como cortar custos e, ao mesmo tempo, produzir pequenas quantidades de muitos tipos de carros.

Todas as condições acima, alinhadas com o firme propósito de desenvolver a empresa e torná-la competitiva, levaram ao desenvolvimento do Sistema *Toyota* de Produção. Womack (2004, p. 7) resume:

> Nenhuma nova idéia surge do vácuo. Pelo contrário, novas idéias emergem de um conjunto de condições em que as velhas idéias parecem não mais funcionarem. Esse também foi o caso com a Produção Enxuta, que surgiu num determinado país numa época específica, porque as idéias convencionais para o desenvolvimento industrial do país pareciam não mais funcionar.

2.2. Princípios do sistema de produção Enxuta

O Sistema de Produção Enxuta tem como objetivo tornar a empresa competitiva, aumentando seus lucros, oferecendo produtos e serviços aos clientes no menor intervalo de tempo, na mais alta qualidade e ao menor custo possível.

A forma de buscar aumento dos lucros usa o princípio do não-custo. Esse princípio que, em uma análise superficial parece um simples artifício matemático, modifica a forma de enxergar o negócio. Normalmente, as empresas calculam o preço de seus produtos usando o conceito seguinte:

Preço de venda = custo + lucro

Para determinar os seus preços somam ao custo o lucro desejado. Uma empresa que aplica o princípio do não-custo usa a expressão abaixo:

Preço de venda - custo = lucro

Ohno (1997, p.30) explica que é o mercado quem define o preço de venda e o lucro será resultado de uma filosofia de trabalho que pressupõe um continuado esforço para redução dos custos, que é de fato o único parâmetro que a empresa pode controlar, quando está inserida em um mercado competitivo. Shingo (1996, p. 109) conclui a respeito da importância desse princípio no esforço de aumentar os lucros de um negócio:

> Qualquer empresa pode fazer um esforço para eliminar perda, mas enquanto ela operar adicionando lucros ao custo para determinar o preço, seus esforços serão provavelmente inúteis. Somente quando a redução de custo se torna o meio para manter ou aumentar lucros a empresa ficará motivada para eliminar totalmente o desperdício.

Um sistema de produção que almeja ofertar produtos e serviços nesse padrão, deve continuamente identificar e eliminar as perdas que são definidas como atividades que geram custos e não agregam valor ao cliente. No Sistema de Produção Enxuta foram classificadas sete perdas fundamentais:

- Superprodução,
- Transporte,
- Processamento,
- Movimentação,
- Espera,
- Defeitos,
- Estoque.

A perda por superprodução ocorre quando fabricamos um determinado item acima da quantidade pedida, nesse caso superprodução por quantidade, ou antes, do momento necessário, que é a superprodução por antecipação. Essa perda é a que causa mais dificuldade para ser eliminada e a que pode ocultar as demais. Como a atividade de transportar não agrega valor ao produto, ele é considerado uma perda e deve ser minimizado quando não for possível eliminá-lo.

A perda por transporte normalmente é reduzida pelo estudo e análise do arranjo físico dos equipamentos e fluxos de materiais. A perda por transporte relaciona-se com o deslocamento de materiais.

A perda no processamento é aquela que resulta em sobras de material após o corte de uma chapa metálica, por exemplo, um excesso de processamento em um torno mecânico, quando uma análise de engenharia poderia eliminar etapas sem perda das características e funções básicas do produto ou serviço.

A perda por movimentação caracteriza-se por todo e qualquer movimento desnecessário executado pelas pessoas em uma determinada operação. O estudo dos tempos e métodos é a forma de eliminar tais desperdícios. Essa perda está relacionada com as pessoas, enquanto que a perda por transporte está associada aos deslocamentos dos materiais.

A perda por espera caracteriza-se por um intervalo de tempo em que não é realizada operação de transformação, inspeção ou transporte nos materiais em fluxo, ocorre enquanto um lote fica aguardando a disponibilidade de um operário, ou equipamento aguardando a chegada de materiais para processar.

A fabricação de produtos em desacordo com as especificações ou produtos que não atendam aos objetivos para os quais foram desenvolvidos, caracteriza a perda por defeitos. É normalmente a mais óbvia das perdas.

Por último, a perda por estoques, que se apresentam sob a forma de estoques de matérias primas, materiais em processamento e de produtos acabados. Normalmente os estoques são vistos como uma necessidade, mesmo quando os custos referentes à sua gestão são altos. O Sistema de Produção Enxuta propõe uma redução gradativa deles, de modo a permitir visibilidade de outros problemas do processo que os estoques os tornam "ocultos", como por exemplo, problemas de sincronia entre processos.

De acordo com Ohno (1997, p. 25): "A base do Sistema *Toyota* de Produção é a absoluta eliminação do desperdício. Os dois pilares necessários à sustentação do sistema são: *Just-in-time* e autonomação, ou automação com um toque humano." O *Just-in-time* (JIT) significa que em um processo de fabricação só devem seguir para o processo seguinte os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário. Esse princípio muitas vezes tem sido confundido com o próprio sistema de produção Enxuta, o que na verdade é uma visão incompleta do sistema. Ghinato (2000, p.6) explica: "O Sistema de Produção Enxuta não deve ser interpretado como sendo essencialmente o *JIT* o que por certo limitaria sua abrangência e potencialidade." Ao viabilizar o *JIT* a empresa estará diretamente criando uma forma de trabalho que elimina ou reduz diretamente as perdas por superprodução, estoque e espera, já que serão produzidos os itens necessários, no momento em que serão consumidos e nas quantidades que serão usadas.

Analisando o fluxo de produção na ordem inversa, ou seja, do processo final para o processo inicial, Ohno (1997, p. 27) observou:

> Um processo final vai para um processo inicial para pegar apenas o componente exigido na quantidade necessária no exato momento necessário. Neste caso, não seria lógico para o processo anterior fazer somente o número de componentes retirados? No que tange à comunicação entre os muitos processos não seria suficiente indicar claramente o que e quanto é preciso?

Desse modo, surgiu o *Kanban*, um cartão de sinalização usado entre processos com o propósito de comunicar o que, quanto e quando produzir. O *Kanban* transfere para o chão-de-

fábrica a programação, aumentando a autonomia dos funcionários, disciplinando relação entre os diversos processos clientes/fornecedores internos, viabilizando a produção puxada pelo processo cliente. No sistema de produção em massa o processo fornecedor envia para o processo cliente os itens anteriormente programados, esse processo é conhecido como produção empurrada, cada processo deve ocupar-se de produzir o máximo, independentemente das necessidades do processo cliente. Normalmente ocorrem estoques não controlados devido à falta de sincronismo entre os diversos processos da cadeia produtiva. Na produção puxada pelo cliente o processo fornecedor só vai produzir de acordo com a retirada do processo cliente, respeitando as informações do *Kanban*.

Sakichi Toyoda, fundador da *Toyota Motor Company*, desenvolveu um tear que parava instantaneamente quando um dos fios rompia, tal dispositivo evitava a propagação de defeitos. Esse sistema inspirou a autonomação, máquinas que podem evitar a continuidade de problemas autonomamente. Tal fato também muda a necessidade de ter um homem fiscalizando o equipamento continuamente, permite que a atuação do funcionário só ocorra para reparar o equipamento e aumenta a quantidade de máquinas que um homem pode operar contribuindo para o aumento da produtividade. Shingo (1996, p. 31) observa:

> Um observador numa área de produção, tanto no Japão como no Ocidente, observará que, enquanto as máquinas trabalham automaticamente, os trabalhadores estão parados próximos a ela, supervisionando-as. Por quê? Porque mesmo tendo mecanizado as funções de força e de ação da mão humana, nós negligenciamos a mecanização de outra importante função humana – a inteligência para detectar situações anormais. Transferindo essa função para as máquinas, os trabalhadores poderiam ser liberados de permanecerem próximos às suas máquinas.

Outro aspecto importante da autonomação é a de dar independência aos funcionários para interromperem o processo quando uma falha é identificada, com o propósito atacar suas origens e resolvê-la. Aplicando o conceito da autonomação a empresa estabelece uma maneira de trabalhar na qual as perdas de superprodução, por defeitos e espera, serão continuamente combatidas. A autonomação se diferencia da automação. Corresponde a um estágio anterior, estando o equipamento em condições de parar ao detectar uma falha ou o fim de uma programação já atende a esse princípio, permitindo direcionamento da inteligência e habilidade humana para solucionar problemas, em lugar de acompanhar máquinas. A automação normalmente é complexa e exige investimentos altos em recursos e tempo; a autonomação é mais simples e requer investimento menor. Shingo (1996, p. 103) resume a importância desse princípio: “trabalhador e máquina foram separados para aumentar a

eficiência da produção, assim como para promover o uso mais efetivo e significativo dos recursos humanos.”

Com o propósito de identificar a causa principal de um problema é usado o método de perguntar “por quê?” sistematicamente cinco vezes. Ohno (1997, p.36) exemplifica a utilização da técnica da repetição do por quê? Cinco vezes:

> Por que a máquina parou?
> Porque houve uma sobrecarga e o fusível queimou.
>
> Por que houve uma sobrecarga?
>
> Porque o mancal não estava suficientemente lubrificado.
>
> Por que não estava suficientemente lubrificado?
>
> Porque a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente.
>
> Por que não estava bombeando suficientemente?
>
> Por que o eixo da bomba estava gasto e vibrando.
>
> Por que o eixo estava gasto?
>
> Não havia uma tela e entrava limalha.

Tal método obriga a realizar uma análise mais aprofundada de um problema, impedindo de tratá-lo apenas superficialmente, evitando a sua repetição. Quando um fusível de proteção queima, não é raro que apenas seja realizada a troca do mesmo de modo que a produção retorne ao seu ritmo o mais rápido possível. Dependendo da gravidade da falha, a repetição da parada não demora, gerando mais perda. Quando as causas fundamentais dos problemas são conhecidas é possível ser preventivo, contribuindo para o desenvolvimento de uma operação, de um processo e até do sistema de produção. Ohno (1997, p. 38) explica:

> Na operação de produção de uma fábrica, os dados são considerados de grande relevância – mas eu considero os fatos como sendo ainda mais importantes. Quando surge um problema, se a nossa busca pela causa não for completa, as ações efetivadas podem ficar desfocadas. É por isso que repetidamente perguntamos por quê? Essa é a base científica do sistema Toyota.

2.3. Modelo para produção Enxuta

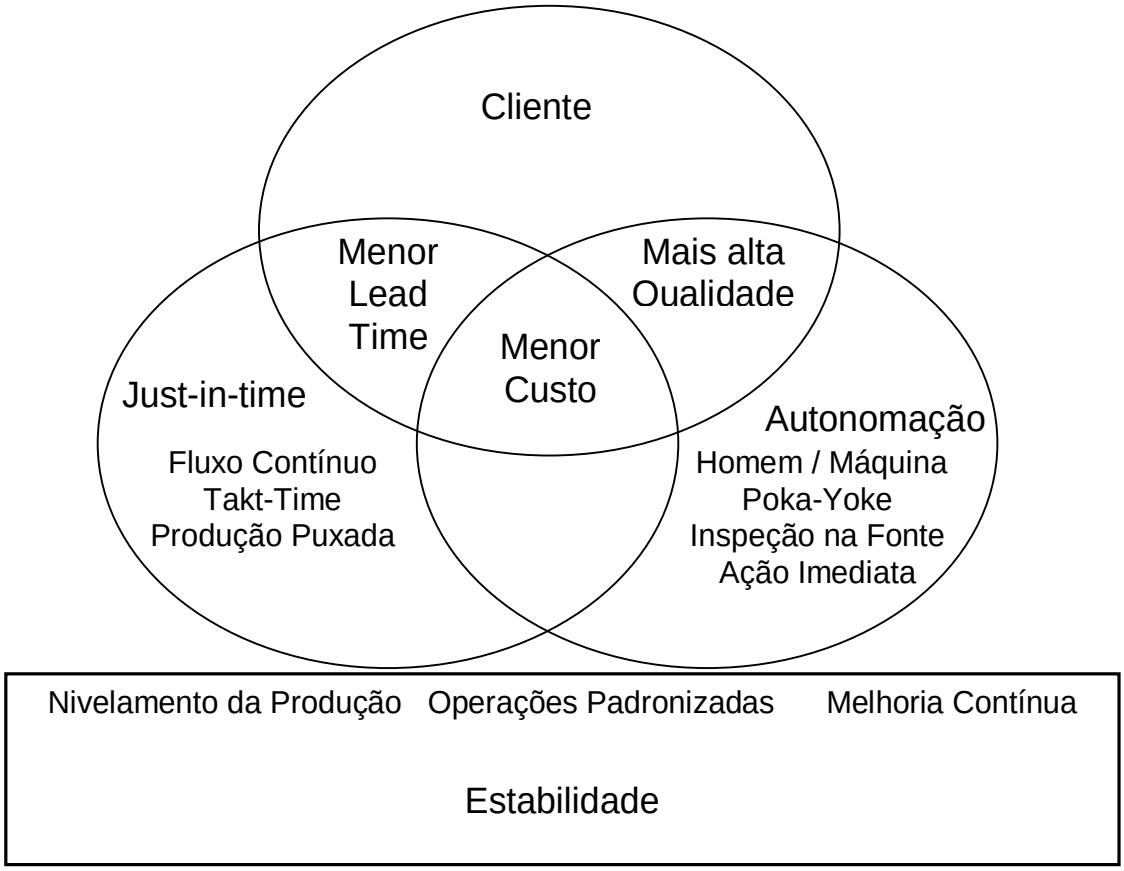


Figura 2.1 – Modelo do Sistema de Produção Enxuta.
Fonte: Adaptado de Ghinato (2000, p.6)

A figura 2.1 representa um modelo para produção Enxuta. O cliente circundado pela busca contínua por menores custos e tempos com a mais alta qualidade possível, é uma indicação do esforço para atender às necessidades exigidas pelo mercado consumidor, é a satisfação dos clientes que permite a empresa continuar atuando em mercados competitivos. Abaixo e relacionados diretamente a busca de menor lead time, temos:

- *Just-in-time (JIT)*,
- Fluxo Contínuo,
- *Takt-time*,
- Produção Puxada
- Nivelamento da Produção.

Apoiando diretamente a mais alta qualidade temos:

- Operações padronizadas,
- Melhoria Contínua,

- Autonomação e separação homem/máquina,
- *Poka-Yoke*,
- Inspeção na fonte,
- Ação imediata.

O elemento Operações Padronizadas aparece centralizada na figura, pois, tanto apóia a construção da velocidade dos fluxos, quanto da qualidade. Por último, e na base da figura, é representada a estabilidade, importante componente do sistema que permite previsibilidade e planejamento exeqüível. Todo conjunto dos elementos constituintes do Sistema de Produção Enxuta foram criados com o propósito de eliminar, uma ou mais de uma, das sete perdas fundamentais. Esses elementos não contribuem de forma isolada reduzindo as perdas, estão sistematicamente organizados com o propósito de conseguir o máximo de resultado do sistema.

Analisando os elementos do modelo apresentado mais diretamente associados ao *JIT* temos: o fluxo contínuo, o *takt-time* e a produção puxada. O fluxo contínuo ocorre quando não há interrupções na movimentação dos materiais entre operações. Sempre que um processo de produção permitir o fluxo contínuo deve ser buscado como uma condição ideal, pois elimina perda por estoque, espera e reduz transporte. Está associado ao fluxo unitário, quando um item é produzido imediatamente, ele segue para a etapa seguinte do processo sem necessidade de aguardar em um estoque de material em processamento. Em um sistema com fluxo intermitente, as etapas de produção estão separadas por estoques de materiais em processo, normalmente os arranjos físicos são do tipo funcional, vários equipamentos semelhantes realizando a mesma operação. Nesse caso a tendência é de termos mais esperas transporte e estoques.

O *takt-time* é o elemento do sistema responsável por indicar o ritmo necessário para atender a demanda definida. É calculado dividindo o total de tempo disponível pela demanda no mesmo intervalo de tempo, ou seja:

Takt-time = Total de tempo disponível / demanda no mesmo intervalo de tempo

O *takt-time* leva para o chão–de-fábrica o ritmo necessário para o atendimento da demanda. Comparado com os tempos de ciclo, permite distribuição de tarefas alocadas aos operadores com controle da própria equipe. Se um determinado fabricante de resina trabalha 24h/dia e precisa entregar aos clientes 15 toneladas/dia, o *takt-time* é calculado dividindo o

24h por 15 ton., ou seja, a cada 1,6h, uma tonelada precisa estar disponível para o cliente. Utilizando as unidades em segundos e quilogramas, temos o *takt-time* seguinte: 5,76s. Quando o takt-time é comparado ao tempo de ciclo das operações busca-se uma maior distribuição das cargas de trabalho entre operadores e equipamentos necessários. Rother (1999, p. 40) resume:

> O *Takt-time* é usado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo das vendas. É um número de referência que dá a você uma noção do ritmo em que cada processo precisa estar produzindo e ajuda a enxergar como as coisas estão indo e o que você precisa fazer para melhorar.

No *just-in-time* devemos produzir o item certo, na quantidade e no momento necessário, a produção puxada pelo cliente responde o que produzir, quanto e quando produzir cada item e tem no *kanban* o seu meio de comunicação. A partir da observação do funcionamento de um supermercado Ohno (1997, p. 45) esclarece:

> Do supermercado pegamos a idéia de visualizar o processo inicial numa linha de produção como um tipo de loja. O processo final (cliente) vai até o processo inicial (supermercado) para adquirir as peças necessárias no momento e na quantidade que precisa. O processo inicial imediatamente produz a quantidade recém retirada (reabastecimento das prateleiras).

Para empresas que trabalham com a produção puxada, um supermercado é um estoque controlado, devidamente dimensionado, situado entre processos, de modo que o processo cliente sempre encontre os itens necessários, na quantidade e momento necessários, atendendo a sua programação ou o processo seguinte. O processo anterior ou fornecedor deve ser capaz de repor os itens retirados antes que atinjam níveis mínimos estabelecidos.

O *Kanban* é a ferramenta usada pelo sistema de produção Enxuta para comunicar as movimentações entre os processos cliente e fornecedor, disciplinando a reposição baseada no consumo e demanda. Em conjunto com o quadro de controle, ele fortalece a gestão visual, indicando quais itens devem ser produzidos, em que quantidades, em qual seqüência. O *Kanban* substitui a programação contribuindo com maior autonomia para as equipes de produção, eliminando a necessidade de participação dos programadores em decisões de rotina. A equipe de programação do planejamento da produção passa a ter mais disponibilidade, que pode ser aplicada para dimensionamento dos supermercados e redução gradativa do tamanho dos mesmos. Não se deve esquecer que os supermercados são estoques, mesmo que controlados.

Apesar do significado de *Kanban* ser cartão, essa não é a única forma de sinalizar o que deve ser fabricado, em que quantidade e qual o momento correto. Deve-se considerar o meio

mais simples e funcional e que tenha uma identidade com o processo e as pessoas que o operam. O *lay-out* de uma área de estocagem com a sinalização pintada no próprio piso pode indicar as informações necessárias; os depósitos de componentes, como, carros, caixas ou gôndolas, funcionam como padrões de tamanhos de lotes de fabricação; as posições desses depósitos no *lay-out* e quantidades desses depósitos podem indicar o que deve ser produzido, em qual seqüência, em qual momento, funcionando plenamente como um meio de comunicação entre processos.

O nivelamento da produção requer uma programação com um seqüenciamento dos diversos produtos de forma padronizada e repetitiva, evitando a produção em grandes lotes e eliminando esperas nos clientes. É comum encontrar diferenças de carga entre processos causados pelo desnivelamento. Exemplificando, quando um processo fornecedor deve atender três processos clientes, se o tamanho do lote for grande devido a alta capacidade de produção, enquanto ele produz muitos itens para o primeiro processo cliente, os demais processos podem estar em espera. O mesmo pode ocorrer entre a empresa e seus clientes, produzir um grande lote, atender um dos clientes, ficar com sobra para o próximo pedido, enquanto os demais clientes ficam aguardando. Com o nivelamento da programação evita-se produzir em grandes lotes, garante-se um fluxo contínuo, mantêm equilibrada a necessidade de pessoas e equipamentos e materiais e controlam-se os estoques.

As operações padronizadas visam assegurar o cumprimento sistemático das diversas atividades de produção. As instruções de trabalho são as ferramentas empregadas para registrar o seqüenciamento necessário de execução considerando a segurança, qualidade, produtividade e até o estoque padrão em processo. As instruções de trabalho, além de padronizar as operações entre diferentes equipes de um mesmo posto, são importantes ferramentas para treinamentos de novos funcionários. É um importante recurso para a gestão visual quando afixadas no local de trabalho.

A melhoria contínua, conhecida como *Kaizen* na Produção Enxuta, é um elemento que exige o constante aperfeiçoamento do processo. É focado na eliminação de perdas contribuindo para o aumento de valor agregado dos produtos e têm como característica não exigir alto investimento. Busca-se mudar para melhor continuamente e depende da criação e manutenção de um ambiente participativo.

O conceito da autonomação deriva da expressão japonesa *Jidoka*, que significa dar autonomia ao operador ou a máquina para interromper o processamento sempre que alguma anormalidade aconteça. Elimina a propagação de falhas e a geração de defeitos. Importante

elemento para o Controle da Qualidade Zero Defeito (CQZD), que conta também com os dispositivos a prova de falha, conhecidos como *Poka-Yoke*, inspeção na fonte e ação imediata. Na autonomação o que é essencial é autonomia ou poder de parar sempre que anormalidade esteja presente. A automação é secundária e nem sempre é viável. Quando um operador trabalha fiscalizando um determinado equipamento com o propósito de identificar falhas ele fica preso ao equipamento aguardando o surgimento de uma falha para realizar a correção. A idéia da separação homem / máquina é para transferir para o equipamento a detecção, deixando para o homem a correção. A automação completa é de difícil execução e onerosa. Deste modo, com a autonomação, consegue-se utilizar melhor a energia humana aumentando a produtividade, pois o operador poderá supervisionar mais equipamentos com um menor investimento necessário se comparado a um processo de automação.

A inspeção na fonte e ação imediata visam eliminar defeitos na sua origem. Diferentemente da inspeção tradicional que foca na procura dos defeitos, a inspeção na fonte busca o erro em cada fase do processo e associada à ação imediata impede a propagação do erro reduzindo a geração do defeito. Os dispositivos a prova de erro são usados em regime de inspeção 100% dispensando a atenção do operador e impedindo que um componente com defeito evolua no processamento. São exemplos de dispositivos a prova de falha os cabos de conexão entre computadores e periféricos que só encaixam em uma posição. Uma tomada elétrica com três pinos que só permite um encaixe é outro exemplo de um dispositivo a prova de falha. Tais dispositivos ao longo do processo associados a inspeções sucessivas, inspeção na fonte, ação imediata, autonomia, melhoria continua e operações padronizadas compõe o pilar relacionado a qualidade do Sistema de Produção Enxuta.

Ghinato (2000, p.19) lembra que apesar do sistema de Produção Enxuta ser *benchmark* para outras indústrias, ele não pode e não deve ser simplesmente copiado. O processo de mudança deve ser planejado a partir de um profundo conhecimento dos princípios, conceitos e componentes do Sistema de Produção Enxuta. Os resultados obtidos são frutos da aplicação de um sistema que busca eliminar totalmente as perdas presentes na cadeia de valor. No Sistema de Produção Enxuta usa-se uma ferramenta denominada de mapeamento do fluxo do valor, com o propósito de em um só documento, ter condensado os fluxos dos materiais e de informação. O mapeamento é realizado no chão de fábrica e cada etapa do processamento é representada por uma caixa de processo, que contém as informações mais representativas daquela operação, tais como: tempo de ciclo, tempo de troca (*setup*), capacidade de produção, índices de retrabalho, indicadores de qualidade e manutenção, entre outros que forem

necessários devido a alguma característica específica da fabricação. Rother & Shook (1999, p. 16) explicam:

> Para indicar um processo usamos uma caixa de processo. A regra geral para manusear o mapa de porta a porta é que uma caixa de processo indica um processo no qual o material está fluindo. Já que desenhar uma caixa para cada etapa individual do processamento tornaria o mapa difícil de manusear, usamos a caixa para indicar uma área do fluxo de material, idealmente contínuo. A caixa de processo pára sempre que os processos são separados e o fluxo de material pára.

É recomendado que se colete as informações e dados na fábrica evitando-se recorrer a planilhas e relatórios preparados rotineiramente para controle do processo de fabricação, deste modo, encontram-se dados atualizados e pode-se ver oportunidades de melhoria. Ohno (1997, p. 40) fala da importância do trabalho no chão de fábrica:

> A fábrica é a principal fonte de informação da manufatura. Ela fornece as informações mais diretas, atualizadas e estimulantes sobre a gerência. Mesmo hoje, como parte do primeiro escalão da empresa, tenho sido incapaz de me separar da realidade encontrada na planta de produção. O tempo que me provê as informações mais vitais sobre a gerência é a aquele que passo na fábrica, e não na sala de vice-presidente.

Quando o mapeamento está completo e contemplando os fluxos dos materiais e o da informação em seu estado atual este mapa é definido como mapa do estado atual. A linha de tempo abaixo do mapa totaliza o *lead time*, que é o tempo de atravessamento dos materiais ao longo do processo de fabricação, considerados os estoques representados em unidades de tempo. A linha de tempo permite avaliar o quanto foi usado em operações que agregam valor ao produto. Rother & Shook (1999, p. 38) explicam: “enquanto o tempo de agregação de valor para produzir um produto é muito pequeno, o tempo total que o produto gasta passando pela planta é muito longo.” Normalmente perde-se muito em transportes de materiais e esperas. Black (1998, p. 38) descreve a utilização típica do tempo produtivo: “Peças componentes em um lay-out funcional típico gastam somente 5% do tempo em máquinas e o resto do tempo esperando ou sendo movidas de uma área funcional para outra.”

Com os conhecimentos adquiridos através de treinamentos da equipe responsável pela liderança da implantação do projeto, deve-se projetar o estado futuro desejado, certamente ocorrerão dificuldades nos primeiros projetos. Rother & Shook (1999, p. 37) reforçam: “você necessitará inúmeros mapas do estado futuro, não importa quanta ajuda você conseguir de um *sensei*, cada um mais enxuto e próximo do ideal.” O primeiro projeto do estado futuro depende do treinamento realizado, contudo, as dificuldades sempre ocorrerão, pois se trata de uma mudança brusca na forma de “enxergar” os fluxos e processos. A experimentação que

resultar em fracasso pode render algum aprendizado se corretamente analisado e houver constância no propósito de evoluir. Ohno (1997, p. 44) detalha a importância de um bom treinamento:

> Acho que o mais importante ponto em comum entre os esportes e o trabalho é a contínua necessidade de praticar e treinar. É fácil compreender a teoria com a mente; o problema é lembrá-lo com o corpo. A meta é conhecer e fazer instintivamente. Ter o espírito para agüentar o treinamento constitui o primeiro passo que leva a vitória.

Quando o mapa do estado futuro apresentar-se concluído, planejam-se as atividades a serem realizadas usando os princípios do *PDCA (Plan, Do, Check, Act)*. Toda evolução deve ser acompanhada e controlada com ações corretivas e preventivas necessárias, identificando corretamente a causa do insucesso e impedindo o descrédito do processo de mudança por omissão dos responsáveis. Rother & Shook (1999, p. 94) alertam:

> O fluxo do valor deve ser desenvolvido com respeito pelas pessoas. Mas respeito pelas pessoas não deve ser confundido com respeito aos velhos hábitos. Desenvolver um fluxo enxuto do valor pode significar um trabalho difícil, freqüentemente significando dois passos para frente e um para trás. Desenvolver um fluxo enxuto expõe as fontes de desperdício, significando que as pessoas em todas as funções do negócio podem ter de mudar os seus hábitos.

3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

3.1. A indústria da reciclagem

O desenvolvimento sustentável tem sido repetidamente citado como uma nova forma de relacionamento com o planeta, permitindo a continuidade do atendimento das nossas necessidades e controlando o impacto causado pela atuação da humanidade no meio-ambiente. Cada município do planeta gera grandes quantidades de resíduos. Santos (2004, p.308) aponta três formas para atenuar os efeitos do descarte dos resíduos: redução da utilização, reutilização e reciclagem, que além da contribuição economizando o uso dos recursos naturais, aumenta a vida útil dos aterros sanitários ao reduzir as quantidades de resíduos descartados. Nesse cenário, a reciclagem contribui reprocessando e revalorizando produtos que de outra maneira seriam lançados nos aterros sanitários, ou pior, abandonados sem um mínimo tratamento nos lixões.

Outra importante contribuição da reciclagem é o potencial de geração de renda e resgate de cidadania, para grupos de pessoas que vivem da coleta de materiais recicláveis na rua. É necessário que tais grupos, cooperativas e associações sejam apoiados por empresas ou instituições do Estado para proporcionar organização e estrutura necessária à evolução do negócio, e principalmente, viabilizar a coleta seletiva nos municípios. Em 1992 foi realizada no Rio de Janeiro a conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento. O que resultou na assinatura, por 179 chefes de estado e de governos, da Agenda Global. Ela recomenda a substituição, de forma gradual e negociada, dos modelos de desenvolvimento em uso no mundo. Em 2002, a Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da agenda 21 Nacional (CPDS), divulgou, após amplo debate, a Agenda 21 Nacional. Esta tem como base a Agenda Global e não se restringe a preservação do meio ambiente, defende o desenvolvimento sustentável equilibrando o crescimento econômico, equidade social e preservação ambiental. Têm nas ações recomendadas do objetivo 9 (Anexo 1), entre outras, o seguinte:

- Eliminar os lixões até o final desta década, promovendo o tratamento adequado em aterros sanitários, evitando a contaminação das águas pluviais e subterrâneas.
- Promover hábitos de redução do lixo e a implantação da coleta seletiva voltada para reciclagem e aproveitamento industrial.

- Promover programas de geração de renda para população mais pobre dos grandes centros urbanos, por meio da coleta e reciclagem do lixo.

O desafio é grande nos municípios do Brasil porque em parte deles não têm a coleta do lixo em 100% das residências e poucas cidades têm coleta seletiva. De acordo com Grippi (2001, p.19) a disposição final do lixo nos municípios do Brasil apresenta 80% de descarte em lixões a céu aberto, como conseqüência a maior parte dos materiais que vai para reciclagem é coletada nos lixões, assim, perde-se parte dos benefícios que a reciclagem oferece. Normalmente, o material retirado desse meio está contaminado com gorduras, tintas, metais pesados e sujeira de um modo geral. Muitas pessoas, em busca de alguma renda, expõem-se a condições precárias, em ambientes que apresentam riscos de infecções e contágios diversos, e por não terem uma melhor estrutura, revendem o que coletaram por um valor aquém do que obteriam, se tivessem um material corretamente selecionado, prensado e transporte para viabilizar a venda diretamente para o reciclador, em vez de vender para terceiros. São problemas típicos de países que ainda estão em fase inicial para implantação de um sistema de coleta seletiva, além de perder espaço para descarte de lixo, diminuem a eficiência do processo de reciclagem industrial, pois as empresas que a operam precisam de um maior investimento em seleção e limpeza, onerando os custos da sua operação. Por último e tão importante quanto os itens anteriores, é o agravamento da condição ambiental e de saúde pública.

Não é recente a presença de catadores nas ruas realizando a coleta de materiais recicláveis dos lixos para vendê-los e obter renda. Segundo Jacobi (2006, p.153) desde o final dos anos 80 os catadores passaram a ter uma presença mais importante no gerenciamento dos resíduos domiciliares, na coleta seletiva e em um sistema de reciclagem ainda informal, principalmente, devido à ausência de programas oficiais. Na medida em que as empresas identificaram o potencial de ganho na reciclagem de materiais, desenvolveram as técnicas necessárias e associado às exigências legais para gerenciamento dos resíduos, o trabalho do catador passou a ser fundamental para a reciclagem. Surgem as cooperativas, Jacobi (2006, p.153) resume:

> As experiências pioneiras de Porto Alegre, da COOPAMARE (Cooperativa dos Catadores de Papel, Aparas e Materiais Reaproveitáveis) – São Paulo e de Belo Horizonte foram fundamentais no sentido de construir as bases de um modelo de gestão compartilhada da coleta seletiva de lixo e demonstraram uma alta capacidade de replicabilidade. Hoje, as experiências estão disseminadas por todos os estados brasileiros, e os modelos adotados variam de acordo com as realidades locais.

A atividade industrial referente a itens reciclados depende fundamentalmente da coleta seletiva para continuar evoluindo. Sucatas mais limpas e pré-selecionadas contribuem aumentando a produtividade, melhorando e estabilizando o padrão da qualidade e reduzindo custos. Empresas têm se organizado com o propósito de melhorar toda cadeia da reciclagem, o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE) é uma associação financiada por empresas privadas de diversos setores, que tem como finalidade conscientizar a sociedade da necessidade de reduzir, reutilizar e reciclar o lixo gerado, através de artigos técnicos, publicações, pesquisas e seminários. Outras etapas importantes devem ser desenvolvidas para estabilizar o processo da reciclagem, além da coleta seletiva, que agregará estabilidade do fornecimento para a indústria nos volumes ofertados e no padrão de qualidade. As técnicas de processo e gestão da indústria, que devem incluir a gestão ambiental, precisam utilizar ferramentas que minimizem perdas e custos viabilizando a sobrevivência do negócio. A logística, desde o abastecimento da indústria recicladora até o cumprimento dos prazos, qualidade e custos para o cliente final.

3.2. Os principais materiais reciclados no Brasil

O Diagnóstico do Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos – 2006 da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, divulgado em março de 2008, indica que 55,9% dos municípios presentes na amostra têm a coleta seletiva do tipo porta a porta. Em 83% dos municípios pesquisados ocorre a coleta seletiva realizada por catadores. Outra informação importante do diagnóstico é que se recupera a cada ano 2,8 kg de recicláveis por habitante urbano, sendo que:

- 44,3% é de papel ou papelão;
- 27,6% de plásticos;
- 15,3% metais;
- 9,8% de vidros;
- 2,9% de outros materiais.

Dados da Associação Brasileira de Papel e Celulose (BRACELPA) em seu Relatório Estatístico, referente ao ano 2007, aponta para um consumo total acima de oito milhões de toneladas de papel por ano, o índice de recuperação atingiu 45% nesse ano. Entre os diferentes tipos de papel, a recuperação somada do tipo Kraft com o papelão ondulado atingiu 70,9% do consumo no mesmo período. Segundo Grippi (2001, p.7) os papéis são reciclados há bastante tempo, mas na era moderna os grandes produtores de embalagens aumentaram o

consumo das aparas, que é o termo genérico usado para os resíduos de papel, seja industrial ou doméstico. O aumento do interesse dos grandes fabricantes justificou os investimentos realizados para aquisição de equipamentos com o intuito de preparar o material a ser reciclado. Cada tonelada de aparas pode evitar o corte de dez árvores de plantações comerciais. Há também uma redução no consumo de água e energia quando comparada com a produção a partir da celulose virgem.

Os materiais plásticos como o Polipropileno (PP), Polietileno (PE), o Policloreto de Vinila (PVC), Politeftalato de Etileno (PET) são produzidos principalmente a partir do petróleo. Por apresentarem muita versatilidade na substituição de outros materiais, leveza, resistência e facilidade para moldagem são largamente empregados em quase todos os setores da indústria. Como conseqüência da aceitação os plásticos estão presentes nos resíduos sólidos das cidades em grandes quantidades. Devido as suas propriedades, quando colocados em aterros sanitários ou lixões demoram dezenas e até centenas de anos para se decompor. A reciclagem é uma alternativa viável para a redução dos descartes de materiais plásticos.

A Associação Brasileira da Indústria de PET (Abipet) estima um consumo próximo de 380 mil toneladas de resina com um índice de 51,3% de reciclagem, dados divulgados do Senso de Reciclagem de PET no Brasil no ano de 2007, referentes a 2006. Esses números colocam o Brasil atrás apenas do Japão na taxa de reciclagem desse material, conforme a tabela 3.1:

Tabela 3. 1 – Taxa de reciclagem do Pet consumido 2006

Japão	62,0%
Brasil	51,3%
Europa	38,3%
Argentina	27,1%
Austrália	27,0%
EUA	23,5%
México	11,0%

Fonte: Abipet – Censo de Reciclagem 2006/2007.

O PET reciclado é utilizado na fabricação de tubos para esgoto doméstico e industrial, fabricação de telhas, chapas para filmes, fibras para indústria têxtil, tanto para fabricação de roupas, quanto para mantas de uso em revestimento com capacidade de isolação acústica e térmica. Atualmente, o PET reciclado é utilizado, ainda, para fabricação de garrafas de produtos não alimentícios, por exemplo: detergentes e desinfetantes. Em março de 2008 foi

aprovado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e as agências dos demais países que compõem o Mercado Comum do Sul (MERCOSUL), a utilização do PET reciclado para embalagens de alimentos, melhorando as expectativas do setor.

Tabela 3.2 – Principais aplicações no Brasil PET reciclado, 2006

Principais Aplicações no Brasil 2006 – Censo Abipet	%
Têxteis	40
Extrusão de chapas (Filmes)	16
Termoformados	15
Resinas	07
Exportação	07
Injeção e Sopro	03
Fitas de arquear	03
Plásticos de engenharia	04
Tubos	02
Outros	03
Total	100

Fonte: Abipet – Censo de Reciclagem 2006/2007.

A presença de metais também é significativa nos resíduos sólidos, a utilização em massa para latas de bebidas de aço e alumínio contribuíram bastante para aumentar a presença desses materiais nos lixos. Incluem-se também entre os materiais que geram sucata os carros velhos, eletrodomésticos, resíduos da construção civil e embalagens diversas. O aço é um dos mais antigos materiais recicláveis, principalmente devido ao uso de metais como ferramental para agricultura e desenvolvimento de armas, atividades tão antigas quanto à história das constituições das primeiras grandes civilizações humanas. Atualmente, tanto no Brasil, como no restante do mundo, a atividade da reciclagem do aço é uma atividade estável, pois a indústria siderúrgica incorpora rotineiramente as sucatas em seu processo de fabricação. Conforme o CEMPRE em 2006 foram produzidas 31 milhões de toneladas de aço, dos quais, 8,3 milhões de toneladas originárias de sucatas, correspondendo a 26,7% do aço produzido. Quando se considera a reciclagem de latas de aço, basicamente usadas para bebidas, o índice de reciclagem atingiu 47% no ano de 2006. Existem programas com associações, cooperativas de catadores promovidos pelos fabricantes desde 1992, com o propósito de aumentar o índice através da coleta seletiva, promovendo o desenvolvimento das comunidades de catadores. Entre os materiais metálicos, o alumínio se destaca devido ao alto índice de reciclagem obtido com as latas de bebidas deste material, conforme a Associação Brasileira dos Fabricantes de

Latas de Alta Reciclabilidade (ABRALATAS) em 2007, o índice chegou a 96,5%. O alumínio pode ser reciclado inúmeras vezes sem perda das propriedades, quando comparadas às produções do alumínio reciclado com não reciclado, o reciclado apresenta uma economia em torno de 95% do consumo de energia elétrica e cada quilograma de reciclado poupa 5 kg de bauxita, o minério do qual o alumínio é extraído.

O vidro é outro material largamente empregado, presente em aterros e lixões, onde ocupa espaço e não se degrada por centenas de anos. Pode ser reciclado proporcionando os mesmos benefícios: oferta de renda para cooperativas, catadores, instituições e redução dos resíduos sólidos urbanos. Conforme a Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro (ABIVIDRO), no ano de 2007 a taxa de reciclagem de vidro atingiu 47%, mantendo a evolução crescente, embora, com crescimento discreto. O vidro reciclado pode ser incorporado ao processo de fabricação sem perda de características e gerando economia de energia e água. Para cada 10% de caco de vidro, termo usado para designar o material reciclado, economizam-se 4% de energia necessária para fusão e 9,5% de água.

3.3. As etapas do processo de reciclagem

De acordo com o material a ser reciclado ocorrerão alguns detalhes específicos no processamento industrial. Contudo, as etapas de coleta, seletiva ou não, triagem ou seleção, limpeza, preparação para transporte e transporte são comuns a todos os materiais a serem reciclados.

A coleta é responsável por recuperar os materiais após o consumo. Quando a sociedade já está organizada e aplicando a coleta seletiva, o processo de reciclagem consegue grandes ganhos, pois reduz a necessidade de seleção e limpeza, diminui o tempo necessário entre o consumo e a reutilização dos materiais, consegue uma maior redução do consumo de energia e água. A maior quantidade de materiais disponibilizada para reciclagem, no Brasil, tem origem no difícil trabalho do catador, que por não ter alternativa de renda, se submete a condições severas de trabalho. A evolução das cooperativas e associações contribuirão significativamente para o aumento da renda e melhoria das condições de trabalho.

Sem a coleta seletiva, faz-se necessária uma limpeza e seleção logo após a coleta, os diversos itens coletados possuem valorizações diferentes e quando contaminados perdem nos respectivos preços. Entretanto, a limpeza e seleção não permitem que se eliminem essas operações nas instalações fabris responsáveis pela reciclagem, pois são realizadas apenas para efeito de remuneração da coleta e não para aumentar a produtividade da indústria.

A preparação para transporte visa reduzir o volume dos materiais, que em sua maioria são de embalagens, que têm como característica principal transportar o maior peso líquido possível, portanto após o uso precisa ser prensado para viabilizar o transporte de volta para indústria. Normalmente é o que é feito com metais, plásticos e papéis. O vidro é triturado e acondicionado em depósitos. O transporte encerra o ciclo de retorno dos materiais para indústria. Resumindo:

1. Coleta;
2. Limpeza e seleção;
3. Preparação para transporte;
4. Transporte

4. UM ROTEIRO PARA IMPLANTAR A PRODUÇÃO ENXUTA

4.1. Um Roteiro Utilizando o Sistema de Produção Enxuta

O roteiro que é objetivo desse trabalho começa a partir do momento em que a empresa, através de seus gestores, decide iniciar o processo de implementação do Sistema de Produção Enxuta. Uma ampla avaliação deve anteceder a essa decisão, pois seu sucesso depende do apoio dado ao projeto por parte da direção. As pessoas que decidiram iniciar o processo de mudança precisam conhecer os princípios, conceitos e elementos constituintes do sistema de produção Enxuta. Pode-se recorrer a consultorias e treinamentos externos para impor uma maior velocidade ao processo de mudança, porém, uma equipe interna deve assumir a liderança do processo. O grupo definido participa de um treinamento sobre os princípios, fundamentos e técnicas do sistema, com o propósito de implantar e multiplicar os conhecimentos por toda empresa ou uma área piloto. Essa equipe deve ser constituída por pessoas que tenham liderança, bom domínio das rotinas dos processos e que representem as diferentes áreas envolvidas. Durante o treinamento, os participantes conhecem as diferenças básicas entre os sistemas de produção em um breve histórico sobre a evolução dos mesmos, considerando as condições que proporcionaram suas respectivas evoluções. O Sistema de Produção Enxuta é analisado quanto a sua evolução, incluindo as condições que motivaram seus criadores. Os princípios, as perdas e suas classificações, as técnicas empregadas para combatê-las, tudo deve ser tratado utilizando exemplos, de preferência da realidade local. Muito importante a aplicação de dinâmicas que consigam trazer a realidade do chão de fábrica para o treinamento, quando, por exemplo, os conceitos das perdas estiverem sendo tratados pode-se pedir a grupos para identificar e trazer para o treinamento fotos ou descrições das perdas que são encontradas nas operações. Sugere-se para treinamento a escolha de uma área piloto, se toda a operação for muito complexa, pois desta área virão os exercícios necessários para assimilação dos conceitos, princípios e técnicas do Sistema de Produção Enxuta. A figura 4.1 representa os passos propostos para o roteiro.

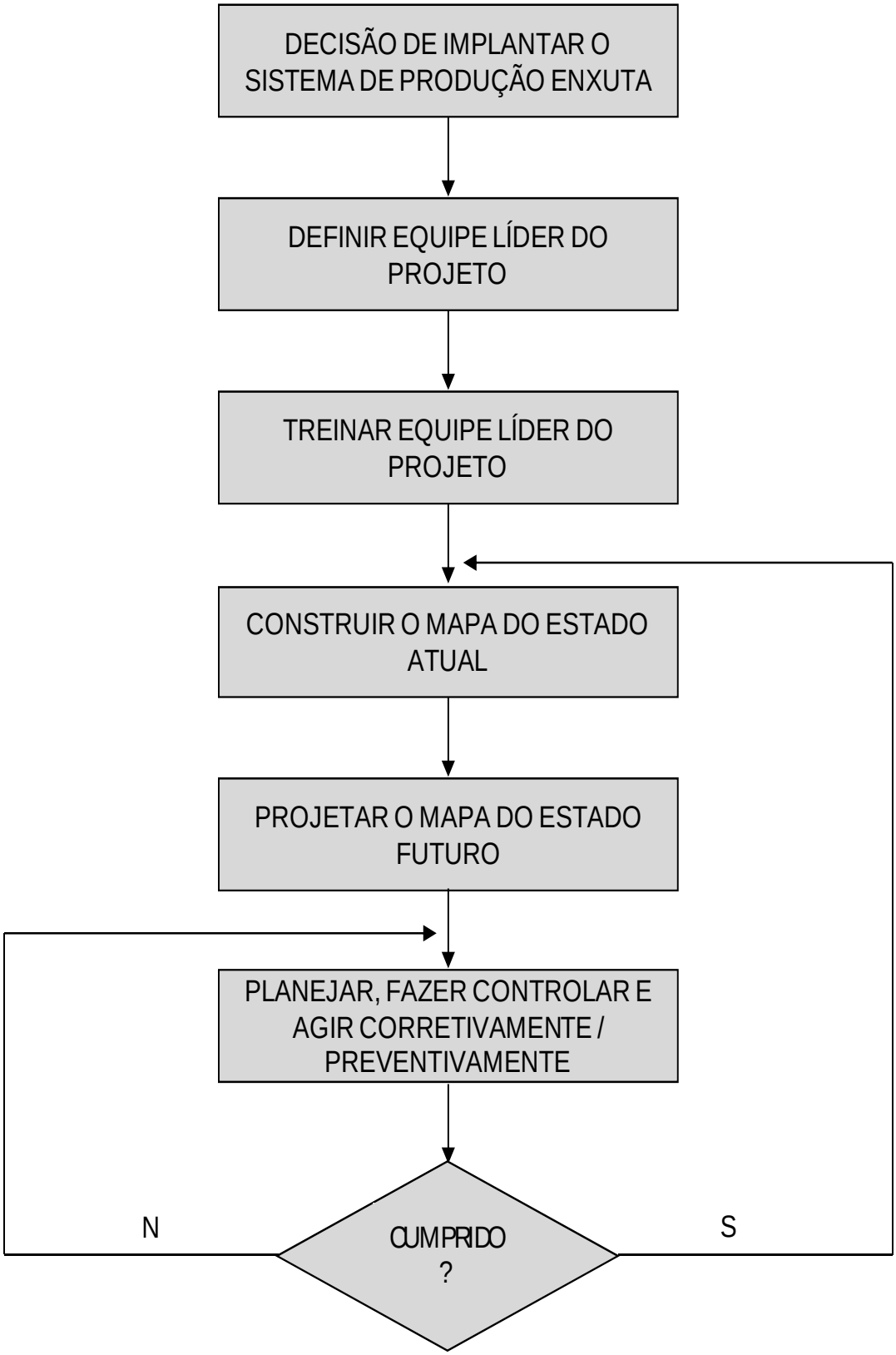


Figura 4.1 – Resumo do roteiro definido. Fonte: Autor (2008)

4.2. O Mapa do Estado Atual

A próxima etapa é realizar uma avaliação completa dos processos de fabricação no estágio atual. O Sistema de Produção Enxuta usa uma ferramenta denominada Mapa do Fluxo do Valor – Estado Atual. Este mapa representa o fluxo de materiais, de informações e os estoques entre processos. Recomenda-se, antes, uma rápida caminhada para se ter uma idéia geral sobre o fluxo, mas quando começar a mapear o processo, deve-se iniciar pela expedição final, pois é a área que está mais próxima dos clientes e suas necessidades, e ao realizar o mapeamento do cliente para o fornecedor, exercita-se uma forma de enxergar o processo a partir da visão do cliente.

O mapa do estado atual deve ser feito à mão, com lápis e papel, enquanto se percorre o processo, os dados devem ser coletados na planta, de preferência em conversas diretas com os responsáveis pelos equipamentos. Use seu próprio cronômetro, não considere os tempos estabelecidos, verifique-os.

Cada etapa do processo é representada por uma caixa de dados contendo informações como: tempo de ciclo, tempo disponível, quantidades de itens fabricados, tempos de troca, freqüência das mudanças de itens, tamanhos dos lotes, número de operadores e regime de trabalho, taxa de perdas. Os estoques são representados por triângulos e seus volumes são representados em unidades de tempo de consumo do processo cliente. Setas zebradas representam o fluxo do material, indicando o fluxo do material é empurrado do processo fornecedor para o cliente seguindo um planejamento central. Com estas informações é possível montar a linha de tempo, que representa o tempo de atravessamento do material ao longo da cadeia de produção, que é o *lead time* de fabricação. Dependendo do detalhamento do mapa, calcula-se o *lead time* de atendimento do pedido: é o tempo necessário para atender o cliente desde o instante em que o pedido é confirmado até o momento em que o cliente o recebe em suas instalações. Nesse estudo nos limitaremos a analisar a fabricação. A linha de tempo permite avaliar quanto tempo o produto passa agregando valor, quanto é desperdiçado em esperas, por exemplo, enquanto um lote aguarda a conclusão de um lote anterior para ser processado. As figuras 4.2, 4.3 e 4.4 apresentam ícones empregados na construção do mapa para representar os processos, transportes externos, fluxo de materiais empurrados.

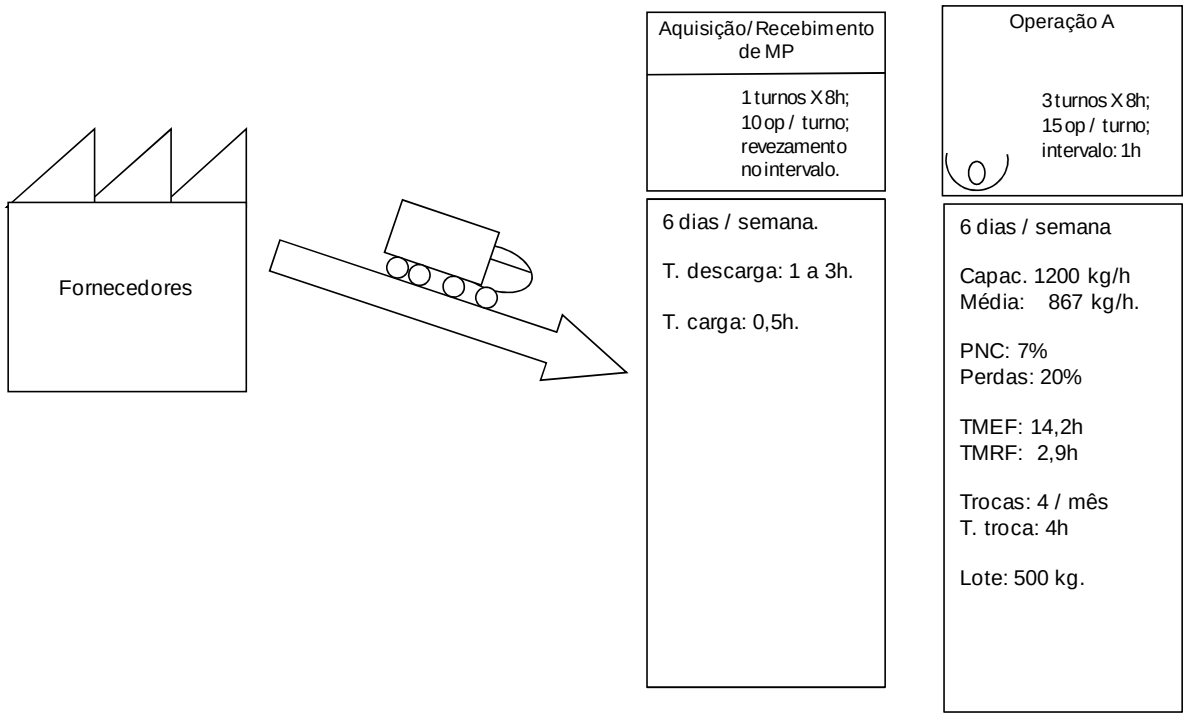


Figura 4.2 – Ícones empregados na construção do mapa. Fonte: Autor (2008)

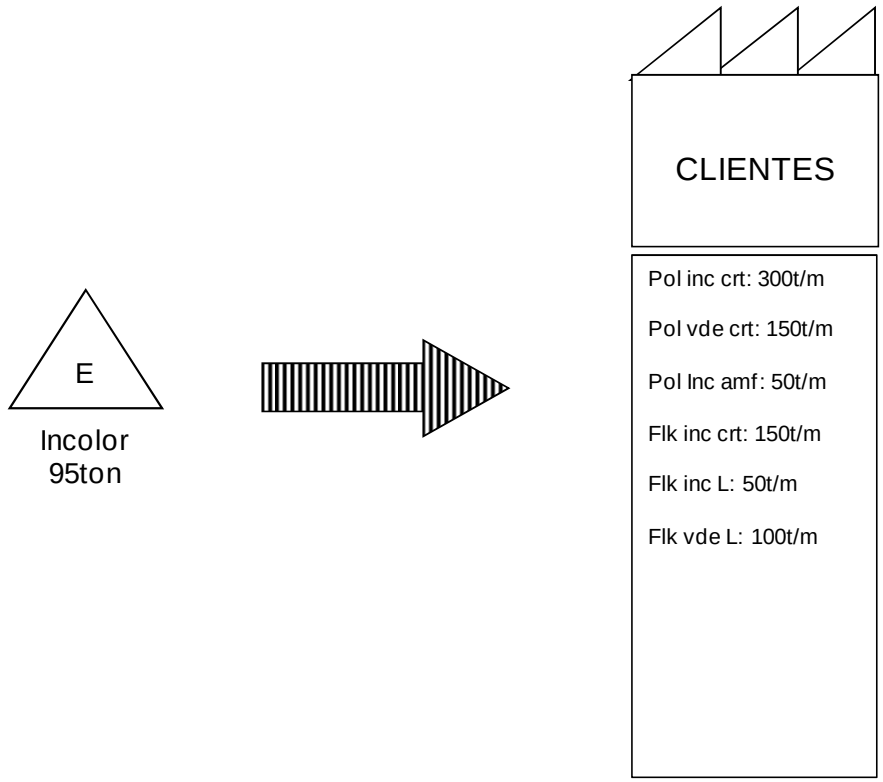


Figura 4.3 – Ícones empregados na construção do mapa. Fonte: Autor (2008)

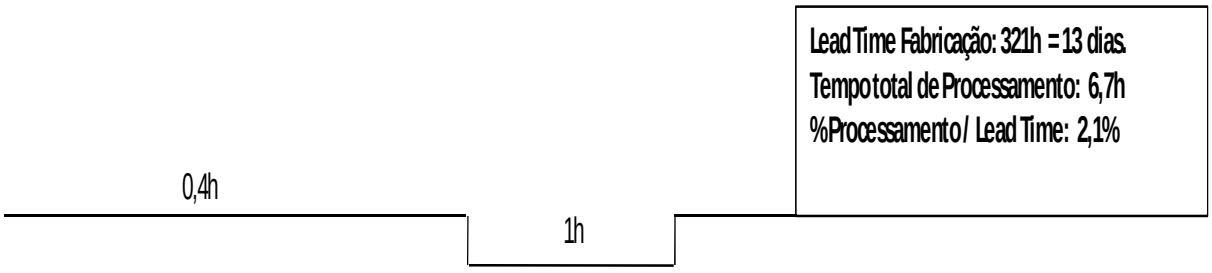


Figura 4.4 – Representação da linha de tempo. Fonte: Autor (2008)

Na parte superior do mapeamento as setas indicam o fluxo de informações. Desde a área comercial, passando pelo planejamento das vendas e chegando até cada processo da área produtiva. Os principais documentos empregados para transmitir as informações aparecem

representados no mapa nas linhas das setas. Normalmente as representações do conjunto de informações que transitam são complexas e mostram as reais dificuldades que existem nas empresas. A figura 4.5 mostra de modo simplificado como pode ser representado o fluxo de informações.

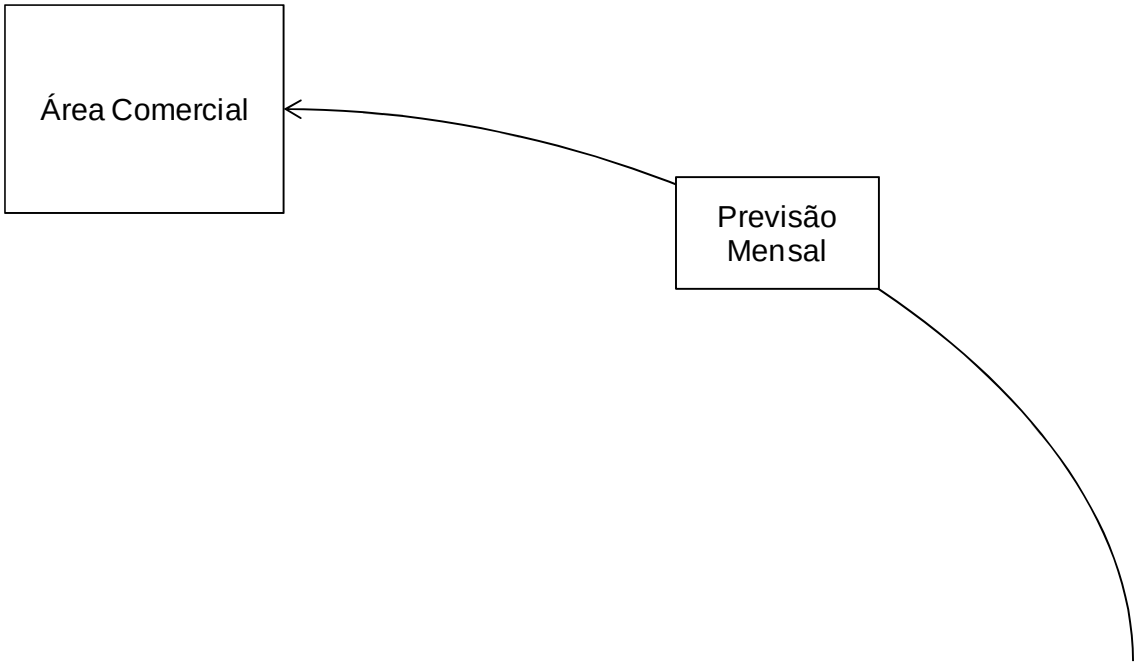


Figura 4.5 – Representação de parte do fluxo de informações. Fonte: Autor (2008)

O mapeamento do estado atual é uma representação do fluxo de materiais e de informações existentes na planta. Indica as fontes de desperdício da cadeia, contribuindo para uma visão completa e permitindo o planejamento de ações integradas. É uma ferramenta qualitativa que apóia o planejamento ao oferecer a visão do que realmente é necessário fazer para cumpri-lo.

4.3. O Mapa do Estado Futuro

Conhecendo-se o estado atual através do mapeamento realizado, pode-se projetar o estado futuro. É o momento de exercitar o conhecimento adquirido no treinamento, quais foram as perdas identificadas e quais as soluções possíveis. As prioridades devem estar alinhadas com o planejamento estratégico. É comum ocorrer dificuldade no desenvolvimento do mapa do estado futuro. A etapa é de identificar o que falta para tornar o fluxo do processo em estudo enxuto, mesmo que limitado pelo nível de conhecimento e informação das pessoas

envolvidas, alguns passos devem ser dados. A determinação dessa busca trará mais conhecimento e avanços. O mapa do fluxo do valor, estado futuro, é a visão da evolução almejada. Os ícones empregados são semelhantes, contudo com a aplicação de técnicas enxutas, por exemplo, a produção puxada pelo cliente usa-se a representação conforme a figura 4.6.

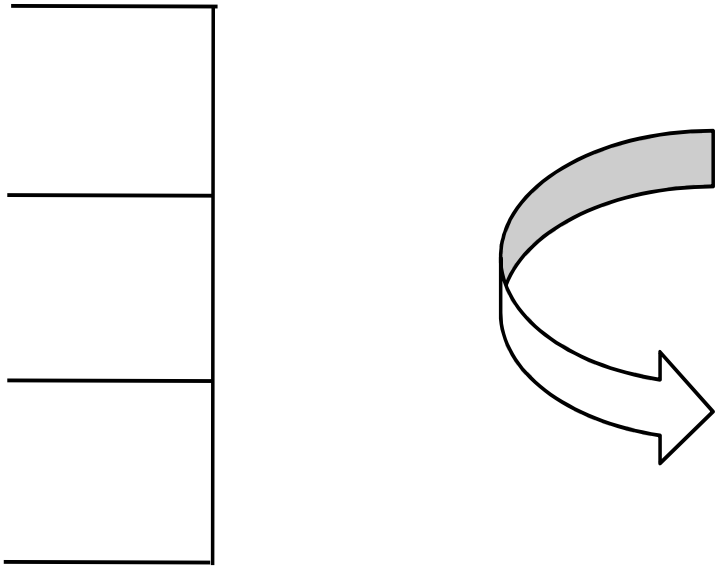


Figura 4.6 – Representação de um supermercado com a "puxada" do cliente. Fonte: Autor (2008)

Após definidas as melhorias propostas deve-se estimar as reduções previstas de estoques, por exemplo, e converter em unidade de tempo para se ter uma idéia do avanço que será dado. Quaisquer outras melhorias como reduções de *setups*, aumentos de produtividade, melhoria de indicadores de manutenção e qualidade que apresente impacto devem ser estimadas e consideradas na linha de tempo. Estas informações serão usadas para avaliar o avanço obtido com as melhorias.

4.4. Planejando e Implantando

Com o estado futuro definido, precisa-se estabelecer o planejamento e iniciar as implementações. Deve-se responder as perguntas: O quê? Quando? Quem? Onde? Como? E, por quê? É uma etapa que requer bastante esforço e atenção para não perder de vista os detalhes. No Sistema de Produção Enxuta, utiliza-se um relatório denominado de A3, devido às dimensões do papel empregado originalmente. O A3 contém informações básicas sobre a

empresa, as necessidades do negócio, condição atual, condição alvo, atividades para sair da condição atual e atingir a condição alvo e Indicadores para avaliação do sucesso da implementação. O A3 segue os princípios usados pelo ciclo do PDCA, planejar, fazer, verificar, atuar e reiniciar novo ciclo até que o planejamento inicial esteja implantado. Quando isso ocorrer, significa que o mapa do fluxo do valor – estado futuro transformou-se no estado atual e um novo ciclo deve ser iniciado.

4.5. Resumo do Roteiro Proposto

Resumindo as etapas necessárias para definir o roteiro de melhoria do processo fabril da planta recicladora, usando o Sistema de Produção Enxuta como referência, cita-se:

1) Definição da decisão de implantar o Sistema de Produção Enxuta por parte da Diretoria;
2) Escolha do grupo de estudo do sistema que multiplicará os conhecimentos no chão de fábrica e participará diretamente da implantação. É importante um grupo heterogêneo, de diversas áreas da fábrica: do planejamento, da operação, da engenharia industrial e manutenção. Este grupo precisa contar com o apoio de quem decidiu pela implantação;
3) Treinamento do grupo sobre princípios, técnicas e ferramentas do Sistema de Produção Enxuta, exercícios com simulações que representem condições reais do processo;
4) Mapeamento do fluxo do valor do estado atual percorrendo a fábrica porta a porta, coletando e medindo dados, contando os estoques, identificando as perdas fundamentais. Desenhar o mapa do estado atual com a linha de tempo e o fluxo de informações;
5) A partir da análise do estado atual, construir o estado futuro. Este mapa deve ser orientado pelos objetivos do negócio eliminando as perdas que afastam os resultados obtidos dos desejados;
6) Planejar, fazer, controlar e agir. Usando os princípios do ciclo PDCA, realizar cada ação de melhoria controlando e agindo corretiva ou preventivamente até alcançar o estado futuro desenhado;
7) Retornar a etapa 4 e continuamente perseguir a completa eliminação das perdas construindo o estado futuro cada vez mais próximo do ideal.

5. ESTUDO DE CASO EM UMA RECICLADORA DE PET

Em seguida será descrito o processo de uma empresa recicladora de PET, que compra garrafas de refrigerante pós consumo de cooperativas de catadores ou de atravessadores e as processa industrialmente recolocando o produto em condições de uso para indústria têxtil, de embalagens de produtos não alimentícios.

A empresa a ser analisada no estudo de caso é uma empresa pernambucana que vem atuando no mercado de reciclagem de PET há seis anos, foi fundada em março de 2002. É constituída de duas plantas, uma unidade em Comporta e outra em Prazeres, ambas no município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. As duas plantas empregam aproximadamente 180 funcionários e têm um faturamento anual em torno de 25 milhões de reais, com clientes de prestígio e líderes dos setores onde atuam. Suas atividades iniciaram na unidade de Comporta que possui na sua instalação equipamentos para a moagem de embalagens PET. Na unidade de Prazeres, além da moagem, têm equipamentos para produção de grão amorfo e cristalizado, produtos com maior valor agregado.

O processo de aquisição de matérias primas é complexo, exige uma contínua prospecção e desenvolvimento de novos fornecedores, em um mercado onde não existe a exata noção da qualidade de fornecimento e a relação cliente – fornecedor é confusa. A participação de cooperativas e associações de coletores na venda de embalagens de PET para reciclagem ainda é baixa e depende muito de apoio das instituições para se desenvolver, ofertando qualidade e quantidade. Os maiores fornecedores são pequenos empresários originários do ramo de sucatas, que já possuem galpões e prensas para selecionar e enfardar as garrafas, operando muitas vezes com transporte próprio. Diferentemente da aquisição de matéria prima de uma empresa que não é do ramo de reciclagem, que é feito um pedido das quantidades e mix desejados, uma empresa de reciclagem está submetida a um mix histórico de entrega de matéria prima ofertada pelos fornecedores. Essa condição dificulta o controle de estoque de matéria prima. Para adquirir garrafa incolor, a que gera produto de maior valor, as empresas de reciclagem são obrigadas a comprar as demais cores e tipos de garrafas.

O recebimento das embalagens a serem recicladas ocorre nas instalações em Prazeres, onde a empresa possui balança para controle das cargas por tipo e cor. A matéria prima é basicamente constituída de garrafas de refrigerantes; em menores quantidades, são entregues garrafas de vinagre, óleo vegetal, água mineral, medicamentos, isotônico, produtos de higiene e limpeza, bandejas, etc. São entregues prensados em fardos com formato de cubo com peso

aproximado de 100 kg. No momento do recebimento deve-se avaliar o fardo com relação à homogeneidade do material, quanto à cor e o tipo, a limpeza, maior densidade possível, fechado com ráfia e fitas de arquear, que também são originários de PET reciclado. Não é raro encontrar materiais metálicos, garrafas com solventes de tinta, arames, pedras, garrafas ou rótulos de outros materiais vendidos nos fardos de sucata. Os fardos são separados e estocados em um *lay-out* específico no pátio por cor e tipo. Essa separação é importante, permitindo selecionar a matéria prima de acordo com a programação de fabricação e o tipo de aplicação do cliente final.

O processo seguinte é o início do processamento industrial. Os fardos, abastecidos de acordo com a programação de produção, são abertos e transportados por rosca para a esteira de seleção. No transporte, em função do corpo da rosca ser vazado, uma parte dos rótulos e tampas soltas, pedras, areia, pedaços de metais, madeira são purgados do processo. Na esteira são retirados os materiais distintos do PET ou de cores diferentes da cor que está sendo produzida. O método empregado é por inspeção visual e intervenção humana. Também são encontrados materiais ferrosos e não-ferrosos, madeira, pedra entre outros. As contaminações por materiais ferrosos são identificadas por detector de metais e certamente causarão algum tipo de parada em equipamentos se não forem retiradas.

A esteira é a última barreira para retirada do Policloreto de vinila (PVC) antes do material em processamento seguir para a moagem. O transporte até a moagem também é feito por roscas helicoidais, cujo corpo, na parte inferior, apresenta um conjunto de furos para tirar parte das tampas e rótulos e também areia e sujeiras de modo geral. Essas roscas têm pontos de água para, através de jatos, realizarem a limpeza do material em processamento e contribuir para aumento da vida útil das facas dos moinhos e demais equipamentos que trabalham sob condições severas, devido à presença de areia, lama.

Na moagem o processamento é dividido em dois estágios, de modo a escalonar o corte e obter o *flake* nas dimensões finais. O material resultante dessa operação é conhecido como *flake* de PET. A quantidade de Polipropileno (PP) e Polietileno (PE) nesse estágio do processo ainda é alta. O PP que é empregado na fabricação das tampas de garrafas PET. O PE é usado para os rótulos das mesmas embalagens. A maior parte da retirada do PP-PE ocorre no tanque de separação; o *flake* é transportado por roscas até ele. O processo ocorre por diferença de densidade: o *flake* afunda e o PP e o PE flutuam, sendo segregados e vendidos como subprodutos da reciclagem do PET. Uma pequena parcela do PE que permaneceu colado no *flake* ainda avança no processo e só será retirado em uma etapa seguinte. Após o

tanque de separação, o *flake* passa por um enxágüe e secagem através de ventilação forçada com exaustores, é embalado em big-bag e pesado. Para alguns tipos de aplicações e clientes o material está acabado, é o *flake* lavado. O *flake* produzido e embalado é colocado no lay-out específico e aguarda a análise das contaminações realizadas pelo Controle da Qualidade. É avaliada a presença de contaminantes como PP, PE, PVC, material degradado, presença de outras cores, não metais e metais.

A umidade também é avaliada e deve ser inferior a 1%, caso o *flake* já siga para algum cliente a partir desse estágio. Quando o índice dos itens analisados ultrapassa o máximo de contaminação permitida, o Controle de Qualidade (CQ) identifica a embalagem como bloqueada e define a necessidade de retrabalho, ou encaminha para uma aplicação que tenha uma maior tolerância. Os lotes aprovados que continuam em processo seguem para uma lavagem a quentes e, com uso de detergente industrial, conhecida como super lavagem. Esse processo tem como propósito reduzir os resíduos de cola, retirar o PE que permaneceu colado no *flake* e aumentar a limpeza geral do material. No final desse, o material é submetido à nova inspeção e o mesmo procedimento para o caso de bloqueio é empregado, lote produzido aguarda disposição a ser definida pelo CQ. Caso a opção de compra do cliente foi por *flake* super lavado, este deve ser cristalizado. O cristalizador tem como finalidade secar e reorientar as cadeias de moléculas para manutenção das propriedades desejadas do PET.

Sendo a opção de compra por grão, depois de super lavado, o processamento seguinte é a extrusão. Os lotes aprovados são alimentados no pré-secador. Nesse equipamento o material é aquecido por atrito e um exaustor retira o ar com parte da umidade e pó do processo. O *flake* é então transportado para uma câmara a vácuo, onde a temperatura e o tempo de permanência reduzem a umidade, minimizando o risco de degradação pela hidrólise do PET na extrusão. A hidrólise causa amarelamento do grão e perda do índice de viscosidade, o que representa perda das propriedades desejadas. Em seguida, o grão é extrudado, filtrado, cortado e embalado, é o grão no estado amorfo. A extrusora utilizada é um equipamento certificado pelas agências de controle dos EUA e países da comunidade européia para o processo *bottle-to-bottle*, que permite a reutilização do PET para garrafas de alimentos. É a fase do processo que emprega mais tecnologia, usando um sistema supervisório computadorizado para controlar velocidades, temperaturas, tempos de permanência, entre outros parâmetros importantes na garantia da qualidade do produto. O polímero amorfo, como nas etapas anteriores, fica em transição aguardando parecer do CQ, sendo agora analisado quanto ao corte, amarelamento e índice de viscosidade do grão produzido. Uma parte dos clientes

compra o grão no estado amorfo. Resta ainda a cristalização dos grãos como etapa de processamento. O equipamento empregado é o mesmo utilizado para cristalização do *flake*, apenas são alterados alguns parâmetros de processo. No cristalizador, o material em processamento é submetido a um jato de ar aquecido, para secar e reorientar as cadeias de moléculas, para manutenção das propriedades desejadas do PET. Após a conclusão da cristalização o polímero fica aguardando a análise do controle da qualidade; sendo aprovado, encontra-se disponível para a Expedição e Logística encaminhar para os clientes.

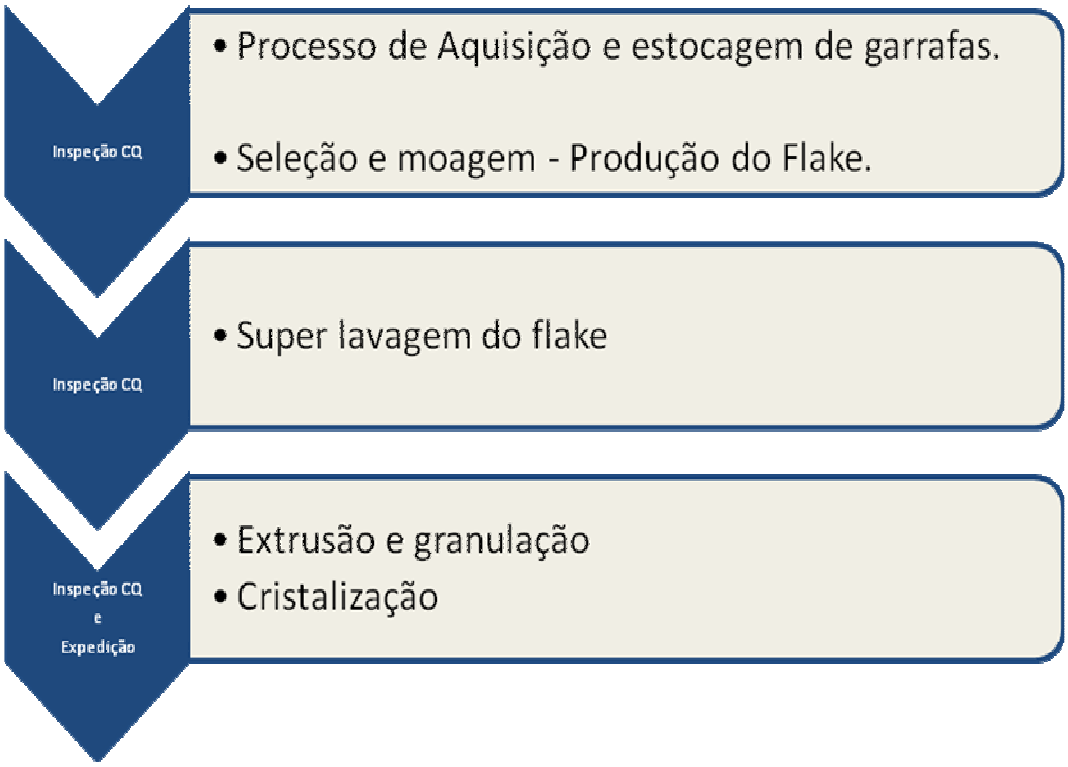


Figura 5.1 – Resumo do fluxo do processo de reciclagem – PET. Fonte Autor (2008)

Ao longo de todo processo, cada lote produzido é identificado com uma etiqueta que registra a sua condição em Aprovado ou Bloqueado, a data e o turno de fabricação, o nome do produto e a área que o processou. Os lotes bloqueados recebem o tratamento recomendado pelo CQ. Os aprovados estão liberados para seguir no processo ou para os clientes. Na expedição, os lotes recebem um lacre e uma etiqueta final que substitui a de processo e que está vinculada ao número do lacre, permitindo rastreabilidade em caso de alguma reclamação de cliente. Apesar da empresa em estudo não ser certificada, ISO 9001, vários passos foram dados com esse propósito. Depois de treinamento realizado com apoio de uma empresa de consultoria, reuniões de análise crítica são realizadas mensalmente, procedimentos escritos dos processos, relatórios de ações corretivas e preventivas, auditorias e rastreabilidade de cada

lote produzido fazem parte da rotina de trabalho. Quando a certificação da ISO for uma exigência desse mercado, a empresa já terá várias etapas realizadas e, com relação ao Sistema de Produção Enxuta, as operações padronizadas são recomendadas como um elemento importante na busca da estabilidade do processo. O sistema de informações usado para planejamento e controle da produção não é integrado e requer reuniões semanais e muitos controles manuais, além de um monitoramento intensivo por parte dos coordenadores. Está em estudo a aquisição de um sistema de informações que integre todas as operações.

Os resultados obtidos pela empresa têm sido suficientes para cumprir os compromissos financeiros. As operações ainda não permitem um retorno que viabilizem mais investimentos e o retorno do investimento realizado não atende as expectativas do investidor, quando comparados a outros investimentos. Na relação comercial com os clientes a empresa possui um bom conceito de aceitação em função da qualidade dos produtos e ao cumprimento de prazos. Os volumes ofertados apresentam-se abaixo do demandado pelo mercado; percebe-se uma grande oportunidade para desenvolvimento do negócio. Aumentando-se o volume da produção de grãos e controlando-se as perdas ao longo do processo de fabricação, a área industrial da empresa estará contribuindo para ultrapassar com estabilidade a linha do equilíbrio financeiro.

A manutenção e o desenvolvimento do bom conceito da qualidade dos produtos têm no sistema da qualidade uma referência de trabalho já estabelecida. Contudo, conceitos como: autonomação, melhoria contínua, inspeção na fonte, ação imediata, os dispositivos a prova de erros do Sistema de Produção Enxuta contribuirão para aumentar a participação dos funcionários na garantia da qualidade. Neste ano, a empresa iniciou um programa de premiação dos funcionários, o Pet idéias, por sugestões apresentadas que contribuam para melhoria do trabalho, algumas já implantadas confirmam as expectativas. Para o cumprimento das metas atuais de produção não é necessário investimento na aquisição de equipamentos, é suficiente realizar médias de produção coerentes com a capacidade dos equipamentos. Outro aspecto a ser considerado é buscar estabilidade nas operações dos equipamentos através da utilização de métodos de trabalho padronizados, implantação de um programa de manutenção eficaz e que conte com a participação dos operadores das máquinas. É importante o roteiro contribuir com ações para o cumprimento dos seguintes objetivos da empresa:

- Atendimento a 100% das vendas realizadas;
- Não ocorrer devoluções de clientes;
- Os equipamentos deverão ter taxas de utilização acima de 90%.

5.1. Mapa do Fluxo do Valor do Estado Atual

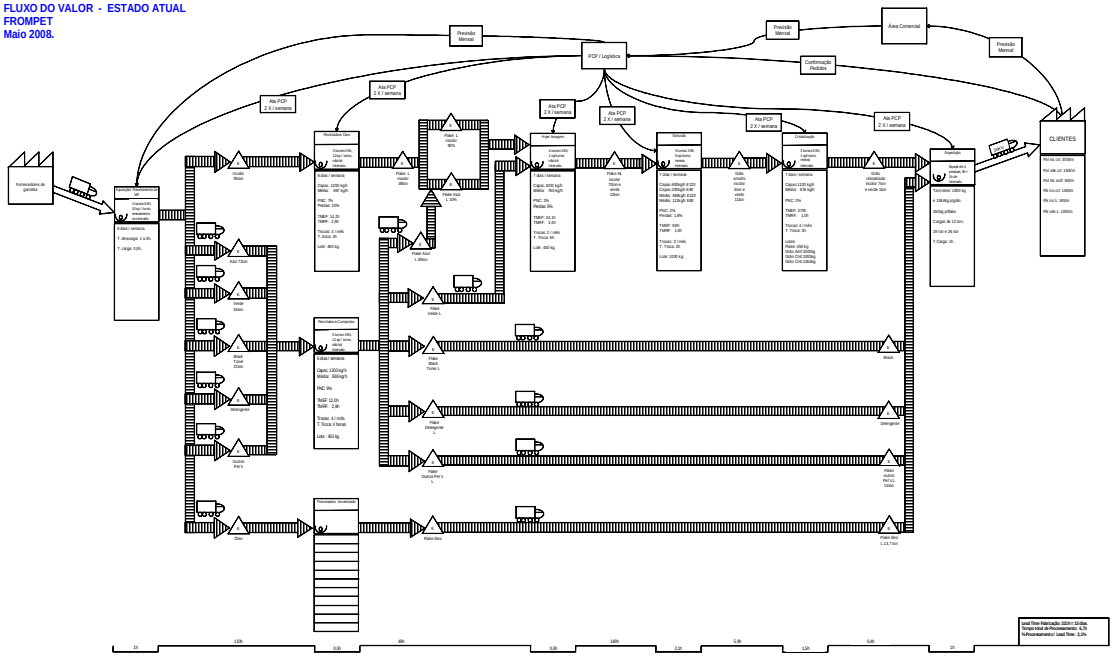


Figura 5.2 – Mapa do estado atual da operação da empresa de reciclagem de PET. Fonte: Autor (2008)

A figura 5.2 é uma representação simplificada do processo da empresa recicladora de PET, utilizando a técnica de mapeamento do sistema de produção Enxuta, no Apêndice 1 é apresentado em formato A3 para melhor visualização dos dados. O fluxo de materiais foi representado da esquerda para a direita e as setas zebradas indicando o fluxo empurrado, característico do sistema de produção em massa. Cada processo produz o máximo da sua capacidade sem considerar as necessidades do processo cliente, a partir de uma programação. Os triângulos representando os estoques de matéria-prima, material em processo e produto acabado. A presença de grandes estoques indica descontinuidade no fluxo e é conseqüência do sistema de programação, da falta de sincronismo entre os processos e também da instabilidade dos equipamentos. Na caixa de processo da hiperlavagem o tempo médio entre falhas é de 24h, o que significa uma quebra a cada dia. No estoque de matéria-prima (sucata de garrafas) percebe-se falta de algumas cores e excesso de outras, conseqüência do mercado fornecedor. Nota-se, através dos ícones, o transporte realizado por caminhões: na entrega de matéria-prima, entre as duas unidades transportando garrafas e retornando com material em processo, e no transporte final do produto acabado para os clientes. Muito tempo é desperdiçado no transporte entre as unidades deslocando matéria prima e retornando com

produto semi-acabado. Cada processo foi representado por uma caixa com os respectivos dados: tempo de ciclo, quantidade de itens fabricados, tempo de troca, quantidade de trocas realizadas por período, quantidade de pessoas por turnos, regime de trabalho, taxas de perdas, capacidade.

Na parte inferior da figura está desenhada a linha de tempo, neste caso, do início da fabricação até a expedição, representando o *lead time* de fabricação. Os estoques representados por unidade de tempo são considerados no cálculo. O *lead time* de fabricação indicado no mapeamento atingiu 13 dias, contra apenas 6,7 horas empregadas para processamento. Esta informação aponta para uma grande perda em esperas dos lotes nos estoques.

Na área superior do mapa está representado o fluxo de informações. Linhas e setas indicam a comunicação entre os clientes e a empresa recicladora, entre a área comercial e o planejamento e por último a informação chegando à linha de produção. Nota-se que o fluxo de informações é da direita para esquerda, dos clientes para a fábrica, o contrário do fluxo de materiais. O fluxo de informações mostra uma centralização no PCP exigindo uma intensa quantidade de comunicação para cada processo de fabricação. Os estoques são diariamente contabilizados para avaliar o andamento da programação e cumprimento dos prazos.

A caixa de dados “Clientes” representa um resumo da demanda total mensal da recicladora por tipo de item fabricado. O tamanho dos lotes de expedição, turnos de trabalho ou outras informações específicas que estão representadas na caixa referente à expedição.

O mapeamento indica os pontos onde estão ocorrendo as principais perdas ao longo da cadeia de valor e serve de base para construção de um estado futuro mais eficiente.

5.2. Mapa do Fluxo do Valor do Estado Futuro

A figura 5.3 apresenta uma visão geral do mapa com o novo fluxo de informação e materiais. No apêndice 2 é apresentado o mesmo mapa em formato A3 para completa visualização dos dados.

Quando concluído o mapa do estado atual da planta recicladora, a indicação de que só 2,1% do tempo de total correspondem ao processamento, valoriza a necessidade de atuar enxergando o conjunto. Foi sugerida a inclusão de um supermercado substituindo o estoque de produto acabado no mapa do estado futuro. A idéia foi iniciar um processo puxado pelo cliente a partir da expedição. Este processo receberá o programa de entregas, retirará o material necessário e dará partida a uma programação automática no processo inicial, que

seguirá por filas até o supermercado. Um sistema de cartões informará o que produzir, quando produzir e quanto produzir, é o sistema Kanban. A expectativa é de reduzir o tempo total de atravessamento em 6%, estimado de acordo com a redução do estoque causado pelas filas e representado na linha de tempo. De 13 dias de tempo total de atravessamento no mapa do estado atual, cairá para 12 dias de acordo com a condição alvo.

Outro aspecto identificado foi a necessidade de ter mais estabilidade com os equipamentos. É preciso aumentar o tempo médio entre a ocorrência de falhas e diminuir o tempo médio para reparo dos mesmos. O rendimento médio dos equipamentos está oscilando entre 70 e 78%, quando comparados com a capacidade dos mesmos. A implantação da manutenção autônoma e manutenção planejada contribuirá para esta finalidade, ambas são pilares da Manutenção Produtiva Total, um dos programas utilizados pelo Sistema de Produção Enxuta. São características importantes deles a capacitação dos colaboradores da operação e manutenção, melhorando a integração entre as áreas. Recomenda-se também o desenvolvimento das instruções de trabalho, pois, enquanto são construídas no chão de fábrica, propiciam uma análise dos tempos e métodos, contribuem com melhorias, são uma excelente oportunidade para revisar o treinamento de todos os colaboradores, aumentando a segurança do trabalho e, padronizando as operações, constituem uma boa base para a melhoria contínua.

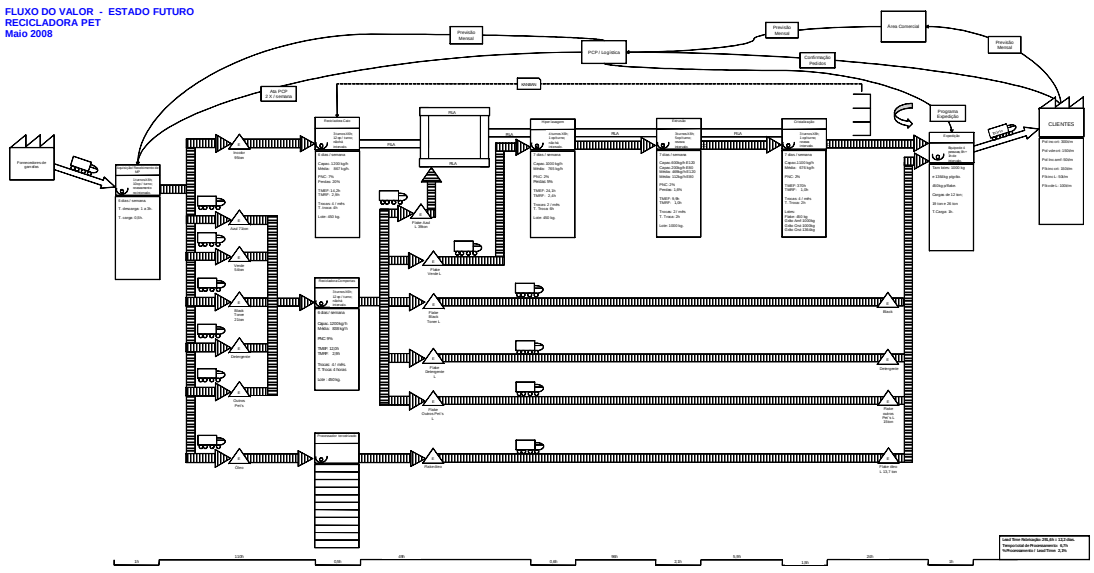


Figura 5.3 – Mapa do estado futuro de operação da empresa de reciclagem de PET. Fonte: Autor (2008)

5.3. Planejamento e implantações

Na rotina de trabalho de toda atividade o planejamento é necessário, principalmente quando o trabalho a ser realizado alterará profundamente as rotinas. Ao iniciar a implantação e na evolução do Sistema de Produção Enxuta, também se recomenda a utilização do ciclo PDCA: planejar, fazer, verificar, agir corretiva ou preventivamente e reiniciar novo ciclo até que o que foi planejado esteja concluído. Uma ferramenta possível de se empregar é o A3, o nome deriva do formato padrão das folhas de papel usadas inicialmente, que permitia condensar as informações necessárias em um único documento. Os elementos constituintes do A3 são apresentados na figura 5.4 e no Apêndice 3. As informações básicas relatam de uma forma geral o cenário que a empresa encontra-se inserida.

As necessidades do negócio definidas a partir do planejamento estratégico da empresa são apresentadas no quadro seguinte, servindo de referência para as análises e direcionando o esforço de melhoria.

A condição atual fica bem definida pelo mapa do estado atual, com informações dos processos, linha de tempo e o fluxo de informação.

O mapa do estado futuro representa a condição alvo, com as quais pretende-se atingir os objetivos.

As atividades necessárias para transformar o mapa do estado atual em futuro, também denominadas de atividades *Kaizen*, são relacionadas ao lado dos responsáveis e dos prazos estabelecidos para conclusão das tarefas. Enquanto as atividades vão sendo controladas para que sejam plenamente implantadas, deve-se acompanhar a evolução dos indicadores para medir o quanto os resultados estão sendo eficazes. O Gerente do fluxo do valor, que é o responsável por todo processo, deve estar atento neste controle para as devidas correções de rumo.

Quando o mapa do estado futuro estiver transformado em realidade, um novo ciclo deve ser iniciado. Toda experiência adquirida ajudará no traçado de um estado futuro mais ousado.

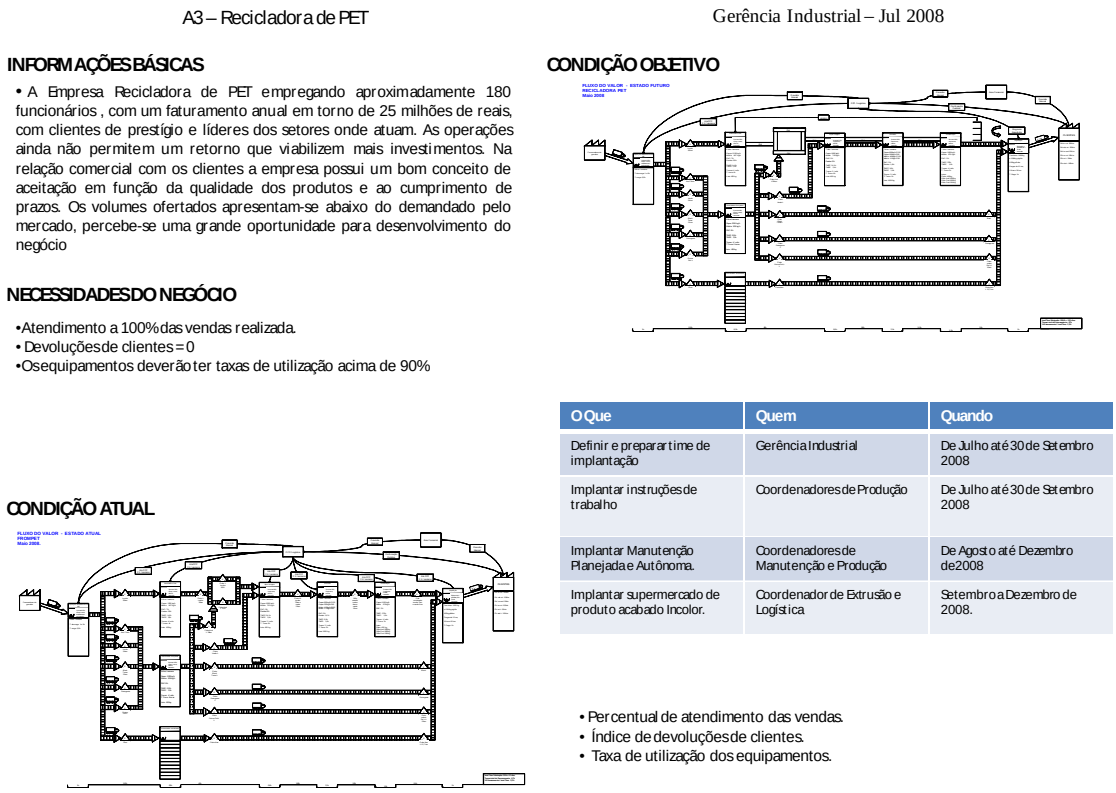


Figura 5.4 – O planejamento e controle da implementação para a Recicladora – A3.
Fonte: Autor (2008)

5.4. Resultados

Embora melhorias pontuais estejam sendo realizadas, como mostrado nas figuras seguintes, inicia-se um processo estruturado para obter um resultado contínuo de evolução.

Estas poderiam ter sido implantadas independentemente, sem necessariamente estarem inseridas em um planejamento, a diferença é que com a visão do mapa pode-se avaliar o possível impacto, por exemplo, na redução do tempo total de atravessamento do produto através dos processos da cadeia completa de agregação de valor.

No processo de levantamento das informações para o mapeamento do estado atual verificou-se um processo informal de solicitação de manutenção, que gera perda de histórico tanto do que foi realizado como do que ainda ficava pendente. Para iniciar um processo de controle das manutenções solicitadas foi criado um formulário que também permitirá avaliar a qualidade dos serviços realizados e somados aos registros de produção contribuirá para transformar os dados em informações mais precisas para ações corretivas e preventivas, por exemplo, direcionamento de treinamento para equipes de manutenção.

O processo de construção das instruções de trabalho foi outra necessidade identificada com o mapeamento, embora já existisse essa demanda por parte do Sistema da Qualidade,

ficou evidenciada a necessidade de priorizá-las devido a observação de diferentes métodos no mesmo posto de trabalho. Contribuem para este fato a rotatividade de pessoal e a falta de padrões no chão de fábrica para as operações. Esta atividade é uma excelente oportunidade para rever os métodos, determinar os tempos de ciclo das operações estabelecendo de forma técnica o quadro necessário de pessoas por operação, permitindo controle e melhoria da produtividade.

Iniciada de forma sistematizada o uso do por que cinco vezes, para investigar a causa raiz, inicialmente, na manutenção, porém com potencial de uso em segurança, qualidade e produtividade.

Seguem abaixo fotos de algumas pequenas melhorias realizadas a partir de sugestões dos funcionários, a empresa tem um programa de premiação para sugestões dadas por funcionários, e outras derivadas de observações enquanto o mapa do estado atual era construído. Exemplificando, na figura 5.5, a aproximação da balança da pesagem de *flake* do ponto de enchimento da embalagem, reduziu o transporte de materiais e a movimentação das pessoas. Iniciada uma campanha para redução de improvisos e restabelecimento das condições normais de funcionamento dos equipamentos, figuras 5.6 e 5.7.

Figura 5.5 – Mudança da balança reduzindo o transporte de material e movimentação das pessoas. Fonte Frompet (2008)

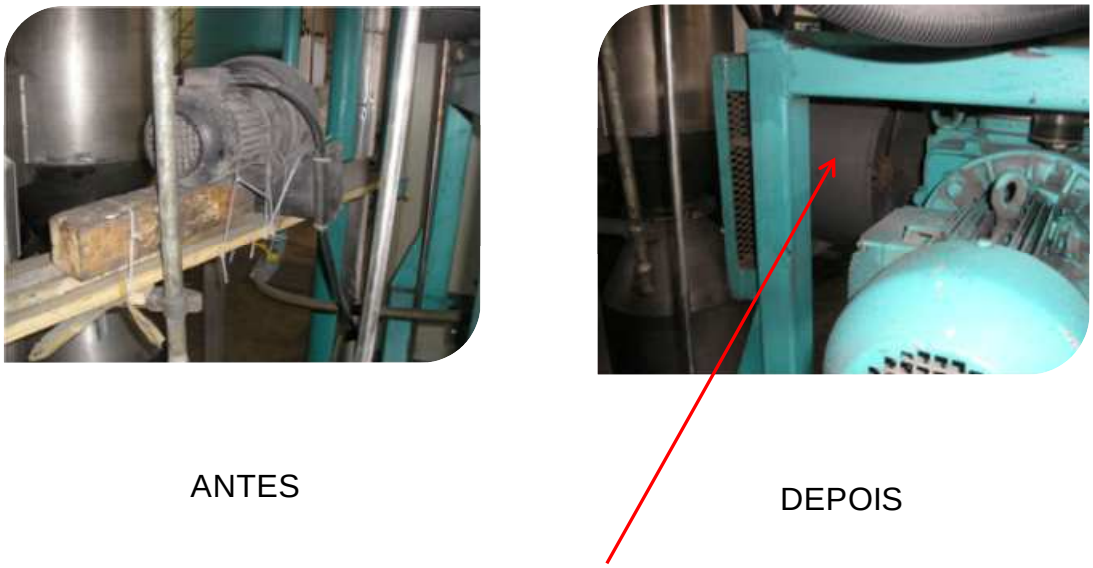


Figura 5.6 – Redução contínua dos improvisos, fixação de ventilador. Fonte Frompet (2008)

Figura 5.7 – Redução do tanque de separação. Fonte Frompet (2008)

A construção de um roteiro para implantação do Sistema de Produção Enxuta em uma recicladora representa um duplo desafio. As experiências com esse sistema de produção no Brasil ainda estão concentradas na indústria automobilística e seus fornecedores e a atividade de reciclagem de PET é relativamente nova a níveis industriais, assim, não foram encontrados relatos que abrangessem os temas e permitissem um estudo comparativo.

O trabalho limitou-se a construção do roteiro, as atividades propostas não foram iniciadas. As pequenas melhorias que foram executadas surgiram enquanto era realizado o levantamento de dados para construção do mapa no estado atual e futuro. Identificou-se que os trabalhos devem começar com ações que busquem padronização das operações e estabilidade no funcionamento dos equipamentos. Em seguida é que se torna possível avançar mais rápida e consistentemente.

A mudança para o Sistema de Produção Enxuta exige determinação e constância de propósito para sua completa assimilação pela cultura da empresa, desde a diretoria até os colaboradores. A construção de um ambiente de trabalho motivador é responsabilidade das lideranças envolvidas no projeto de implantação. Os resultados positivos devem ser divulgados e os negativos devem ser reavaliados e novas soluções serão criadas.

A escolha de uma equipe multidisciplinar, mas contendo pessoas de reconhecido compromisso com os resultados e um treinamento adequado, é um bom começo. A construção do mapa do fluxo do valor, estados atual e futuro, o planejamento e o controle das ações de melhorias, o acompanhamento dos indicadores de desempenho do negócio, todas etapas propostas do roteiro, conduzem a um processo sistemático de aprendizado e desenvolvimento do sistema de gestão da fabricação. Treinamento será de fundamental importância para realizar o que foi planejado e a continuidade da implantação do sistema de Produção Enxuta na planta recicladora de PET, aumentará a convicção do grupo contribuindo para evolução da empresa e das pessoas.

Não se encontra, no estágio atual, impactos consideráveis devido a construção do roteiro na empresa, é necessário implantar as ações planejadas, avaliar suas eficácias e reiniciar o processo. A cada novo ciclo, quando o estado futuro projetado tenha se transformado em estado atual, o time de implantação do projeto piloto terá aumentado suas convicções e a capacitação de um grupo maior é possível, permitindo uma expansão mais rápida dos conceitos e técnicas na cultura da empresa.

Embora, o estágio atual de desenvolvimento da empresa em estudo exija ações básicas de padronização das operações, manutenção preventiva sistemática, realizá-las, usando o sistema de Produção Enxuta como referencial, permitirá uma evolução estruturada e gradual. A contínua perseguição aos desperdícios seja por transporte, movimentação, materiais, ou outros, servem a qualquer tipo de negócio, em uma planta recicladora também é fundamental. Um mercado que tem evoluído com a entrada de novas empresas e que sempre concorrerá

com os fabricantes de resina virgem, precisa ter na redução de custos um importante meio de permanecer no negócio.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho desenvolveu um roteiro para aplicação do Sistema de Produção Enxuta no processo fabril de empresas recicladoras, com o propósito de aprimorar o sistema de fabricação desse tipo de empresa. Foi elaborado um estudo de caso para a aplicação desse roteiro em uma empresa recicladora de PET. O roteiro, apesar de considerar as interações existentes entre as diversas áreas, focou a produção. A área de fabricação de uma atividade pioneira, como é o caso da reciclagem de PET, associada a casos de melhorias de sistemas de fabricação baseados no sistema de produção Enxuta, apresentam um número limitado de relatos de experiências a serem utilizados como referências. O estudo de caso só cobriu a primeira fase de trabalhos. Mudanças mais consistentes só são possíveis com uma completa evolução de cultura da empresa, o que exige constância de propósito e repetidos ciclos de construção do estado atual, projeções do estado futuro e atividades de melhoria implantadas que transformarão a condição alvo em atual.

O roteiro é composto de 7 etapas, sendo que as 3 primeiras referem-se preparação. É o momento de decidir-se pela implantação, escolher e treinar a equipe que liderará o processo de mudança para a Produção Enxuta. Concluída a preparação, as 4 etapas restantes são: construir o mapa do estado atual, projetar o mapa do estado futuro, planejar e implementar as melhorias propostas e em seguida reiniciar o ciclo pela construção do mapa do estado atual e seguir projetando novos alvos para evolução. A construção do mapa do estado atual equivale à realização de um amplo levantamento do fluxo dos materiais e de informações. Um bom treinamento ajuda na identificação das perdas e favorece a identificação das possibilidades de melhoria ao comparar o estado atual com o modelo proposto para o Sistema de Produção Enxuta. O projeto do estado futuro consiste em criar soluções que minimizem as perdas identificadas na etapa anterior. É o processo de adequação ao modelo da Produção Enxuta ao propor a utilização de conceitos, técnicas e ferramentas, que reduzam ou eliminem as perdas que mais impactam no resultado desejado para o negócio. Com estado futuro definido realiza-se o planejamento das ações que transformarão o estado atual em futuro. Considera-se os objetivos do negócio para implantar ações alinhadas com o planejamento estratégico da empresa e deve-se controlar os avanços com indicadores de sucesso da implementação. Ao constatar algum insucesso, ações corretivas devem ser definidas para reorientar a execução do plano. Os princípios do PDCA *(Plan, Do, Check, Act)* são a referência desta etapa. O A3, nome do documento usado para planejar e controlar a implantação condensa em um só

documento as informações gerais do negócio, os mapas do estado atual e futuro, as ações de melhorias propostas indicando os prazos e os responsáveis e os indicadores. Quando o mapa do estado futuro tiver se transformado, pelas implantações, em estado atual, é o momento de recomeçar desenhando um novo estado futuro, continuando o ciclo de desenvolvimento do sistema de produção. Deve-se a cada rodada envolver um maior número de participantes nos projetos, porque consegue-se acelerá-los e a mudança da cultura da empresa torna-se real.

No estudo de caso da recicladora de PET, ao realizar-se o mapeamento do estado atual, cada processo da fabricação foi estudado quanto a informações de produção média e capacidade nominal, indicadores da qualidade, perdas do processo e manutenção. Buscou-se neste estágio identificar as principais perdas, entre outras, a presença de estoques desbalanceados entre os processos foi percebida. Na linha de tempo observa-se o que realmente é investido para gerar valor para o cliente. O resultado obtido de 6% do tempo em operações confirma uma grande perda através da espera. Evidenciada também a necessidade de aumento da taxa de utilização dos equipamentos.

No atual estágio de desenvolvimento da Produção Enxuta na recicladora de PET não se espera resolver os problemas com uma única rodada do ciclo do roteiro. Optou-se por trabalhar inicialmente na estabilidade. A manutenção planejada está em fase de implantação, juntamente com a manutenção autônoma, pilares da Manutenção Produtiva Total. O registro das manutenções solicitadas e realizadas melhora o controle sobre as atividades pendentes e realizadas. As instruções de trabalho, detalhamento da operação de cada posto, estão em fase de confecção e serão de fundamental importância para garantir o cumprimento das metas de qualidade, produtividade e segurança. Foi prevista a colocação de um supermercado na expedição, que seria o ponto de partida para puxar a produção. A idéia está em desenvolvimento e requer um levantamento da demanda diária por produto para dimensionamento. Inicialmente foi pensado em sinalizar a retirada para o primeiro processo, através de cartão, e os lotes seguiriam em fila para realizar a reposição do supermercado.

A visão sistêmica obtida com o mapeamento e a construção do A3 foi uma importante contribuição. Diferentemente de implantações de melhorias isoladas, é possível melhorar o resultado global com atuação concentrada nos ponto críticos.

6.1 Sugestões para futuros trabalhos

O sistema de Produção Enxuta por ter como característica, a perseguição e eliminação das perdas continuamente, está diretamente contribuindo para redução dos descartes de resíduos, que é a primeira orientação para um desenvolvimento sustentável: redução da utilização. Uma sugestão de estudo é a avaliação das relações entre a evolução do Sistema de Produção Enxuta e a Engenharia Ambiental. Quais os aspectos favoráveis e os desfavoráveis? Qual a contribuição que os conceitos, técnicas e princípios da Produção Enxuta poderão favorecer o desenvolvimento sustentável?

Outra possibilidade de estudo seria estender as técnicas e princípios da produção Enxuta a toda cadeia, incluindo as associações e cooperativas, oferecendo aos fornecedores da indústria da reciclagem um eficaz sistema de combate as perdas, focar no cliente e buscar a excelência na Qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAPEL E CELULOSE, São Paulo. *Relatório Estatístico BRACELPA 2007 / 2008.* São Paulo, 2008.

ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO, São Paulo. *ABIVIDRO Anuário 2008.* São Paulo, 2008.

BLACK, J. T. *O projeto da fábrica com futuro*. Porto Alegre, Bookman, 1998.

BRASIL. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. *Agenda 21 Nacional*. Brasília – DF, 2002.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000*. Rio de Janeiro, 2002.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – Ministério das Cidades. *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos 2006.* Brasília – DF, Julho 2008.

CAMPOS, Vicente Falconi**.** *TQC*: gerenciamento da rotina do trabalho. Rio de Janeiro, Bloch, 1994.

FORLIN, Flávio; FARIA, J. Assis. *Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas.* Polímeros Ciência e Tecnologia, volume 12, N° 1, p.1-10, 2002.

GHINATO, Paulo. *Sistema Toyota de produção:* mais do que simplesmente just in time. Caxias do Sul, Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996.

GHINATO, Paulo. Elementos fundamentais do sistema Toyota de produção. In: ALMEIDA, Adiel T. & SOUZA, Fernando M. C., ed. *Produção e competitividade:* Aplicações e Inovações. Recife, Editora da UFPE, 2000. Capítulo 2, p.1 – 19.

GRIPPI, Sidney. *Lixo, reciclagem e sua história:* guia para as prefeituras brasileiras. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2001.

GUIMARÃES, Igor. *Desenvolvimento de um modelo de sistema de gestão da qualidade em indústria de calçados.* Recife, 2002. 81p. (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção / UFPE).

JACOBI, Pedro. *Gestão compartilhada dos resíduos sólidos no Brasil:* inovação com inclusão social / Organização de Pedro Jacobi. São Paulo, Annablume Editora, 2006.

MOREIRA, Daniel Augusto. *Administração da produção e operações*. São Paulo, Pioneira, 2004.

OHNO, Taiichi. *O sistema Toyota de produção*: além da produção em larga escala. Porto Alegre, Bookman, 1997.

OSONO, Emi; SHIMIZU, Norihiko; TAKEUCHI, Hirotaka; DORTON, John K. *Relatório Toyota*. São Paulo, Ediouro Publicações, 2008.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. *Aprendendo a enxergar*. São Paulo, Lean Institute Brasil, 1999.

SCHERKENBACH, William W. *O caminho de Deming para a qualidade e produtividade*. Rio de Janeiro, Qualitymark Editora, 1990.

SANTOS, Amélia; AGNELLI, J. Augusto; MANRICH, Sati. *Tendências e desafios da reciclagem de embalagens plásticas.* Polímeros Ciência e Tecnologia, volume 14, N° 5, p.307-312, 2004.

SHINGO, Shigeo. *O sistema Toyota de produção*: do ponto de vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre, Bookman, 1996.

SHINGO, Shigeo. *Sistemas de produção com estoque zero*: o sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre, Bookman, 1996.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. São Paulo, Atlas S.A, 2002.

SMALLEY, Art. *Criando o sistema puxado nivelado*. São Paulo, Lean Institute Brasil, 2005.

SPINACÉ, Márcia Aparecida; DE PAOLI, Marco Aurélio. *A tecnologia da reciclagem de Polímeros.* Campinas, 2004, 16p. (Artigo – Instituto de Química / Universidade Estadual de Campinas).

STRATHERN, Paul. *Uma breve história da Economia*. Rio de Janeiro, Jorge Zahar , 2003.

TAYLOR, F; *Princípios gerais da Administração científica.* São Paulo: Editora Atlas, 1982.

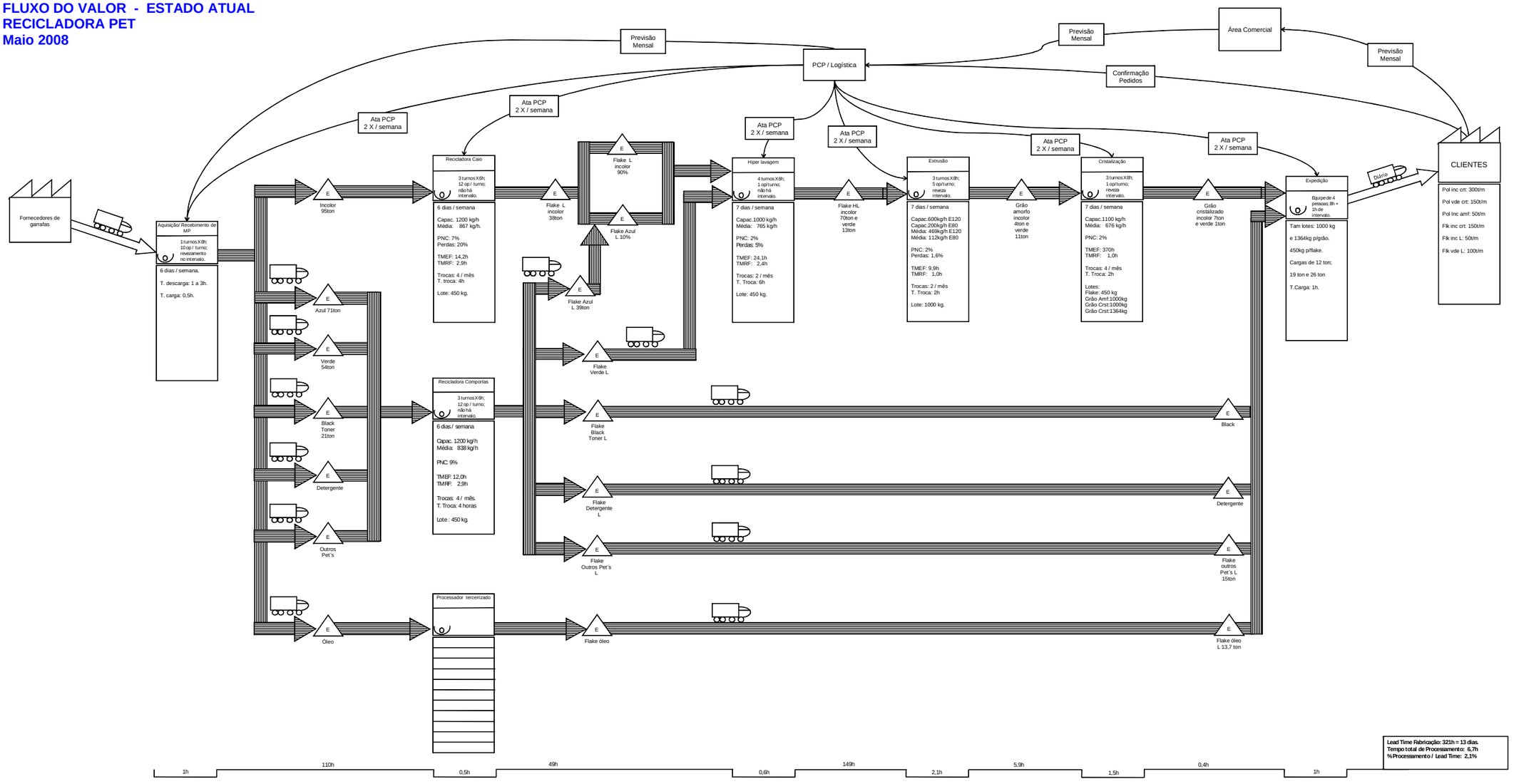
WOMACK, James; JONES, Daniel; ROOS, Daniel. *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro, Elsevier, 2004.

WOMACK, James; JONES, Daniel. *A mentalidade enxuta nas empresas:* elimine o desperdício e crie riquezas. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1998.

WOMACK, James; JONES, Daniel. *Soluções enxutas*. Rio de Janeiro, Elsevier, 2006

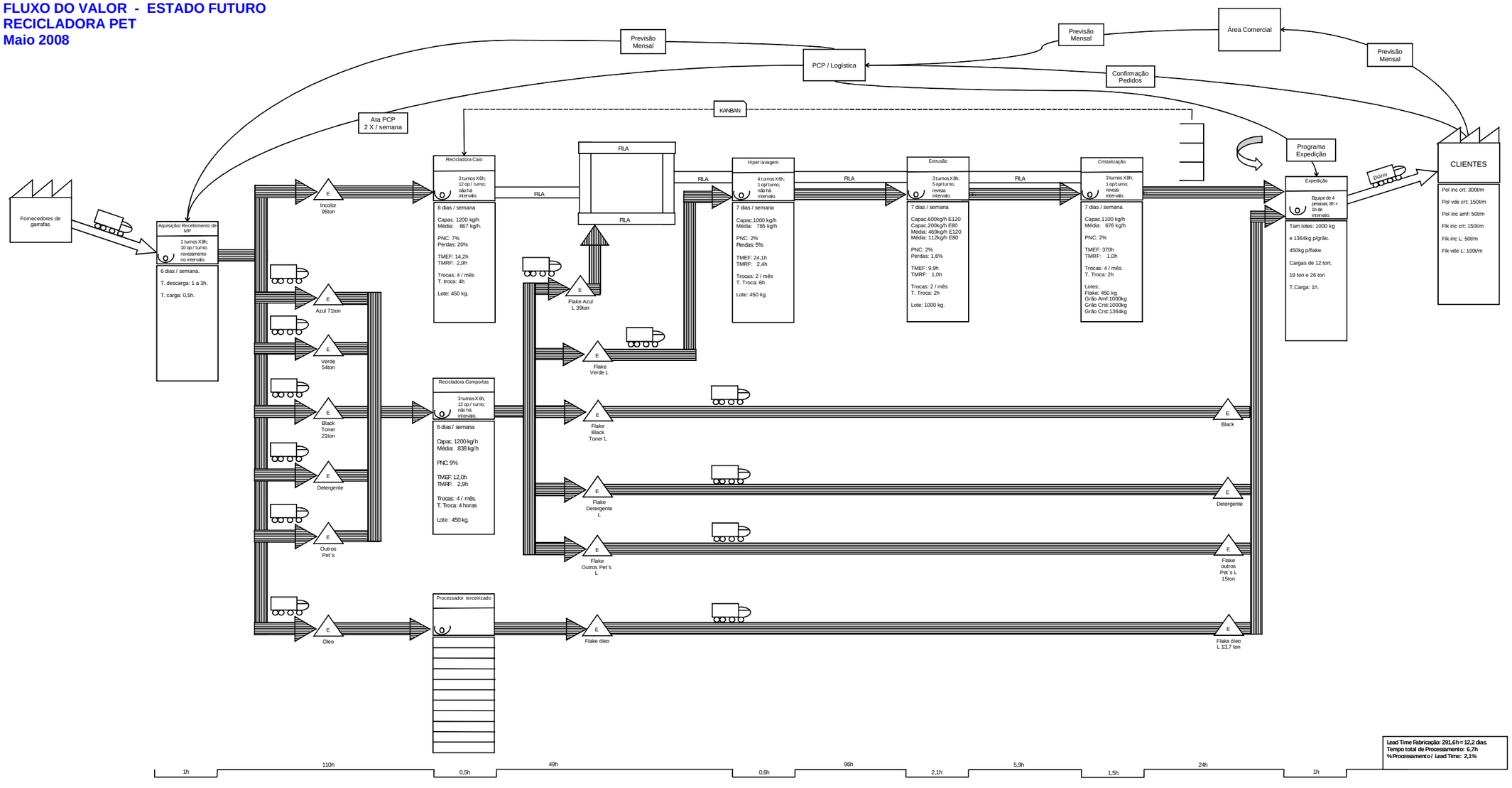
APÊNDICE 1 – MAPA DO ESTADO ATUAL

FLUXO DO VALOR - ESTADO ATUAL
RECICLADORA PET
Maio 2008



APÊNDICE 2 – MAPA DO ESTADO FUTURO

FLUXO DO VALOR - ESTADO FUTURO
RECICLADORA PET
Maio 2008



APÊNDICE 3 – A3 – RECICLADORA DE PET

A3 – Recicladora de PET

Gerência Industrial – Jul 2008

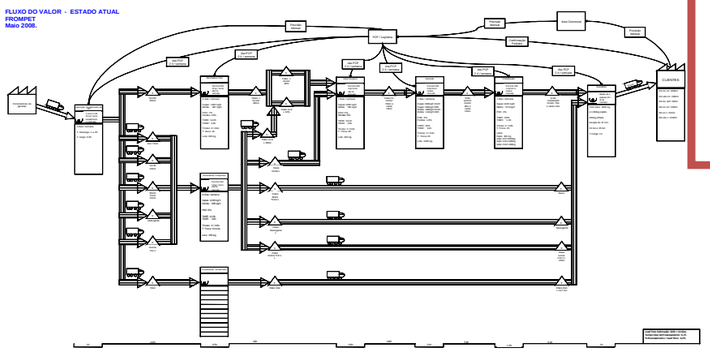
INFORMAÇÕES BÁSICAS

• A Empresa Recicladora de PET empregando aproximadamente 180 funcionários, com um faturamento anual em torno de 25 milhões de reais, com clientes de prestígio e líderes dos setores onde atuam. As operações ainda não permitem um retorno que viabilizem mais investimentos. Na relação comercial com os clientes a empresa possui um bom conceito de aceitação em função da qualidade dos produtos e ao cumprimento de prazos. Os volumes ofertados apresentam-se abaixo do demandado pelo mercado, percebe-se uma grande oportunidade para desenvolvimento do negócio

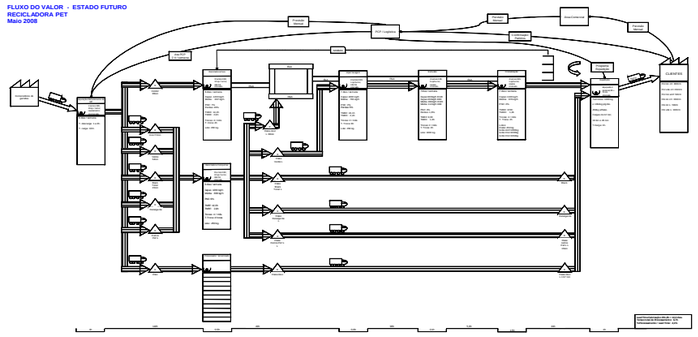
NECESSIDADES DO NEGÓCIO

•Atendimento a 100% das vendas realizada.
• Devoluções de clientes = 0
•Os equipamentos deverão ter taxas de utilização acima de 90%

CONDIÇÃO ATUAL



CONDIÇÃO OBJETIVO



O Que	Quem	Quando
Definir e preparar time de implantação	Gerência Industrial	De Julho até 30 de Setembro 2008
Implantar instruções de trabalho	Coordenadores de Produção	De Julho até 30 de Setembro 2008
Implantar Manutenção Planejada e Autônoma.	Coordenadores de Manutenção e Produção	De Agosto até Dezembro de2008
Implantar supermercado de produto acabado Incolor.	Coordenador de Extrusão e Logística	Setembro a Dezembro de 2008.

- Percentual de atendimento das vendas.
- Índice de devoluções de clientes.
- Taxa de utilização dos equipamentos.

ANEXO 1 – AGENDA 21 NACIONAL (OBJETIVO 9)

Ações Prioritárias

COMISSÃO DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DA AGENDA 21 NACIONAL

Criada por decreto presidencial em 26/02/1997

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
- *José Carlos Carvalho* – Ministro do Meio Ambiente (Presidente da CPDS)
- *Regina Elena Crespo Gualda* – Suplente

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO
- *José Paulo Silveira* – Secretário de Planejamento e Investimentos Estratégicos
- *Ariel Garces Pares* – Suplente

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES
- *Everton Vieira Vargas* – Diretor-Geral do Departamento de Meio Ambiente e Temas Especiais
- *Luiz Alberto Figueiredo Machado* – Suplente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
- *Carlos Américo Pacheco* – Secretário-Executivo
- *Luiz Carlos Joels* – Suplente

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
- *Eduardo Piragibe Graeff* – Assessor-Chefe da Assessoria Especial do Gabinete do Presidente da República
- *Cláudia de Borba Maciel* – Suplente

SOCIEDADE CIVIL
- *Rubens Harry Born* – Vitae Civilis Instituto para o Desenvolvimento, Meio Ambiente e Paz - Fórum Brasileiro de ONGs e Movimentos Sociais para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
- *Muriel Saragoussi* – Suplente

- *João Luiz da Silva Ferreira* – Coordenador-Executivo da Fundação Movimento Onda Azul
- *Guilherme Fiúza* – Suplente

- *Fernando Almeida* – Presidente do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
- *Beatriz de Bulhões Mossri* – Suplente

- *Gustavo Alberto Bouchardet da Fonseca* – Departamento de Zoologia da UFMG
- *Roberto Brandão Cavalcanti* – Suplente

- *Aspásia Camargo* – Fundação Getúlio Vargas

EX-MEMBROS DA CPDS (1997-2001)

Alexandrina Sobreira
Antônio José Guerreiro
Archimedes de Castro Faria Filho
Edmundo Sussumu Fujita
Félix de Bulhões
Ione Egler
Kátia Drager Maia
Laudo Bernardes - Presidente
Lindolpho de Carvalho Dias
Luis Felipe de Seixas Corrêa
Paulo Rogério Gonçalves
Roberto Cavalcanti de Albuquerque
Sebastião do Rego Barros Neto
Sérgio Moreira - Presidente
Vilmar Evangelista Faria *(in memoriam)*

SECRETARIA-EXECUTIVA

Maria do Carmo de Lima Bezerra
Marcia Maria Facchina
Luiz Dario Gutierrez

ISBN: 85-87166-42-5
Impresso no Brasil

Agenda 21 Brasileira – Ações Prioritárias / Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional.
p167
1- Agenda 21, 2- Agenda 21 Brasileira, 3- Desenvolvimento Sustentável, 4- Planejamento Participativo, 5- Meio Ambiente, 6- Política de Meio Ambiente, 7- Ministério do Meio Ambiente, 8- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.
CDU 502.3(81)

Objetivo 9

Universalizar o saneamento ambiental protegendo o ambiente e a saúde

Cada um real investido em saneamento básico propicia a economia de cinco reais em atendimento médico. Com algumas pequenas variações, é essa a conta feita pelos estudiosos do assunto para reivindicar a ampliação dos investimentos nesse setor vital para a economia e a saúde de uma nação. Além do mais, eticamente é inaceitável que expressiva parcela da população brasileira não disponha de coleta de esgotos e lixo.

Segundo dados de 1999 da PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra Domiciliar, 20% da população brasileira não é atendida por abastecimento de água, 57% não têm seus esgotos ligados à rede pública e 80% não têm tratamento de esgotos. Informações seguras sobre o quadro nos resíduos sólidos e na drenagem urbana ainda se constituem num desafio para as instituições responsáveis por indicadores socioambientais.

Na conta da falta de saneamento ambiental, deve ser incluído o custo de despoluição de rios e baías. Os corpos d'água, contaminados, têm sua produtividade reduzida, o que representa mais um prejuízo econômico, seja de forma direta, pela indisponibilidade, ou pela conseqüência sobre a saúde da população, diminuindo sua produtividade e sobrecarregando a rede hospitalar.

Deve-se ter em mente que "universalizar o saneamento" implica divulgar técnicas e prover recursos para o abastecimento de água e a disposição de esgoto e lixo, também, nas zonas rurais. Torna-se necessária, portanto, uma ação coordenada que ultrapasse os limites do espaço urbano. Nas zonas rurais, é importante que dejetos de animais sejam adequadamente dispostos e/ou tratados, pois, não são raros os casos em que contaminam rios, riachos e lençóis subterrâneos de água, contribuindo para o surgimento de doenças de veiculação hídrica.

Ações e recomendações

- Priorizar os investimentos em infra-estrutura urbana, especialmente os destinados à universalização do saneamento básico, nos próximos dez anos. Estima-se serem necessários US$ 20 bilhões para abastecimento de água e coleta e tratamento primário e secundário de esgoto.
- Promover a universalização do acesso à água e ao esgoto, ampliando para 60% o tratamento secundário de esgoto na próxima década.
- Atuar em conjunto com organizações não-governamentais e governos para divulgação das boas práticas de saneamento ambiental.
- Estimular as comunidades a fiscalizar a correta e completa execução das obras de saneamento ambiental, abrindo-lhes canais que permitam a apresentação de reclamações e a formulação de denúncias.

- Priorizar a proteção dos corpos hídricos poluídos, em bacias hidrográficas críticas e nas baías e zonas costeiras densamente povoadas, por exemplo, em trechos das bacias do Paraíba do Sul, do Tietê, do São Francisco e da Baía da Guanabara.
- Eliminar os lixões, até o final desta década, promovendo o tratamento adequado em aterros sanitários, evitando a contaminação das águas pluviais e subterrâneas.
- Promover hábitos de redução do lixo e a implantação da coleta seletiva voltada para reciclagem e aproveitamento industrial.
- Promover programas de geração de renda para população mais pobre dos grandes centros urbanos, por meio da coleta e reciclagem do lixo.
- Inserir a drenagem urbana como questão de saúde pública e desenvolver programas de combate à impermeabilização excessiva do solo urbano, causa de inundações potencialmente geradoras de doenças e deseconomias urbanas.
- Divulgar técnicas seguras e higiênicas de obtenção e consumo de água na zona rural, bem como métodos corretos de disposição de esgotos e de lixo.
- Adotar medidas de incentivo à redução da impermeabilização do solo das cidades, o que agrava os efeitos das enchentes nas áreas urbanas, por meio de adoção de medidas compensatórias, redução de imposto predial em função da área permeável remanescente, ou punitivas, cobrança por impermeabilização proporcional à área impermeabilizada do imóvel

ANEXO 2 – DIAGNÓSTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

MCidades lança Diagnóstico de Resíduos Sólidos Urbanos

por Alvaro Rocha Venino - Última modificação 29/08/2008 18:34
26/08/2008

Foto: Rodrigo Nunes/MCidades

A cobertura média da coleta de resíduos sólidos urbanos abrange um percentual superior a 90% da população urbana, em 215 dos 226 municípios pesquisados pelo Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS). É o que aponta o "Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos/2006", lançado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, do Ministério das Cidades, nesta quarta-feira (27), no Auditório do MCidades (subsolo).

O Diagnóstico retrata as características e a situação da prestação dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos em 247 municípios, de todos os estados brasileiros e mais o Distrito Federal. Em sua última versão, o Diagnóstico se referiu a 192 municípios.

Para o secretário Nacional de Saneamento Ambiental, Leodegar Tiscoski, "o estudo traz um acúmulo de informações fundamental para se perceber a evolução dos serviços relacionados aos resíduos sólidos e orientar as políticas públicas para o setor", avalia.

O coordenador do Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS), Ernani Miranda, ressala que os dados do diagnósico possibilitam diferentes aplicaçãoes. "O estudo serve como referência para a avaliação de resultados de políticas públicas aplicadas nos municípios da amostra, mas também para a elaboração

de novos projetos a partir dos parâmetros evidenciados por ele", conclui.

Principais resultados
As unidades de tratamento de resíduos sólidos cadastradas no SNIS totalizam 714, sendo 216 delas unidades de disposição em solo, ou seja, aterros sanitários (39,4%), aterros controlados (32,4%) ou lixões (28,2%). O destino final da massa coletada por 135 das 216 unidades de disposição em solo, que totaliza 11,7 milhões de toneladas, se dá em maior parte em aterros sanitários (61,4%), seguidos por aterros controlados (25%) e lixões (13,6%), considerado um bom resultado.

Há coleta seletiva em 55,9% dos municípios presentes na amostra, em geral sob a forma de coleta porta-a-porta. Já a coleta seletiva não formal – realizada por catadores – está presente em 83% dos municípios.

Os catadores estão organizados em associações e cooperativas em 53% das cidades pesquisadas. A quantidade média de materiais recicláveis recuperados é de 2,8 quilos por habitante urbano, a cada ano, sendo: 44,3%, papel ou papelão; 27,6%, plásticos e 15,3% metais. Vidros representam 9,8% e outros totalizam 2,9%.

Quanto à varrição, o Diagnóstico aponta que são varridos 0,29 km de vias públicas por habitante, por ano. Essa varrição é realizada a uma produtividade média de 1,4 km, por empregado, por dia.

No que se refere ao pessoal, os municípios da amostra geram 1,7 emprego para cada 1.000 habitantes, sem considerar os temporários, assim divididos: 11,5% dedicando-se a atividades administrativas e gerenciais; 31,4% alocados no serviço de varrição; 27,5% alocados no serviço de coleta de resíduos domiciliares e públicos e 19,2% alocados nos serviços de capina.
Com relação ao desempenho financeiro, 40,1% dos municípios não cobram pelos serviços de limpeza urbana, sendo que naqueles que cobram e que informaram, o valor da receita arrecadada municipal pelos serviços de limpeza urbana, o valor médio verificado é de R$31/habitante/ano.

Mesmo tendo avançado significativamente, ao se comparar com os dados do “Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos de 2002”, é possível perceber, na nova edição, que ainda há muito o que ser feito para se chegar aos padrões realmente ideais. Durante a apresentação do “Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos/2006” será possível conhecer melhor os desafios propostos à equipe da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, do Ministério das Cidades para o alcance de seus objetivos.

Ministério das Cidades
Assessoria de Comunicação