

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA – UNIVEM
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MARCELO RIYUDI SHIRAIISHI

**LEVANTAMENTO DE OPORTUNIDADES DA APLICAÇÃO DAS
FERRAMENTAS *LEAN* EM AGRICULTURA DE PRECISÃO:
PROPOSTAS DENTRO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO**

MARÍLIA
2013

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA – UNIVEM
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MARCELO RIYUDI SHIRAISHI

**LEVANTAMENTO DE OPORTUNIDADES DA APLICAÇÃO DAS
FERRAMENTAS *LEAN* EM AGRICULTURA DE PRECISÃO:
PROPOSTAS DENTRO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO**

Trabalho de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador:
Prof. Dr. ROGRIGO FABIANO RAVAZI

MARÍLIA
2013

SHIRAISHI, MARCELO RIYUDI
LEVANTAMENTO DE OPORTUNIDADES DA
APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS *LEAN* EM AGRICULTURA
DE PRECISÃO: PROPOSTAS DENTRO DO SETOR
SUCROALCOOLEIRO / MARCELO RIYUDI SHIRAISHI;
orientador: RODRIGO FABIANO RAVAZI. Marília, SP: [658.515],
2013.

94 f.

Trabalho de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) -
Curso de Engenharia de Produção, Fundação de Ensino “Eurípides
Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de
Marília –UNIVEM, Marília, 2013.

1. Cidadania 2. Moralidade administrativa 3. Ética

*A Deus, pelo sacrifício de Cristo seu
Filho amado na cruz, que nos trouxe
das trevas para a luz, sendo a glória
da nossa salvação;*

*À minha família que sempre foi a base da
minha vida, pelo apoio, pelas palavras nos
momentos mais difíceis. Por ser a inspiração
dos meus sonhos.*

Aos amigos pelo incentivo;

AGRADECIMENTOS

Á Deus, por ter me amado desde a criação do mundo e por ter revelado o Seu propósito de amor através da vida de Seu Filho Jesus. Sem Sua presença seríamos apenas pó da terra e a vida não teria sentido nenhum. Que eu nunca me esqueça de que tudo está sob Seu controle, tudo acontece devido a Sua misericórdia. Louvado seja o Deus Todo Poderoso para sempre -

Amém

Ao meu pai Katuma Shiraishi, pelas palavras de conforto e incentivo nos momentos mais difíceis e, apesar de estar distante, morando e trabalhando no Japão e de ter as suas próprias dificuldades sempre me ajudou e se preocupou imensamente pela nossa família. Que eu possa depois de formado poder retribuir em parte todo este sacrifício e lutas constantes nestes

longos 68 anos de vida.

“Otoosan arigatou”;

À minha irmã Sofia Mika Shiraishi, que sempre me apoiou e incentivou a novos desafios. Sempre que puder irei vê-los, você e seus filhos, “Lukinhas”, “Ninho” e Diego que são um motivo de grande alegria pra mim.

Aos Professores Rodrigo Fabiana Ravazi e Vânia Cristina Herrera, pela orientação e amizade, pela confiança e ensinamentos nestes 5 anos de extensão do curso.

Aos Professores Julio César, Dorigatti e Roberto Oikawa, por ministrarem as aulas com total ética e profissionalismo, pois a maneira de ensino mostraram novas formas de entendimento sobre os assuntos ministrados e, também pelos ensinamentos de vida. O caráter e a dedicação em sala de aula serão ensinamentos a ser seguidos.

Aos amigos e companheiros da empresa BIA-Baldan Implementos Agrícolas da cidade de Matão, pela oportunidade de estágio, um dos passos fundamentais para a minha conclusão do curso. Foi um período de grande aprendizado. Obrigado ao Sr. Alexandre, diretor industrial, ao Sr. Donizeti, gerente de Recursos Humanos, ao Sr. Luis, gerente industrial e aos companheiros Adriano, Bruno, Diego, Mandioca, Parente, seu Natal, Zé Carlos, Zé Mauro, entre outros.

Aos amigos da empresa Mercadologia & Treinamento pela oportunidade de estágio que profissionalmente foi de grande aprendizagem. Uma oportunidade de conhecer muitas empresas durante as pesquisas realizadas durante o período de estágio.

Um agradecimento especial ao irmão na Fé, Ricardo Loureiro Golin, pela amizade e companheirismo, pois foram 7 anos de amizade dentro e fora de sala de aula. Foram muitos

os momentos de estudos e trabalhos juntos, com isso, aprendi a perceber o quanto foi a sua dedicação e empenho, tenho a certeza que não concluí sozinho os cursos de Tecnólogo em Processos Gerenciais e Engenharia de Produção.

Agradeço também aos amigos Danilo Sena, Diogo Bueno, Marcus Bitencourt, Nadim Maluf e Rafael Augusto pelo convívio dentro e fora de sala de aula.

Quero agradecer a todas as pessoas que estiveram sempre ao meu lado, que estiveram juntos e não mediram forças para que eu pudesse também realizar este sonho de ingressar no ensino superior e podê-lo concluir com muita dedicação e esforço.

E agradeço as manifestações de carinho e apreço, recebidas de todos os colegas da Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, em especial a Gisele da coordenação e Andréa da Pós Graduação.

“Esforce se não por tornar se uma pessoa de sucesso, mas uma pessoa de valor”.

Albert Eistein.

SHIRAIISHI, Marcelo Riyudi. **Levantamento de oportunidades da aplicação das ferramentas *Lean* em Agricultura de Precisão: propostas dentro do setor sucroalcooleiro.** 2013. 94 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2013.

RESUMO

Com o crescente aumento da demanda mundial por alimentos e matrizes energéticas renováveis, o setor sucroalcooleiro brasileiro ganhou grande destaque por se tornar um dos mais competitivos na produção de açúcar e álcool combustível. A produção agrícola nacional tem passado por grandes mudanças ao longo dos anos, principalmente após a revolução verde na década de 70 e o após a propagação dos conceitos de Agricultura de Precisão – AP desenvolvidos nos Estados Unidos a partir dos anos 90. O setor sucroalcooleiro é um dos mais desenvolvidos e utilizam as mais novas tecnologias aplicadas no processo de produção e processamento da cana de açúcar com o propósito de maximizar a produtividade e lucratividade.

O presente trabalho tem como proposta à aplicação de ferramentas da Filosofia *Lean* atuando em conjunto aos conceitos da AP com a finalidade de aumentar a eficiência e tornar as operações mais precisas, eliminando as perdas e os desperdícios. As ferramentas *Lean* podem ser aplicadas nos mais diversos tipos de negócios devido à sua dinâmica no fornecimento das informações e por atuar de forma sistêmica na resolução dos problemas.

Nas propostas de aplicação das ferramentas *Lean* foram analisados os ganhos e principalmente a forma de implantação do Pensamento Enxuto, uma vez que os colaboradores também estão inseridos e são os principais desenvolvedores de novas mudanças e melhorias.

Palavras-chave: *Lean*. Eficiência. Agricultura de Precisão.

SHIRAIISHI, Marcelo Riyudi. **Levantamento de oportunidades da aplicação das ferramentas *Lean* em Agricultura de Precisão – propostas dentro do setor sucroalcooleiro.** 2013. 94 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2013.

ABSTRACT

With the growing global demand for foods and renewable energy matrices, the Brazilian sugarcane sector was highlighted by becoming one of the most competitive in producing sugar and ethanol. The national agricultural production has passed through major changes over the years, especially after the Green Revolution in the 70s and after spread the concepts of Precision Agriculture developed in the United States. The sugarcane sector is one of the most developed and uses the latest technologies applied in the production and processing of sugar cane in order to maximize productivity and profitability.

This paper aims the tools application of Lean philosophy operating together the concepts of PA in order to increase efficiency and makes operations more accurate, eliminating losses and wastes. The Lean tools can be applied in a lot's of business types due to their information be dynamic and also acting a systematic way to solve problems.

In proposals for applying the Lean tools were analyzed gains and mainly how to implement Lean Thinking, since employees are also included and are the leading developers of new changes and improvements.

Keywords: Lean. Efficiency. Precision Agriculture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Estrutura do SPT	22
Figura 2 - 4“p’s ” do Modelo Toyota	28
Figura 3 - Processo de Fluxo Contínuo	32
Figura 4 - Exemplo de Mapeamento do Fluxo de Valor	35
Figura 5 - Composição das Atividades em um Fluxo de Valor.....	37
Figura 6 - Composição das Atividades Propostas por HINES e TAYLOR (2000)	39
Figura 7 - Ilustração das perdas descritas por Ohno.....	40
Figura 8 - Quadro de Funções e Regras para a Utilização do <i>kanban</i>	43
Figura 9 - Os Pilares da TPM	45
Figura 10 - Esquema operacional do Ciclo de AP.....	52
Figura 12 - Mapas de Distribuição Espacial de Fósforo e Potássio	56
Figura 13 - Mapas de Distribuição Espacial da Necessidade de Adubação de P ₂ O ₅ , K ₂ O e Calagem	56
Figura 14 - Exemplos de Corte de Seção	62
Figura 15 - Mapa de Fluxo de Valor para um produto fresco, vendido <i>in natura</i>	68
Figura 16 – Detalhe do Mapa de Fluxo de Valor para um produto fresco, vendido <i>in natura</i>	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sobreposição em Operações de Pulverização	62
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP: Agricultura de Precisão

AV: Atividades que Agregam Valor

DGPS: *Differential Global Positioning System*

FIFO: *First in/First out*

GPS: *Global Positioning System*

INPI: Instituto Nacional de Propriedade industrial

JEE: *Java Enterprise Edition*

JIPM: *Japan Institute of Plant Maintenance*

JIT: *Just in Time*

LCC: *Life Cycle Cost*

LEDs

L/T: *Lead Time*

MFV: Mapeamento de Fluxo de Valor

MIT: *Massachusetts Institute of Technology*

MPT: Manutenção Produtiva Total

NAV: Atividades que Não Agregam Valor TPM: *Total Productive Maintenance*

NDVI: *Normalized Difference Vegetable Index*

OGC: *Open Geospatial Consortium*

OMCD: *Operations Management Consulting Division*

PM: Prevenção da Manutenção

POPs: Procedimentos operacionais padronizados

SIG: Sistemas de Informação

SOA: *Service Oriented Architecture*

STP: Sistema Toyota de Produção

TAV: Tempo de Agregação de Valor

TI: Tecnologia de Informação

TOC: Teoria das Restrições

TPM: *Total Productive Maintenance*

TPT: Toda parte todo dia

TQM: *Total Quality Management*

TRF: Troca Rápida de Ferramentas

T/C: Tempo de Ciclo

T/T: *Takt Time*

SUMÁRIO

1.0 – INTRODUÇÃO.....	14
1.1 – Apresentação do Tema	15
1.2 Objetivo Geral	16
1.3 Objetivos Específicos	16
1.4 Justificativa.....	17
1.5 Estrutura do Trabalho	17
2.0 – REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Produção Enxuta (<i>Lean Production</i>)	18
2.1.1 Definição	20
2.2 As Ferramentas de Apoio da Filosofia <i>Lean</i>	29
2.2.1 5S.....	29
2.2.2 Fluxo Contínuo.....	31
2.2.3 Mapeamento de Fluxo de Valor	32
2.2.4 Kaizen.....	40
2.2.6 Manutenção Produtiva Total – MPT	44
2.2.6.1 Conceitos e Características da TPM.....	46
2.2.6.2 Objetivo da TPM	48
2.3 Agricultura de Precisão	49
2.3.1 GPS – Global Positioning System.....	53
2.3.2 Geoestatística.....	54
2.3.3 Marcador de Espuma, Barra de Luz e Piloto Automático.....	57
2.3.4 Piloto Automático e Controle de Tráfego.....	58
2.3.5 Corte de Secção	61
3.0 – METODOLOGIA.....	66
4.0 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	67
5.0 – COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES.....	75

1.0 – INTRODUÇÃO

No Brasil após a abertura de mercado e globalização da economia houve uma maior exigência dos clientes/consumidores quanto à qualidade e ao tempo de entrega dos produtos e/ou serviços. Em vista deste novo cenário a competitividade entre as empresas tornou se cada vez mais acirrada fazendo que as organizações se tornassem mais eficientes em seus setores de produção e administração.

Com esta exigência as empresas começaram a utilizar ferramentas que as auxiliassem na gestão do empreendimento, foram adotadas metodologias para Mapeamento do Fluxo de Valor – MFV (*Value Stream Mapping*), *kaizen*, 5S, *kanban*, Manutenção Produtiva Total, entre outros, com objetivos de redução de custos, eliminação de desperdícios e de aumento produtividade, todas inclusas dentro da Filosofia *Lean* ou Produção Enxuta (*Lean Production*).

Este modelo de gestão surgida com o Sistema Toyota de Produção – STP na década de 50 desenvolveu se e alastrou se pelo mundo inteiro entre empresas de diversos seguimentos ao longo dos anos (Imai, 1990). Conceitos também descritos por Womach e Jones, 2006.

A agricultura brasileira também acompanhou a evolução dos modelos de gestão, saindo dos modelos de gestão familiar e de pequenas propriedades para grandes áreas de produção extensiva do Agronegócio (*Agrobuginess*). Foram implantadas técnicas de Agricultura de Precisão – AP (*Precision Agriculture*) que igualmente ao STP buscam a otimização dos recursos, aumento da produção e redução dos custos.

Segundo Campos (1992), para que as empresas possam sobreviver dentro deste novo contexto de mudanças constantes, é necessário desenvolver produtos melhores, mais baratos, mais seguros e de

entrega rápida comparando com seus concorrentes. Para produzir estes produtos são necessários processos melhores, mais fáceis, com menos perdas, mais baratos, mais rápidos e mais seguros. Esse processo de inovação contínua tem como referência o cliente e a concorrência e se constitui na garantia da própria sobrevivência da empresa. Existe pouca probabilidade de sobreviver ou prosperar se não existir uma constante preocupação com a redução de custos.

As constantes evoluções nos processos produtivos das empresas estão diretamente alinhadas com a necessidade de responder rapidamente às necessidades dos clientes. A melhoria da produtividade passou de desejo a necessidade, em mercados cada vez mais globalizados marcados pela velocidade da tecnologia da informação, onde as empresas vencedoras são aquelas que respondem de forma rápida e flexível às necessidades dos clientes (Harrel et al., 2002). Para se manter competitiva no mercado, além de preço, qualidade e velocidade, as organizações precisam desenvolver a agilidade para inovar, projetar e introduzir rapidamente novos produtos no mercado (Krishnan; Ulrich, 2001).

1.1 – Apresentação do Tema

Com o aumento da competitividade entre as empresas foi necessária a mudança no modelo de gestão entre as empresas dos mais variados segmentos, do Industrial ao Agronegócio.

A Filosofia *Lean* criada pela Toyota popularizou-se no estudo, sobre a indústria de automóvel no *Massachusetts Institute of Technology* – MIT, intitulado *The Machine that Change the World- A máquina que Mudou o Mundo*, que estudou as causas da superioridade da indústria japonesa envolvendo produtividade, flexibilidade, rapidez e qualidade dos processos de produção (Quelhas, 2008).

Dentro do setor Industrial a Filosofia *Lean* vem sendo cada vez mais difundida e seus ganhos em produtividade e redução de custos são amplamente exemplificados. Mas dentro do setor agrícola são poucos os trabalhos relacionados à aplicação das ferramentas *Lean* principalmente relacionados em Agricultura de Precisão com o objetivo de eliminar os desperdícios, aumentar a eficiência e consequentemente no aumento da produtividade.

No setor agrícolas os estudos de AP tiveram início nos anos 90 nos Estados Unidos e a primeira visão era mesma a da proteção ambiental, porque a aplicação localizada de insumos evitaria os excessos e a possível contaminação dos lençóis freáticos devido à lixiviação, que é a infiltração dos insumos pelo solo. Estas aplicações pontuais de corretivos ou fertilizantes foram os primeiros conceitos aplicados em AP, com o desenvolvimento de novas tecnologias surgiram novos equipamentos e aplicativos de apoio à tomada de decisão.

A AP é um ramo de pesquisa relativamente recente na área agrícola e é possivelmente a que apresenta as melhores perspectivas na geração de novas tecnologias e

propostas de gerenciamento da propriedade agrícola, otimizando a utilização dos recursos diminuindo os custos de produção e aumentando a produção por área. É uma combinação de vários fatores com o objetivo de atingir a máxima produtividade e visando a eficiência nas operações de cultivo agrícola (Fridgen et al., 2000).

1.2 Objetivo Geral

As atividades realizadas dentro de uma empresa podem ser divididas em três categorias considerando a visão do cliente consumidor. Algumas são realizadas para aumentar o valor do produto final e outras que não apresentam esta finalidade. A terceira categoria pode ser determinada pelas atividades que não agregam valor, mas que no estado atual do processo são necessárias e de extrema dificuldade e custo de serem eliminadas conforme descrito por HINES e TAYLOR (2000).

O surgimento da ideologia JIT – *Just in Time* ocorreu num ambiente de manufatura em massa, com uma produção padronizada, seriada e repetitiva. No entanto, a busca pela melhoria contínua – *Kaizen* dos processos e a eliminação dos desperdícios devem estar presentes em qualquer tipo de empresa, independentemente de seu sistema de produção. Portanto, os conceitos da Filosofia *Lean* a serem implementados em uma determinada empresa devem ser selecionados de acordo com as suas características e ambiente no qual ela está inserida, descrito por Quitério (2010).

1.3 Objetivos Específicos

Propor a aplicação de ferramentas da Filosofia *Lean* com o propósito de melhorar a eficiência dentro do processo de produção de agrícola.

Identificar ferramentas que atuem dentro dos conceitos de Agricultura de Precisão, ou seja, ferramentas que contribuam para o aumento da produtividade, redução dos desperdícios e principalmente na redução dos custos.

1.4 Justificativa

Como “agronegócio”, podemos entender “o conjunto das atividades de produção, distribuição e comercialização dos produtos do setor primário (hortaliças, grãos, frutas, cana-de-açúcar, algodão, madeira, carnes etc.), bem como de processamento e transformação, que utilizam esses produtos como matéria-prima (indústrias: alimentícia, farmacêutica, têxtil, de calçados, biocombustíveis etc.), além das cadeias de fornecimento de máquinas, ferramentas e insumos em geral, que dão suporte às atividades da produção primária”.

Dentro do agronegócio existe uma deficiência na utilização de conceitos de produção otimizada como já visto no setor industrial, por isso este trabalho visa identificar ferramentas e conceitos da Filosofia *Lean* que podem ser aplicadas dentro da AP no intuito de apoio à tomada de decisão no processo de produção agrícola devido ao grande crescimento da demanda mundial por alimentos e matrizes energéticas renováveis, pois as projeções mostram o crescimento do consumo interno e principalmente aumento da demanda por exportações de grãos e combustíveis como o etanol. A AP ao utilizar conceitos de utilização otimizada de insumos e aplicações de acordo com as zonas de manejo proporcionaram o aumento da produtividade por área e não com o aumento das áreas cultivadas. Assim, as propostas do trabalho seguem se com o mesmo propósito da AP, ou seja, aumentar a eficiência e precisão do processo de produção agrícola.

1.5 Estrutura do Trabalho

No presente trabalho o capítulo 1 inicia se com a introdução sobre o tema proposto e na sequência seguem o capítulo 2 com a revisão bibliográfica, 3 metodologia, 4 apresentação e análise de resultados e finalizando no capítulo 5 com a conclusão.

2.0 – REVISÃO DE LITERATURA

As revisões da literatura apresentam-se como atividade importante para identificar, conhecer e acompanhar o desenvolvimento da pesquisa em determinada área do conhecimento, Noronha e Ferreira, (2000), além de permitirem a cobertura de uma gama de fenômenos geralmente mais ampla do que aquela que poderia ser pesquisada diretamente, GIL, (2010). As revisões também permitem a identificação de perspectivas para pesquisas futuras, contribuindo com sugestões de ideias para o desenvolvimento de novos projetos de pesquisa, Noronha e Ferreira, (2000). Outra contribuição é a transferência de informação do pesquisador para seus pares, conforme atestam algumas pesquisas realizadas sobre o uso das revisões da literatura, de acordo com Sayers et al., (1990); Butkovich, (1996).

2.1 Produção Enxuta (*Lean Production*)

Na década de 50, o engenheiro-chefe da Toyota, Taiichi Ohno, em uma visita aos Estados Unidos, verificou o quanto as fábricas da americana Ford estavam adiantadas em relação às japonesas, no que diz respeito à eficiência produtiva. Porém, Ohno percebeu que o sistema de produção em massa e de baixa variedade dos americanos são funcionaria bem num país como o Japão do pós guerra, fragilizado e com uma economia em crise e de baixa demanda (Imai, 1990). Conceitos também descritos por Womack e Jones (2006) em seu livro “*A máquina que mudou o mundo*”. O surgimento da ideologia *Just in Time* ocorreu em um ambiente de manufatura em massa, com uma produção padronizada, seriada e repetitiva. No entanto, a busca pela melhoria contínua dos processos e a eliminação dos desperdícios devem estar presentes em qualquer tipo de empresa, independentemente de seu sistema de produção (Quitério, 2010). Werkema (2006) relata que a criação e a implantação do sistema criado por Ohno com o objetivo de reduzir custos e aumentar a qualidade e a velocidade de entrega dos produtos aos clientes é o foco principal de um sistema de produção cujo foco é a identificação e a posterior eliminação de desperdícios.

Para que esse objetivo seja alcançado, é necessário identificar e eliminar as atividades que não agregam valor ao produto. Essas atividades são identificadas como “perdas” do processo produtivo (Ghinato, 1996; Shingo, 1996).

O STP, também conhecido como Produção ou Manufatura Enxuta, em função da mais próxima tradução inglesa de *Lean Manufacturing* (Womack e Jones, 2004) estabelece uma melhor forma de organizar e gerenciar os relacionamentos, tanto com clientes quanto com os próprios colaboradores e cadeia de fornecedores. Seu foco é direcionado para as operações de produção, a fim de melhor estruturar o movimento do valor ao longo dos diversos processos produtivos e tem como característica principal a implacável eliminação do desperdício.

De acordo com Monden (1984), citado por Gonçalves e Miyake (2003), o STP teve seu início como uma forma de responder às restrições de mercado da indústria japonesa no pós-guerra, ou seja, grande variedade com pequenas quantidades de produção, diferentemente da ideia de produção em massa que caracterizou a indústria americana desde Henry Ford até a crise do petróleo.

Segundo Gonçalves e Miyake (2003), com a crise do petróleo em 1973, a ascensão de algumas empresas japonesas fez com que o ocidente voltasse sua atenção para elas, passou-se então a se difundir a ideia de um novo modelo de produção, conhecido hoje como Produção Enxuta, procedente do STP. A partir da década de 80, a manufatura enxuta atingiu um grau de propagação semelhante ao da produção em massa na década de 20.

Este novo conceito, juntamente com outras técnicas, ganhou o nome de *Lean Production* – Produção Enxuta, que procura fornecer consistentemente valor aos clientes com custos mais baixos (PROPÓSITO) através da identificação de melhoria dos fluxos de valor primários, de suporte (PROCESSOS) por meio do envolvimento das pessoas qualificadas, motivadas e com iniciativa (PESSOAS). O foco da implementação deve estar nas reais necessidades dos negócios sendo uma estratégia para aumentar a satisfação dos clientes através da melhor utilização dos recursos e não uma simples aplicação de suas ferramentas *Lean* (*Lean Institute Brasil Website*).

2.1.1 Definição

A Produção Enxuta parte da pressuposição da existência de sete tipos de desperdícios em uma empresa, sendo uma finalidade sua tentar eliminar gastos que não geram valor para a empresa. Dessa maneira, o pensamento enxuto sugere que se produza somente o que é necessário no momento e, para isso, é preciso que se reduzam os tempos de *set up*, sincronizem a produção com a demanda, compactem o *layout* da fábrica, dentre outras metas. A seguir estão mostrados os sete desperdícios (Gianesi & Corrêa,1996):

1. desperdício de superprodução: geralmente são originados de problemas e restrições do processo produtivo, tais como altos tempos de preparação de equipamentos, incerteza da ocorrência de problemas de qualidade e confiabilidade das máquinas, estes dois acarretando na produção de mais do que o necessário; falta de coordenação entre a demanda e a produção, quanto às quantidades e períodos para produzir determinado produto; grandes distâncias a percorrer com o material, devido um arranjo físico inadequado, o que ocasiona à formação de lotes para movimentação; entre outros;

2. desperdício de material esperando no processo: como consequência ocorre a formação de filas que visam garantir altas taxas de utilização dos equipamentos. A eliminação deste desperdício pode ocorrer com a sincronização do fluxo de trabalho e o balanceamento das linhas de produção;

3. desperdício de transporte: são vistas como desperdícios de tempo e recursos; essas atividades devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo, por meio da elaboração de um arranjo físico adequado, minimizando as distâncias a serem percorridas. Também pode-se reduzir seus custos se o material for entregue no local de uso;

4. desperdício de processamento: as indústrias, às vezes, arriscam tornar o processo mais rápido sem antes se perguntar se aquilo deve realmente ser feito. Para evitar surpresas desagradáveis, é importante aplicar metodologias de engenharia e análise de valor, que consistem na redução do número de componentes ou operações necessários para produzir determinado produto. Procura-se assim eliminar qualquer processo ou equipamento que adicione custo e não valor ao produto;

5. desperdício de movimentação nas operações: neste vê-se a importância das técnicas de estudo de tempos e métodos, porque a Produção Enxuta tenta encontrar soluções simples e de baixo custo, ao invés de grandes investimentos em automação. Mesmo que se

decida pela automação, os movimentos devem ser aprimorados para, só então, mecanizar e automatizar. Caso contrário, corre-se o risco de automatizar o desperdício;

6. desperdício de produzir produtos defeituosos: isso significa desperdiçar materiais, disponibilidade de mão de obra e equipamentos, movimentação de materiais defeituosos, armazenagem de materiais defeituosos, inspeção de produtos, entre outros; e

7. desperdícios de estoque: significam desperdícios de investimento e espaço. Sua redução deve ser feita através da eliminação das causas causadoras da necessidade de manter estoques. A Produção Enxuta, além do esforço para eliminação dos desperdícios, caracteriza-se também pela não aceitação da situação vigente ou ainda de padrões arbitrários de desempenho. Na abordagem tradicional as metas costumam ser estáticas, para determinado período de tempo, depois podem ser alteradas para aprimoramentos. Essas metas funcionam como padrões, com base nos quais é exercida a atividade de controle que procura minimizar os afastamentos que ocorrem em relação a estes padrões. O controle mantém o processo estável e os resultados dentro das tolerâncias aceitáveis (Gianesi & Corrêa,1996).

A Produção Enxuta possui as seguintes metas para solução dos vários problemas de produção:

- zero defeitos;
- tempo zero de preparação (*set up*);
- estoque zero;
- movimentação zero;
- quebra zero;
- *lead time* zero; e
- lote unitário (uma peça).

De acordo com Gonçalves e Miyake (2003), o modelo de Produção Enxuta possui várias metodologias e técnicas de produção e gestão industrial que são utilizadas atualmente pelas empresas. Algumas dessas surgiram no decorrer das últimas décadas, como por exemplo:

- *Just-In-Time* (JIT);
- Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV);
- *Total Quality Management* (TQM);

- *Total Productive Maintenance* (TPM);
- Teoria das Restrições (TOC);
- Filosofia *Kaizen* de melhoria contínua.

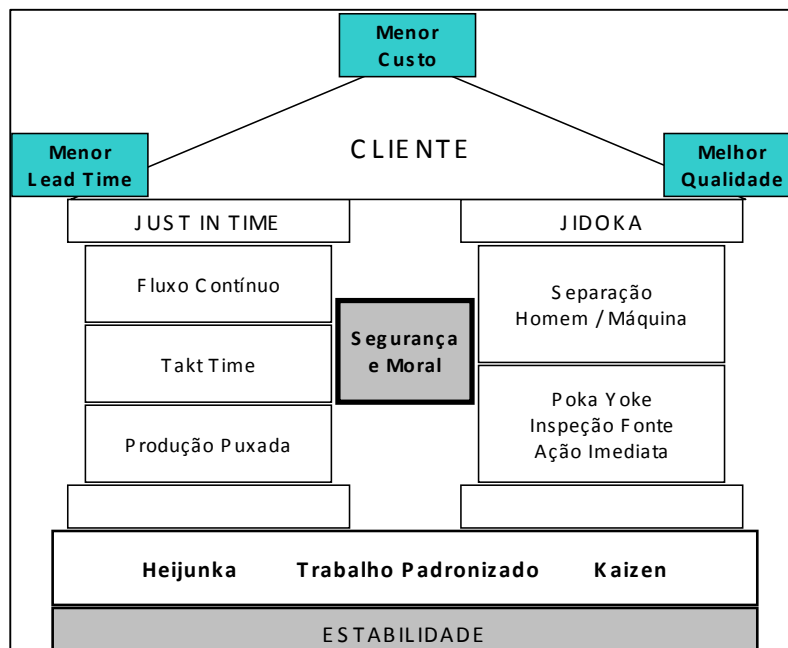
Segundo Monden (1984), dois são os conceitos fundamentais para a sustentação do Sistema Toyota de Produção: *just-in-time* e automação - *Jidoka* em japonês, ilustrado na Figura 1.

Just-in-time, segundo Shingo (1996), significa no momento certo, ou seja, cada processo deve ser abastecido com os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário, sem geração de estoque.

O outro pilar de sustentação do STP é a automação, que tem como conceito fornecer aos operadores e as máquinas a habilidade de detectar quando uma condição anormal ocorreu e interromper imediatamente a atividade, podendo desta forma garantir a qualidade do produto em cada etapa do processo (Lean Institute, 2003).

Segundo Coriat (1994), o conceito da automação é dotar as máquinas automáticas de autonomia, a fim de introduzir um mecanismo de parada automática em caso de funcionamento defeituoso.

Figura 1- Estrutura do SPT



Fonte: *Lean Institute* (2013)

O STP também é composto por três princípios básicos de construção: o Mecanismo da Função Produção, o Princípio do não-custo e o estudo das Sete Perdas nos sistemas produtivos (Antunes Jr., 1998).

O Mecanismo da Função Produção entende a produção como uma rede funcional de processos e operações. Dessa forma, para maximizar a eficiência da produção, deve-se analisar e melhorar o processo antes de melhorar as operações.

Processo é o fluxo de materiais no tempo e no espaço e a transformação da matéria-prima em componente semiacabado e, finalmente, em produto acabado. Os processos de manufatura podem ser divididos em quatro fases distintas: processamento, inspeção, transporte e espera (Shingo, 1996).

O conceito de operações, segundo Shingo (1996), pode ser visualizado como o trabalho realizado sobre o produto pelo operador e pela máquina para efetivar essa transformação. Da mesma forma como nos processos, as operações também podem ser analisadas em etapas: operações principais e *set up* (preparação).

O princípio do não-custo é o conceito básico do Sistema Toyota de Produção. O primeiro conceito foi desenvolvido como base para o gerenciamento da produção, baseado na fabricação de pequenos lotes, capaz de fazer frente aos ganhos proporcionados pela produção em larga escala. (Ghinato, 1996; Shingo, 1996).

A filosofia *kaizen* de melhoria contínua propaga a definição de um programa de melhoria racional e estruturado pelas empresas que busquem ser enxutas. Nesta conjuntura, fez-se necessário a criação de métodos para planejar, analisar e controlar o sistema de produção, principalmente focando o chão de fábrica, assim como suas relações com clientes e fornecedores externos (Gonçalves e Miyake, 2003).

Segundo Rother & Shook (1999), o MFV, uma das técnicas objeto deste trabalho, surgiu para preencher os objetivos supracitados, enfocando todo o fluxo de produção de um produto ou família de produtos, visando à implantação da Produção Enxuta em todo o fluxo.

Segundo Womack e Jones (2004), a Produção Enxuta baseia-se em cinco princípios fundamentais que são a base para todo o pensamento enxuto:

- Embutir valor aos produtos segundo a perspectiva do cliente evitando que seja fornecido o que ele não está disposto a pagar;
- Mapear o caminho que o produto percorre no fluxo de valor, identificando as atividades que não agregam valor e eliminando as desnecessárias;

- Deixar que as ações necessárias para agregação de valor possam fluir suave continuamente sem interrupções estabelecendo fluxo contínuo;
- Produzir somente quando o cliente sinalizar sua necessidade visando eliminar a produção em excesso;
- Buscar a perfeição através da melhoria contínua alcançando o fornecimento de valor conforme a ótica do cliente.

De acordo com *Lean Institute* Brasil, existem cinco princípios que resumem o pensamento enxuto e devem ser seguidos:

1. Valor: o ponto principal é a definição de “valor “. Ao contrário do que se pensa, não é a empresa e sim o cliente que determina o que é valor. São suas necessidades que geram valor e cabe à empresa determinar essas necessidades, satisfazê-las e cobrar um preço por isso.
2. Fluxo de Valor: o passo seguinte consiste em identificar o fluxo de valor. Isso significa mapear todo o processo a fim de identificar os três tipos de atividade: aquelas que efetivamente geram valor, aquelas não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e aquelas que não geram valor e devem ser eliminadas. Para isso, deve-se enxergar todo o fluxo do produto e não as suas atividades de forma isolada.
3. Fluxo Contínuo: identificando o fluxo de valor, deve-se agora, dar “fluidez” ao processo. Isso quer dizer produzir um item de cada vez e não em lotes, como era pregado na produção em massa. O efeito imediato da criação de fluxos contínuos pode ser sentido na redução dos tempos de concepção de produtos, de processamento de pedidos e em estoques. Ter a capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente dá ao produto uma “atualidade”: a empresa pode atender à necessidade dos clientes quase que instantaneamente.
4. Produção Puxada: a ideia da produção puxada deve ser implementada nos locais onde não foi possível estabelecer o fluxo contínuo. Assim, produzirá somente o que é necessário e, principalmente, somente quando for solicitado.
5. Perfeição: o último passo deve ser um objetivo constante da empresa. A melhoria contínua deve ser sempre almejada, de forma a atingir cada vez mais os anseios do cliente. A situação atual nunca deve ser encarada como suficiente para empresa.

Tendo em sua base a produção nivelada, processos padronizados e o gerenciamento visual, o Sistema Toyota de Produção pode também ser comparado a uma casa. O STP utiliza o *Just in Time* e a automação como pilares para a sustentação do Modelo Toyota, garantindo melhor qualidade, menor custo, menor *lead time*, mais segurança e responsabilidade por parte dos trabalhadores (Liker, 2005). Cada um dos pilares do STP dispõe de ferramentas que aplicadas simultaneamente resultam na administração da produção coordenada, produzindo de acordo com a demanda. Logo, possibilita acabar com estoques desnecessários, gera comprometimento com a qualidade dos produtos fabricados, reorganiza a disposição de máquinas e equipamentos a fim de eliminar desperdícios e aprimorar a produtividade. Entre as principais ferramentas utilizadas pelo STP estão:

–*Just in time* - coordena a produção precisamente com a demanda, para produzir produtos de modelos variados sem que ocorram atrasos, fornecendo no momento correto e na quantidade necessária (Correa e Giansesi, 2001);

–*Kanban* - operacionaliza o Sistema Toyota de Produção, através do planejamento e controle puxado da produção, buscando atingir o *Just in Time* (Slack, 1997);

–*Heijunka* - nivela a produção garantindo a sua uniformidade através de pequenos lotes, permitindo satisfazer eficientemente as exigências do cliente e paralelamente reduzir custos através da eliminação de desperdícios de estoque, custos de mão de obra e *lead time* de produção (Ohno, 1997);

–Programa 5S - Visa manter ambientes de trabalho organizados e limpos, reduzir desperdícios, mudar os comportamentos e as atitudes tornando as pessoas mais produtivas e satisfeitas envolvendo todas as áreas da empresa (Campos, 1992);

–*Kaizen* - é a essência da administração japonesa que abrange todo o conjunto de técnicas orientais que levaram o Japão a atingir prestígio mundial no setor industrial. Caracteriza dois possíveis enfoques para a melhoria: o enfoque gradual *kaizen* e o enfoque radical de grandes saltos, resumido pelo termo em japonês *kaikaku* (Imai, 1994);

–Mapeamento do Fluxo de Valor - descreve detalhadamente como a produção deveria operar para criar fluxo. Utiliza ícones e símbolos para representar através de figuras o fluxo de materiais e de informações que o produto segue no fluxo de valor. A partir da aplicação dos princípios enxutos apresenta propostas de melhorias, implementando um novo fluxo que agregue valor (Rother e Shook, 2003);

–Manutenção Produtiva Total – MPT (*Total Productive Maintenance – TPM*) - é a “melhoria da estrutura empresarial mediante a melhoria da qualidade de pessoal e de equipamento”, Tahashi e Osada (1993).

–*Takt Time* - define o ritmo da produção, ou seja, é a frequência na qual se deve produzir um produto sincronizando a velocidade de produção ao ritmo de vendas, para atender a demanda do mercado (Rother e Shook, 2003);

–Automação - é a automação com um toque humano. Consiste em fornecer às máquinas a capacidade de detectar a ocorrência de uma anormalidade e interromper o processo sem precisar do monitoramento do operador (Ohno, 1997);

–*Andon* - painel ou quadro luminoso disposto em lugar visível, que transmite o tipo de problema através de luzes indicadoras, sinalizando a necessidade de auxílio. Pode sinalizar a parada de determinada máquina, problema de qualidade, falta de matéria prima, e ainda apresentar o *status* de produção planejado *versus* realizado (Shingo, 1996);

–*Poka-Yoke* - são dispositivos a prova de erros. São comumente compostos de um ou mais dispositivos que previnem erros durante o processo de trabalho impedindo a execução irregular de uma atividade. Tem como principal finalidade detectar o erro antes que este se torne um defeito no produto (Ohno, 1997);

–Rota de abastecimento - tem como principal objetivo fazer fluir a matéria prima através do *just in time* com o auxílio do sistema *kanban*. A rota de abastecimento possui elementos importantes como percurso e trajeto a ser percorrido, horários de partida fixos e frequentes, parada somente em pontos pré-estabelecidos e quantidades de entregas definidas (Rother e Harris, 2002);

–Padronização do trabalho - consiste na descrição simples e prática de cada atividade de trabalho contendo o tempo de ciclo, o *takt time*, a sequência de trabalho das tarefas e o estoque mínimo disponível para realizar a atividade (Womack e Jones, 2004);

–Gerenciamento visual - está diretamente ligado a disposição de informações *just in time* para assegurar a execução breve e adequada de operações e de processos. A ideia principal é usar o controle visual para que nenhum problema fique oculto (Liker, 2005).

De acordo com Shingo (1989) a produção enxuta é “um sistema de absoluta eliminação de desperdícios” e destaca alguns princípios:

- Redução de custos pela diminuição de desperdícios – eliminar qualquer atividade que não agrega valor;

- *Just in Time I* (JIT) – fornecer a peça certa na quantidade correta no momento exato da necessidade;
- Produção puxada – início da atividade de produção somente com a confirmação da demanda;
- Redução dos tempos de *set up* – agilidade na preparação da linha de produção, reduzindo assim o tempo na mudança de um produto;
- Eliminação de quebras e defeitos – eliminação e monitoramento de problemas durante o processo produtivo;
- Nivelamento da produção (*Heijunka*) – busca de um nivelamento entre a capacidade produtiva e o trabalho necessário a ser realizado;
- Automação – Dotar a máquina da capacidade de perceber que algum produto está sendo processado fora das especificações necessárias.

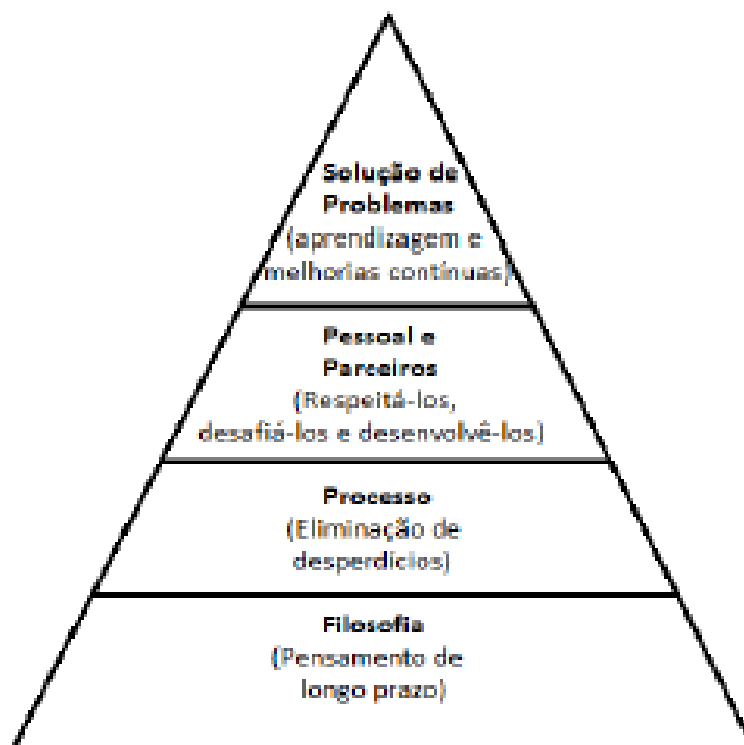
Liker (2005) afirma que a Produção Enxuta deve apresentar 4 grandes categorias agrupados nos seguintes itens:

- Filosofia de longo prazo
 - Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento das metas financeiras de curto prazo;
- Processo certo nos levará a resultados certos
 - Realizar um processo em fluxo contínuo que evidencie os problemas;
 - Utilização de Sistemas Puxados;
 - Nivelamento da produção (*Heijunka*);
 - Idealização da cultura de se fazer certo na primeira vez;
 - Padronização das tarefas e capacitação dos colaboradores;
 - Gestão visual para evidenciar problemas;
 - Utilização de tecnologia confiável que atenda aos requisitos dos funcionários da empresa;
- Valorização da organização através do desenvolvimento de seus funcionários
 - Busca de líderes que compreendam a filosofia e a ensinem para os outros colaboradores;
 - Desenvolver equipes com grandes qualidades e que sigam a cultura da empresa;
 - Respeito e colaboração entre os parceiros e fornecedores;

- Solução das causas raízes dos problemas estimulando o aprendizado organizacional
 - Observar a situação para compreender melhor (*genchi genbutsu*)
 - Processo de tomada de decisão avaliando todas as opiniões e variáveis, mas com agilidade na implementação;
 - Inserir na cultura da empresa a melhoria contínua e aprendizado através da reflexão incansável.

Segue na Figura 2 os princípios descritor por Liker, 2005:

Figura 2 - 4“p’s” do Modelo Toyota



Fonte: LIKER 2005

Montana & Charnov (1998), definem a mudança como um processo de transformação principalmente do comportamento de um indivíduo ou de uma empresa. Os autores ressaltam a importância de que ocorram mudanças planejadas e alinhadas à estratégia da empresa e não apenas mudanças ao acaso ou quando são necessárias.

Para Santos (2003) a mudança exige que os integrantes da organização transformem as maneiras habituais de trabalho e comportamento, cabe aos líderes aprimorar os relacionamentos entre a estrutura, a tecnologia e entre as pessoas da organização e também

garantir meios para que o novo padrão de comportamento seja mantido e continue efetivo. O autor afirma que a verdadeira mudança ocorre quando não há retrocessos aos modelos antigos de comportamentos quando o novo modelo comportamental apresentar algumas dificuldades.

Rentes (2000) afirma que quando o desenvolvimento começa a não caminhar como o esperado as pessoas tendem a desistir e abandonar os seus objetivos, por isso é importante um processo de gestão da transformação. Transformação esta que pode ser entendida com a aplicação de técnicas utilizadas em empresas do setor Industrial, principalmente automobilístico, em setores dos mais amplos e diversificados.

O problema da gestão da mudança é que na maioria das vezes a transformação acaba por esbarrar em alguns paradigmas organizacionais e culturais, que por serem consolidados dentro da organização acabam afetando negativamente a transformação se tornando barreiras intransponíveis para que os integrantes da organização possam atuar como agentes ativos da mudança organizacional. Para que isso ocorra é preciso que haja condições ambientais, pessoais e técnicas favoráveis para colaborar e gerir de forma eficiente o processo de mudança (Santos, 2003).

Por isso a transformação pode ser entendido como um ato de deixar pra trás velhos comportamentos, paradigmas organizacionais e culturais, que funcionam como amarras destes comportamentos na situação atual, bloqueando as pessoas no momento de agir de forma transformadora (Otaviano, 2010).

2.2 As Ferramentas de Apoio da Filosofia *Lean*

2.2.1 5S

O programa 5S visa manter ambientes de trabalho organizados e limpos, reduzir desperdícios, mudar os comportamentos e as atitudes tornando as pessoas mais produtivas e satisfeitas envolvendo todas as áreas da empresa (Campos, 1992).

Correa & Correa (2004) afirma que o 5S é um requisito básico para a implementação da Produção Enxuta mantendo a organização no ambiente de trabalho e pode ser adaptado facilmente para a área administrativa.

Uma das técnicas mais simples de serem aplicadas e de maior visibilidade e importância é o 5S, cujo objetivo principal é organizar os postos de trabalho com a finalidade de aumentar a produtividade e diminuir os desperdícios. Criada no Japão tem seu significado com a tradução das expressões *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* conhecido como “senso“, isto é, uma diretriz ou referencial de normas e conduta comportamental. E de acordo com Correa & Correa (2004), são estes os seus maiores benefícios:

- Maior motivação e empenho do trabalhador, devido à melhoria das condições do ambiente de trabalho;
- Menor índice de acidentes, devido à limpeza e a organização do ambiente de trabalho;
- Maior produtividade, proporcionada pela organização e padronização.

RIBEIRO (2006) define os 5S a partir dos seguintes conceitos:

1ºS – Seiri (Senso de Utilização)

O primeiro S foca no descarte/eliminação dos itens desnecessários. Uma metodologia utilizada para a sua implementação é a colocação de etiquetas identificadoras nos itens que não são necessários para a conclusão das tarefas. O cartão vermelho é utilizado nos materiais não mais desejados, neste caso o descarte é imediato. O cartão amarelo é utilizado em materiais que precisam de uma análise mais detalhada quanto a sua necessidade, permanecendo disponível por certo período após sua emissão. Quanto ao cartão verde, os interessados pelo material poderiam substituir o cartão original pelo cartão verde para reservá-lo. Essas etiquetas de cor vermelha permitem identificar de forma rápida os itens que não serão utilizados em determinado local, podendo deslocá-los para outras áreas.

2ºS – Seiton (Senso de Organização)

Após a realização do 1ºS eliminando o que não é indispensável para a realização das tarefas, deve-se criar uma nova metodologia de organização dos postos de trabalho. Neste momento, pretende-se repensar toda a forma de trabalho, visando aumentar a produtividade, eliminando perdas de tempo e de eficácia, através das seguintes tarefas:

Identificar a melhor área para os demais itens (necessários), para que possam ser facilmente localizados e utilizados;

Organizar uma forma de manter o que foi definido como itens necessários;

Garantir sua fácil localização e uso por todas as pessoas;

Tornar perceptível para todas as pessoas quando um item não está no local correto;

Definir limites de estoques;

Definir e implementar indicadores para monitorar a situação atual.

3ºS – Seiso (Senso de Limpeza)

Nesta etapa após tudo estar organizado e sem objetos desnecessários à tarefa, realiza-se uma limpeza a fundo, como também a criação de metodologias de controle para que a limpeza e a arrumação se mantenham. Neste momento a análise dos equipamentos em uso garantem a perspectiva do aumento da rentabilidade do trabalho, devido às aferições, calibrações, testes, etc., realizados.

4ºS – Seiketsu (Senso de Padronização)

O penúltimo senso define uma metodologia capaz de manter e controlar as anteriores. Uma forma de controle é a definição por escrito dos aspectos a serem controlados, visando atingir os objetivos traçados, como por exemplo, a definição dos níveis de estoques mínimos e a periodicidade da limpeza dos postos de trabalho.

5ºS – Sitsuke (Senso de Autodisciplina)

Esta última etapa consiste na necessidade de uma trabalho contínuo, para que os esforços e recursos utilizados na metodologia sejam mantidos, com o propósito de obter mais e melhores resultados no decorrer do tempo.

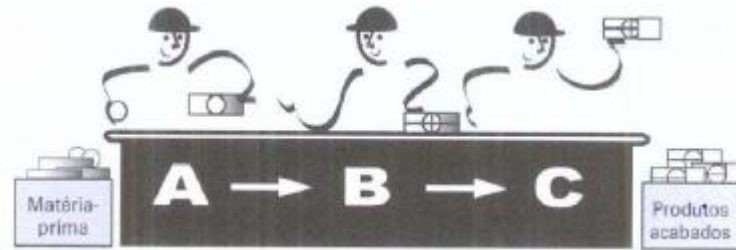
As principais preocupações são: assegurar a aderência à metodologia 5S através da comunicação, autodisciplina e garantir que o programa tenha se tornado um hábito, uma diretriz para todos os envolvidos.

Medições e monitoramento são formas de avaliar o que foi implantado e garantir que os esforços e todo trabalho não seja desperdiçado. Desta forma é possível verificar se algo está fora do resultado esperado. Treinamento e auditoria também fazem parte deste pacote de implementação da metodologia 5S.

2.2.2 Fluxo Contínuo

Agilidade e redução dos desperdícios são os principais aspectos que as empresas buscam ao inserirem o princípio de fluxo contínuo. Produzir em fluxo contínuo significa processar ou movimentar um item por vez ou pequeno lote de itens ao longo de uma série de etapas de processamento, continuamente, sendo que em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte. Também chamado de uma peça ou fluxo de uma só peça (*one-piece flow*) o fluxo contínuo pode ser realizado tanto em linhas de produção ou montagem quanto em células manuais ou automáticas (Rother & Harris, 2001). Na Figura 3 segue uma ilustração do fluxo contínuo.

Figura 3 - Processo de Fluxo Contínuo



Fonte: ROTHER & SHOOK, 1999)

Segundo Rother & Harris (2002), o fluxo contínuo permite que cada peça percorra seu fluxo de fabricação sem interrupção, evitando esperas, formação de estoques intermediários e superprodução, reduzindo a movimentação e o transporte. Este processo pode ser obtido através da criação de células de produção, que reduzem estoques e otimizam o espaço físico. Além da eliminação do estoque em processo, a utilização de células em fluxo contínuo possui vantagens relacionadas à qualidade, pois torna mais rápida a percepção de defeitos e peças não conformes, visto que o consumo das peças pelo processo seguinte é praticamente instantâneo (Silva, 2007).

2.2.3 Mapeamento de Fluxo de Valor

Value Stream Mapping, em português, Mapeamento do Fluxo de Valor é uma ferramenta desenvolvida pelo *Operations Management Consulting Division* (OMCD) da Toyota Motor Company, divisão organizada por Ohno (1997) originalmente para implementar o Sistema Toyota de Produção nos fornecedores da Toyota. A ferramenta sintetiza os princípios do STP, ajudando a visualizar como está o processo em relação a esses princípios e auxilia a sua implementação (Ghinato, 1996). Apesar de a ferramenta ter sido desenvolvida na Toyota na década de 80, ela era desconhecida do público fora da Toyota até os anos 90 quando foi difundida por Rother & Shook (2003) a pedido de Womack (Womack, 2006).

As atividades dentro de uma empresa podem ser classificadas em três categorias de modo a se considerar a visão do cliente. Nesta visão algumas atividades realizadas servem para aumentar o valor do produto final e algumas outras não apresentam esta mesma

finalidade. A última categoria pode ser definida pelas atividades que não agregam valor ao cliente, mas que no estado atual do processo são necessárias e de extrema dificuldade e custo de serem removidas. Hines e Taylor (2000) propõe uma categorização dessas atividades. Segue abaixo a denominação destas categorias:

- Atividades que agregam valor (AV): são denominadas atividades que agregam valor aquela que os clientes estão dispostos a pagar. São comum as operações de processamento ou montagem.
- Atividades desnecessárias que não agregam valor (NAV): são atividades que não agregam valor ao cliente final e, são desnecessárias, por isso para os clientes, não é necessário pagar por essas atividades. Retrabalhos, tempo de máquinas paradas por espera de matéria prima ou falhas no processo são exemplos de NAV.
- Atividades necessárias que não agregam valor (NAV): são aquelas atividades já citadas que aos olhos do cliente não agregam valor, mas devido às características do processo atual são de extrema dificuldade de serem eliminadas, por exemplo, excesso de movimentação devido a um *layout* inadequado ao fluxo de materiais.

De acordo com Rother & Shook (1999), fluxo de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos necessários a cada produto: o fluxo de produção desde a matéria prima até o consumidor e o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento. Womack (2006) termina por avaliar os passos do processo sob o ponto de vista de três dos cinco objetivos de desempenho de um fluxo de valor. Dos cinco objetivos de desempenho: custo, rapidez (*lead time*), confiabilidade, qualidade e flexibilidade; O autor utiliza os três últimos, visto que, custo e a rapidez são medidas para o fluxo e para as operações. Segue abaixo os benefícios do mapeamento do fluxo de valor essencial à Produção Enxuta:

- Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais. Passa a ser possível enxergar o fluxo;
- Ajuda a enxergar além dos desperdícios, suas fontes no fluxo de valor;
- Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis e facilita a discussão de todas as pessoas envolvidas;

- Forma a base de um plano para a implementação enxuta;
- É a única ferramenta que mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de materiais.

Nesse sentido, segundo Kaplan & Norton (1997), é preciso uma análise racional que justifique também as vantagens e desvantagens econômicas derivadas do fato de se destinarem certos recursos para a melhoria de determinado processo de uma organização. A análise do mapeamento tem como característica:

- Fornecer uma linguagem comum, visual e simbólica;
- Facilitar a visualização e compreensão pelo mais baixo nível hierárquico;
- Ajudar a visualizar além dos processos individuais, o fluxo de valor através de departamentos e processos;
- Mostrar a relação entre o fluxo de informações e fluxo de materiais no sistema de manufatura;
- Ajudar a identificar os desperdícios e suas origens;
- Agregar técnicas e conceitos de manufatura enxuta;
- Formar a base de um plano de implementação, tomando-se referência para a tomada de ação.

O principal objetivo do MFV é a criação de um fluxo de valor contínuo (ou enxuto). Segundo ROTHER & HARRIS (2002),

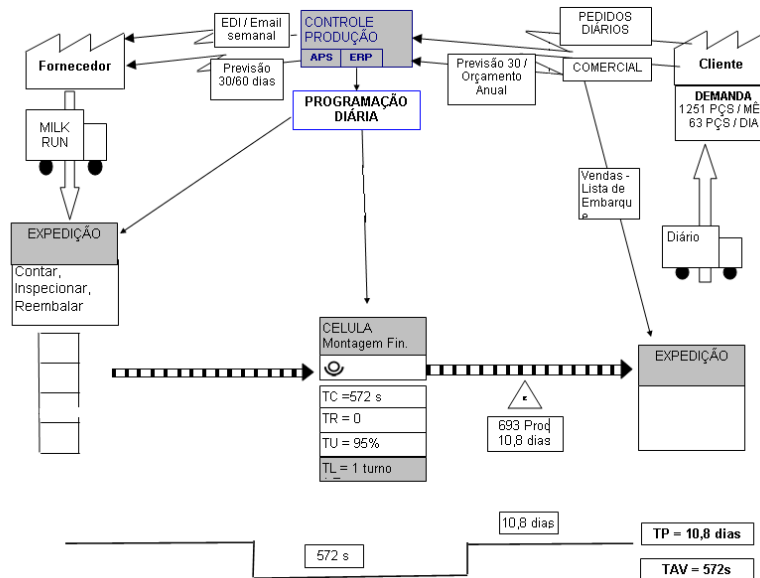
“...fluxo contínuo é um conceito que, em seu estado ideal, significa que os itens são processados e movidos diretamente de processo para o próximo, uma peça de cada vez. Cada passo do processo opera somente na peça que é necessária ao próximo passo pouco antes que este passo precise dela, e o tamanho do lote de transferência é um...”.

“uma célula é um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos com os passos do processo colocados bem próximos uns dos outros, em ordem sequencial, pelo qual as peças são processadas em fluxo contínuo”.

Mapeamento do Fluxo de Valor, conforme Figura 4, descreve detalhadamente como a produção deveria operar para criar fluxo. Utiliza ícones e símbolos para representar através de figuras o fluxo de materiais e de informações que o produto segue no fluxo de valor. A

partir da aplicação dos princípios enxutos apresenta propostas de melhorias, implementando um novo fluxo que agregue valor (Rother e Shook, 2003).

Figura 4 - Exemplo de Mapeamento do Fluxo de Valor



Fonte: ROTHER e SHOOK, 2003

Segundo Rother & Shook (1999), os mapas de fluxo de valor devem conter informações relevantes para uma correta interpretação, tanto da situação atual quanto da situação futura.

Segundo Ferro *in* ROTHER e SHOOK (1999),

“O mapeamento ainda ajuda a estabelecer a real necessidade e o foco adequado das diversas ferramentas *Lean*, tais como: células para criar verdadeiro fluxo contínuo, sistemas puxados e nivelados, *set up* rápido, TPM, gestão visual etc., e a enxergar melhor a integração entre elas”.

Para isso, as chamadas métricas *Lean* são utilizadas como fonte de obtenção das informações e são descritas a seguir:

- Tempo de Ciclo (T/C):

É a frequência com que uma peça ou produto são realmente completados em um processo. Ou seja, é o intervalo de tempo entre a saída de dois produtos consecutivos em um processo.

- Tempo de Agregação de Valor (TAV):
É a somatória dos tempos dos elementos de trabalho que efetivamente transformam o produto de uma maneira que o cliente está disposto a pagar.

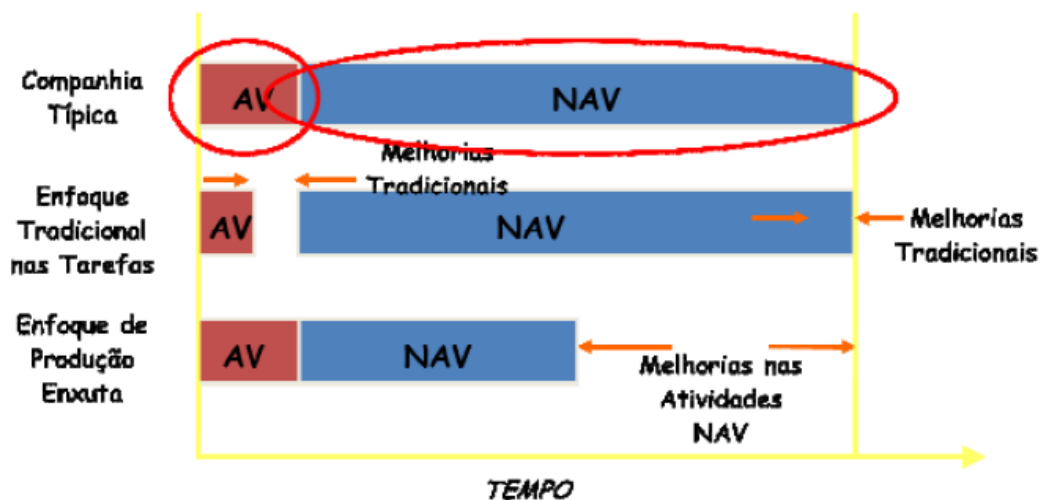
- *Lead Time* (L/T):
É o tempo que uma peça para mover-se ao longo do todo um processo ou um fluxo de valor, deve ser desenhada a partir de uma sequência de passos, descrita a seguir:
 - 1) Produzir de acordo com o *Takt Time* - T/T, isto é, o ritmo de produção deve ser seguido para atender a demanda do cliente. O cálculo do T/T é feito a partir da divisão do tempo disponível pela demanda do cliente. O tempo disponível e a demanda do cliente devem estar num mesmo horizonte de tempo.
 - 2) Produzir para um supermercado de produtos acabados ou para a expedição. Produzir para a expedição implica em um sistema produtivo confiável do início ao fim do processamento. Em alguns casos, como as empresas que atuam na política *Make-to-order* (processamento sob encomenda), a única alternativa é produzir para a expedição.
 - 3) Desenvolver um fluxo contínuo onde for possível, evitando estoques entre os processos.
 - 4) Utilizar supermercados onde não for possível a implantação de fluxo contínuo.
 - 5) Definir o processo puxador. É necessário definir qual o único processo do fluxo que deverá ser programado. Esse processo é chamado de processo puxador e é ele que dita o ritmo dos demais processos. Este ponto é o último processo onde existe a produção puxada. A partir dele só deve existir transferências de materiais através de fluxo contínuo ou linhas FIFO-*First in/First out* (Primeiro que entra/Primeiro que sai).
 - 6) Nivelar o *mix* de produção no processo puxador. Quanto mais se nivela o *mix* de produção no processo puxador mais eficiente é a resposta às diferentes solicitações de clientes.
 - 7) Desenvolver a habilidade de fazer “toda parte todo dia” nos processos anteriores ao processo puxador. “Toda parte todo dia”, ou TPT, significa o tempo gasto entre o início da produção de um lote de um tipo de peça e o próximo início de outro lote deste mesmo tipo. Ele representa quão frequente um sistema de produção pode

entregar um dado tipo de peça para o cliente. Quanto menor for o TPT, menor o tamanho do lote e do tamanho do inventário em processo.

- 8) Nivelar o volume de produção do processo puxador. Para nivelar o *mix* e o volume de produção é normalmente utilizando o *heijunka box*. O *heijunka box* é um quadro onde é mostrada a programação do processo puxador. Para cada incremento *pitch* é dado pela multiplicação do T/T do produto pela quantidade de produtos em uma embalagem. O nivelamento da produção teve seu campo de atuação focado no dimensionamento do estoque nivelador, na elaboração e configuração do *heijunka* eletrônico, na elaboração de procedimentos operacionais padronizados (POPs) e no treinamento do programador de produção para efetiva utilização das planilhas que compunham o *heijunka* eletrônico.

Segundo Hines e Taylor (2000) ilustrado nas Figuras 5 e 6, nas empresas predominam o grupo de NAV. Para os locais de manufatura 5% do tempo total gasto são com atividades que agregam valor, já em ambientes administrativos as atividades que não agregam valor correspondem a apenas 1% do tempo gasto. Desse modo para se obter um ganho de eficiência e redução de custos deve se priorizar a eliminação das NAV, pois estas são a maior parte do tempo gasto dentro dos processos produtivos.

Figura 5 - Composição das Atividades em um Fluxo de Valor



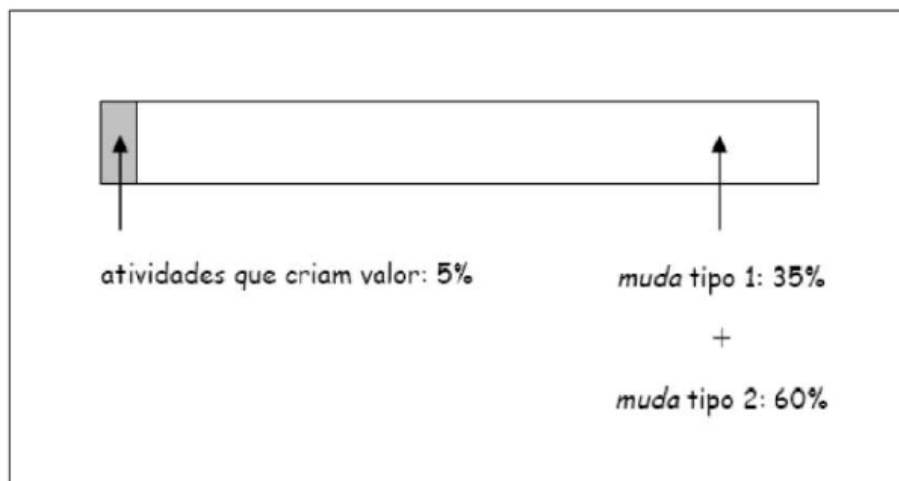
Fonte: HINES e TAYLOR, 2000

Para Ohno, citado por Ghinato (2000), as NAV devem ser eliminadas pois estão significam as perdas existentes dentro do processo, estas perdas (*MUDA* em japonês) e, estas perdas podem ser classificadas em sete grupos. Segue abaixo a classificação do *muda*:

- Perda por superprodução (quantidade e antecipada):
 - Perda por espera:
 - Perda por transporte:
 - Perda no próprio processamento:
 - Perda por estoque:
 - Perda por movimentação:
 - Perda por fabricação de produtos não conformes.
- a) Perda por Superprodução: de acordo com Ghinato (2000) a perda por superprodução é a que mais prejudica o sistema produtivo e também a com maior dificuldade de ser eliminada. Possui uma subclassificação em:
1. Perda por produzir demais (produção por quantidade): ocorre quando é produzido mais do que o necessário.
 2. Perda por produzir antecipadamente (superprodução por antecipação): ocorre quando é produzida antes do momento necessário.
- As perdas por superprodução são as mais analisadas e perseguidas pela Produção Enxuta e, a existência dessas perdas ocasionam todas as seguintes.
- b) Perda por Espera: é o desperdício ocasionado com o tempo de espera por falta de matéria prima ou tempo entre *set up*. Provoca a falta de fluxo dentro do processo de produção.
- c) Perda por Transporte: o transporte por ser considerado uma NAV de ponto de vista do cliente final, deve ser minimizado durante o processo. Esta movimentação desnecessária pode ser provocado ao *layout* incorreto, falta de rota ou mesmo fluxo de matérias.
- d) Perda no Próprio Processamento: são etapas do processo que podem ser eliminadas sem mudar a característica final do produto. Perdas com a redução na velocidade no processo devido a ajustes fora dos padrões ou falta de manutenção necessária aos equipamentos são exemplos comuns.

- e) Perda por Estoque: é considerado como excesso de inventário, alto estoque de produto acabado e também de produtos em processo. Pode servir para que sejam identificados problemas no processo devido ao fluxo desbalanceado e ao alto tempo de *set up*. Estes problemas podem ser solucionados com a aplicação do *Heijunka* e TRF – troca rápida de ferramentas, respectivamente.
- f) Perda por Movimentação: caracterizado como perda por movimentação o deslocamento de pessoas à procura de peças ou ferramentas durante o processo.
- g) Perda por Fabricação de Produtos não Conformes: a produção de produtos não conformes e que não atendem às especificações necessárias, como também retrabalhos, podem ser considerados exemplos deste tipo de perda.

Figura 6 - Composição das Atividades Propostas por HINES e TAYLOR (2000)



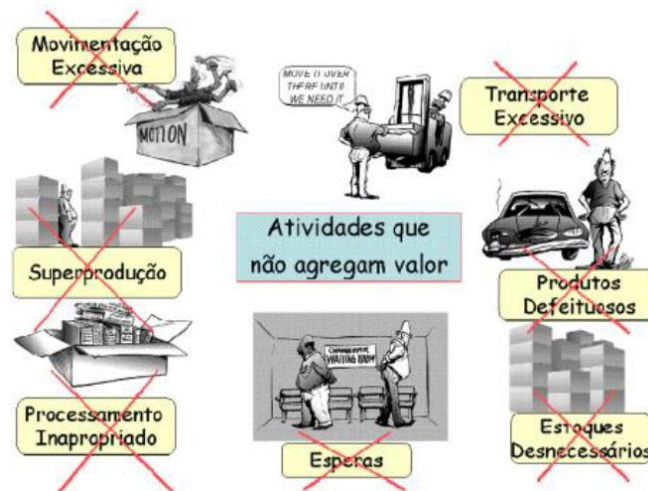
Fonte: HINES e TAYLOR, 2000

Desperdício ou *Muda*, em japonês, é considerado qualquer tipo de gasto de recursos sem agregar valor. Felizmente, existe um poderoso antídoto ao desperdício: o Pensamento Enxuto.

O Pensamento Enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz (Womack; Jones, 2004).

A seguir na Figura 7 temos a representação gráfica das sete categorias de perdas.

Figura 7 - Ilustração das perdas descritas por Ohno



Fonte: OHNO 2007

Liker (2006) ainda afirma que existe a oitava perda durante o processo mas que não vem sendo citada nas referências sobre Produção Enxuta e que deve ser considerada, perda devido ao desperdício de criatividade dos funcionários que estão ocupados devidos às outras perdas e não possuem tempo para se empenhar em trabalhar em melhoria (*kaizens*) e no seu próprio aprendizado.

2.2.4 Kaizen

Para que o Japão reerguer-se do pós guerra precisava implementar uma nova filosofia não só dentro das empresas, mas que proporcionassem melhoria na vida pessoal, na vida doméstica, na vida social e na vida de trabalho. Quando aplicado ao trabalho, o *kaizen* significa melhoramentos envolvendo todo mundo, de administradores à trabalhadores de forma igualitária, conforme descrito por Imai (1986).

Segundo Ohno (2007) no planejamento dos projetos de *kaizen* devem seguir três fatores iniciais: valor sob ponto de vista do cliente; necessidade das empresas; e recursos disponíveis para a realização dos projetos. Esta análise é fundamental para orientar de forma crítica os processos de melhoria, conduzindo todo o projeto pela forma de pensar dentro da Mentalidade Enxuta, questionando como seria o processo livre dos desperdícios, ou seja, como seria o processo após eliminadas as etapas desnecessárias e criando o fluxo de valor.

Para isso deve se verificar e analisar os processos sob ponto de vista quanto às suas restrições dos sistemas, dos problemas de qualidade, dos recursos consumidos e dos riscos de suprimentos, isto é, dos componentes do produto adquiridos com fornecedores externos que apresentam riscos de faltas ou atrasos de abastecimento.

Para Slack (1997) *kaizen* pode ser definido como uma busca pelo melhoramento contínuo e adota uma abordagem de melhoramento de desempenho que permite mais e menores passos de melhoramento incremental.

Kaizen é a essência da administração japonesa que abrange todo o conjunto de técnicas orientais que levaram o Japão a atingir prestígio mundial no setor industrial. Caracteriza dois possíveis enfoques para a melhoria: o enfoque gradual *kaizen* e o enfoque radical de grandes saltos, resumido pelo termo em japonês *kaikaku* (Imai, 1994), deve estar de acordo com as necessidades prioritárias da organização, como a eliminação de gargalos, redução de tempos de *set up* em equipamentos críticos, melhoria da qualidade e da segurança, dentre outros. Após a seleção do processo e do tema de aplicação, deve-se definir claramente uma meta a ser alcançada, contendo um objetivo, um valor e um prazo.

2.2.5 Sistema *kanban*

Kanban é um termo japonês que quer dizer cartão, segundo SCHONBERGER (1984), *kanban* significa “anotação visível” ou “placa visível”, para melhor entendimento, toma-se *kanban* o significado de ‘cartão’. Criado pela Toyota, o Sistema *Kanban* utiliza um determinado cartão para avisar a necessidade de entregar certa quantidade de peças, e outro, para avisar a necessidade de produzir maior quantidade das mesmas. Segundo Moura e Banzato (1994), o sistema JIT foi criado com o objetivo de alavancar a produtividade da Toyota, em um momento que predominava a escassez de recursos e com isso buscava-se produzir um produto de qualidade com o mínimo de recursos, reduzindo custos e com maior lucro.

É um sistema de informação visual utilizado nos Sistemas Puxados para disparar a produção no processo produtor baseado na demanda de produtos finais, evitando excessos de produção. A vantagem do *kanban* é que ele evita os problemas com gargalos provocados pelas fases mais lentas dos processos produtivos, (Corrêa & Gianesi, 1996). Os mesmos autores posteriormente afirmam que o JIT pode ser compreendido como uma filosofia que abrange os aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto

do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos (CORRÊA & GIANESI, 2007). Existem três tipos básicos de sistemas de controle por *kanban*:

- **Kanban de sinal:** este sistema é baseado em um ponto de reposição seguro que é o sinal que dispara a produção. Quando o consumo chega um determinado nível o sinal é disparado para o processo produtor. É mais utilizado para itens de baixo custo como parafusos, arruelas, rebites.
- **Sistema de um kanban (um cartão):** consiste na utilização de um único cartão, o kanban de produção. Cada cartão corresponde a um lote e conforme o processo cliente consome as peças do supermercado os cartões são colocados no quadro e ao formar o lote de reposição a produção é disparada para o processo produtor.
- **Sistema de dois kanbans (dois cartões):** consiste na utilização de dois cartões, o de produção e o de transporte. O kanban de transporte permite a movimentação das peças do supermercado ao processo cliente. O funcionamento do kanban de produção é o mesmo do sistema de um kanban.

Na prática o *Kanban* pode ser compreendido como uma técnica que dinamiza e operacionaliza a produção, ou seja, é um elemento que dá ritmo a produção. De acordo com Corrêa e Corrêa (2004), a técnica dispara a produção em momentos anteriores ao processo produtivo, coordenando a produção de todos os itens de acordo com a demanda de produtos finais.

MODEN (1998) comenta que para um sistema *kanban* funcionar de forma eficiente deve obedecer aos seguintes princípios: o processo cliente necessita retirar produtos do processo fornecedor na quantidade necessária e no tempo necessário; o processo fornecedor precisa produzir na quantidade retirada pelo processo cliente; os produtos defeituosos nunca podem ser passados ao próximo processo; o número de *kanbans* necessita ser minimizado; e no cálculo do *kanban* deve ser considerada pequenas variações na demanda.

A produção puxada é invariavelmente operacionalizada por meio do sistema *kanban*. Segundo Tubino (2000), nos sistemas convencionais de empurrar a produção, elabora-se periodicamente um programa de produção completo, da compra da matéria-prima à montagem do produto acabado, transmitindo por meio físico ou digital as ordens de compra, fabricação e montagem para cada um destes setores responsáveis. No sistema *kanban* de puxar a produção não se produz nada até que o cliente (interno ou externo) de seu processo solicite a produção de determinado item. Em outras palavras, afirma Monden (1984), o processo posterior vai ao processo precedente retirar as unidades necessárias na quantidade necessária e no tempo necessário de acordo com a sua demanda.

SLACK (1999) considera que os três tipos de *kanban* são:

- Kanban de transporte: usado para avisar, ao estágio anterior, que o material pode ser retirado do estoque e transferido para um destino específico. Contém as seguintes informações: número e descrição do componente, lugar de origem e destino, entre outras.
- Kanban de produção: sinal para o processo produtivo de que ele pode começar a produzir um item para que seja colocado em estoque. As informações contidas neste normalmente incluem: número e descrição do componente, descrição do processo, materiais necessários para produção do componente, entre outras.
- Kanban do fornecedor: usado para avisar ao fornecedor que é necessário enviar materiais ou componentes para um estágio da produção. É similar ao kanban de transporte, porém é normalmente utilizado com fornecedores externos.

O autor diz que o sistema *kanban* pode ser utilizado de duas maneiras, com um ou dois cartões. O primeiro é utilizado quando os postos de trabalho que se encontram próximos um dos outros, sendo que um mesmo quadro de *kanban* pode ser utilizado por dois centros de controle. Já o segundo, é utilizado quando existe uma grande distância entre os postos de trabalho. Neste caso, é utilizado o *kanban* de transporte e de produção em conjunto. Na Figura 8 as funções e regras para a utilização do *kanban*.

Figura 8 - Quadro de Funções e Regras para a Utilização do *kanban*

Funções do <i>Kanban</i>	Regras para Utilização
1. Fornecer informação sobre apanhar ou transportar;	1. O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo <i>kanban</i> no processo precedente;
2. Fornecer informação sobre a produção;	2. O processo inicial produz itens na quantidade e seqüências indicadas pelo <i>kanban</i> ;
3. Impedir a superprodução e o transporte excessivo;	3. Nenhum item é produzido ou transportado sem um <i>kanban</i> ;
4. Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias;	4. Serve para afixar um <i>kanban</i> às mercadorias;
5. Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz.;	5. Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é: mercadorias 100% livres de defeitos;
6. Revelar problemas existentes e manter o controle do estoque.	6. Reduzir o número de <i>kanban</i> aumenta sua sensibilidade aos problemas.

Fonte: OHNO, 1997.

E ainda, de acordo com Moura, Ritzman & Krajewski (1998), citado em Silva (2006), o *kanban* é uma ferramenta que auxilia na obtenção da Produção Enxuta, um sistema que abrange dois tipos de atividades:

1. Sistema de controle de fluxo de material ao nível da fábrica, desde o almoxarifado de matérias-primas até o armazém de produtos acabados (*kanban* interno), o qual se estende, em alguns casos, ao controle do material distribuído ou recebido de fornecedores (*kanban* externo).
2. Sistema para o contínuo melhoramento da produtividade, alterando-se equipamentos, métodos de trabalho e práticas de movimentação de material, usando o sistema de controle de cartões (*kanban*) para identificar as áreas com problemas e avaliar os resultados das mudanças.

2.2.6 Manutenção Produtiva Total – MPT

Para iniciar a análise sobre a eliminação das paradas não planejadas do equipamento nos sistemas de produção, através da Manutenção Produtiva Total - MPT, do inglês *Total Productive Maintenance* – TPM, é necessário examinar inicialmente o gerenciamento de processos, segundo VARVAKIS (1998), “o gerenciamento de processos é uma metodologia de trabalho que concentra seus esforços na melhoria contínua das atividades que efetivamente agregam valor aos produtos, ao mesmo tempo em que busca eliminar ou reduzir as operações que apenas geram custos e que não contribuem para a satisfação do consumidor”, como é o caso das paradas não planejadas de equipamentos, tais como, panes, quebras ou falhas, nos sistemas de produção.

CAMPOS (1994) define que agregar valor “é agregar satisfação ao seu cliente” e conclui que “todo trabalho que não agrega valor só agrega custo”. Portanto as anomalias têm que ser eliminadas se queremos aumentar a produtividade. Por isso relata que, a anomalia pode ser definida como:

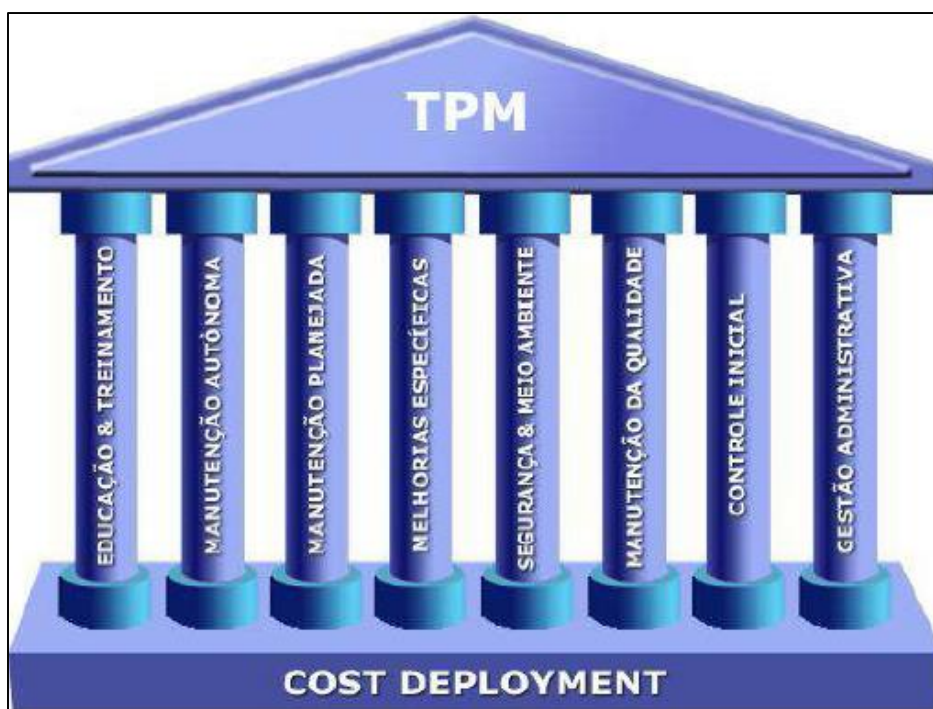
“Quebras de equipamentos, qualquer tipo de manutenção corretiva, defeitos em produtos, refugos, retrabalhos, insumos fora de especificação, reclamações de clientes, vazamentos de qualquer natureza, parada de produção por qualquer motivo, atrasos nas compras, erros em faturas, erros de previsão de vendas, etc.

Em outras palavras: são todos os eventos que fogem do normal” (CAMPOS, 1994).

Para Wyrebski (1997), a TPM, antes de tudo, deve ser encarada como uma filosofia de gestão empresarial centrada na disponibilidade total do equipamento para a produção. Tal filosofia deve ser seguida por todos os segmentos da empresa, desde a alta gerência até o operador do equipamento. A Manutenção Produtiva Total surgiu no Japão no período pós Segunda Guerra Mundial e as empresas japonesas, até então, famosas pela fabricação de produtos de baixa qualidade e arrasadas pela destruição causada pela guerra, buscaram, na excelência da qualidade, uma alternativa para reverter o quadro na qual se encontravam. Por isso, os primeiros registros de implementação da TPM pertencem à empresa *Nippon Denso*, do grupo Toyota. No Brasil, essa filosofia começou a ser praticada em 1986.

O autor ressalta que a TPM é baseada em alguns aspectos chamados de pilares, já Pinto e Xavier (2007) apresentam diferenciações nesses conceitos no que diz respeito à classificação ou à nomenclatura, entretanto não divergem nos princípios e metas que a TPM apresenta. Os pilares da TPM são apresentados na Figura 9.

Figura 9 - Os Pilares da TPM



Fonte: PINTO; XAVIER, 2007

2.2.6.1 Conceitos e Características da TPM

Segundo Tavares (1999), o conceito básico da TPM é a reformulação e a melhoria da estrutura empresarial a partir da reestruturação e melhoria das pessoas e dos equipamentos, com envolvimento de todos os níveis hierárquicos e a mudança da postura organizacional.

Em relação aos equipamentos, o autor ressalta que significa promover a revolução junto à linha de produção, através da incorporação da “Quebra Zero”, “Defeito Zero” e “Acidente Zero”.

Para Nakajima (1989), significa montar uma estrutura onde haja a participação de todos os escalões, desde a alta direção até os postos operacionais de todos os departamentos, ou seja, uma sistemática PM (Prevenção da Manutenção), com envolvimento de todos. Trata-se da efetivação de um “*Equipment Management*”, isto é, a administração das máquinas por toda a organização.

Conforme Banker (1995), a TPM cria um autogerenciamento no local de trabalho, uma vez que os operadores “assumem” a propriedade de seu equipamento e, cuidam dele, eles próprios.

Eliminando-se as paradas e defeitos, cria-se confiança, a TPM respeita a inteligência e o potencial de conhecimento de todos os empregados da empresa. TAHASHI e OSADA (1993) reforçam o significado da TPM como:

“Uma manutenção preventiva mais ampla, baseada na aplicabilidade econômica vitalícia de equipamentos, matrizes e gabaritos que desempenham os papéis mais importantes na produção” (TAHASHI; OSADA, 1993).

A definição da TPM, proposta em 1971 pela JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*), foi revista em 1989, estabelecendo-se uma nova exposição, que se constitui dos cinco itens seguintes:

- 1 - Tem como objetivo a constituição de uma estrutura empresarial que busca a máxima eficiência do sistema de produção (eficiência global);
- 2 – Construção ou elaboração, no próprio local de trabalho, mecanismos para prevenir as diversas perdas, atingindo “zero de acidente, zero de defeito e zero de quebra/falha”, tendo como objetivo o ciclo total de vida útil do sistema de produção;

- 3 - Envolver todos os departamentos, começando pelo departamento de produção, e se estendendo aos setores de desenvolvimento, vendas, administração etc;
- 4 - Contar com a participação de todos, desde a alta cúpula até os operários de primeira linha;
- 5 - Atingir a perda zero por meio de atividades sobrepostas de pequenos grupos.

Tahashi e Osada (1993), ainda ressaltam que em harmonia com a definição do TPM, cada uma das letras possui um significado próprio como segue:

- A letra “T” significa “TOTAL”. Total no sentido de eficiência global, de ciclo total de vida útil do sistema de produção e de envolvimento de todos os departamentos que compõem a empresa;
- A letra “P” significa “PRODUCTIVE”. A busca do sistema de produção até o limite máximo da eficiência, atingindo “zero acidente, zero defeito e quebra/falha zero”, ou seja, a eliminação de todos os tipos de perda até chegar ao nível zero;
- A letra “M” significa “MAINTENANCE”. Manutenção no sentido amplo, que tem como objeto o ciclo total de vida útil do sistema de produção e designa a manutenção que tem como objeto o sistema de produção de processo único, a fábrica e o sistema de vendas.

A partir da definição, podem-se delinear algumas características peculiares ao TPM, que o diferenciam dos movimentos tradicionais, como o da manutenção do sistema de produção.

- 1 - A busca da Economicidade - A manutenção produzida deve proporcionar lucros.
- 2 - Um sistema integrado (*Total System*).
- 3 - Manutenção espontânea, executada pelo próprio operador - atividade de pequenos grupos.

Verifica-se, portanto, que “a manutenção produtiva total é o envolvimento dos operários nos trabalhos de prevenção e correção dos defeitos em seus equipamentos”. (JIPM, 2011)

2.2.6.2 Objetivo da TPM

Para Tahashi e Osada (1993), o TPM é um conceito gerencial que começa pela liberação da criatividade normalmente escondida e inexplorada em qualquer grupo de trabalhadores que, frequentemente atarefados em tarefas aparentemente repetitivas, têm muito a contribuir se, pelo menos, isto lhes for permitido. Seu objetivo é promover uma cultura na qual os operadores sintam que eles “possuem” suas máquinas, ou seja, que eles são os proprietários dos equipamentos e, ao aprender mais sobre elas, se liberam de sua ocupação prática, para se concentrarem no diagnóstico do problema e do projeto de aperfeiçoamento do equipamento, desta forma, com ganho direto em eficiência e produtividade.

Os mesmos autores ainda dizem que o objetivo do TPM é a “melhoria da estrutura empresarial mediante a melhoria da qualidade de pessoal e de equipamento”. Melhoria da qualidade de pessoal significa a formação de pessoal adaptado à era da Automação Fabril. Em outras palavras, cada pessoa deve adquirir novas capacidades. Mediante a melhoria da qualidade do pessoal realiza-se a melhoria da qualidade do equipamento, que se incluem em dois pontos a seguir:

- Atingir a eficiência global mediante melhoria da qualidade dos equipamentos utilizados atualmente;
- Elaborar o projeto LCC (*Life Cycle Cost*) de novos equipamentos e entrada imediata em produção.

Para atingir a eficiência global do equipamento, a TPM visa à eliminação das perdas, que a prejudicam. Tradicionalmente a identificação das perdas era realizada ao se analisar estatisticamente os resultados dos usos dos equipamentos, objetivando a determinação de um problema, só então eram investigadas as causas. O método adotado pela TPM examina a produção de *inputs* como causa direta. Ele é mais proativo do que reativo, uma vez que corrige as deficiências do equipamento, do operador e o conhecimento do administrador em relação ao equipamento. As deficiências de *input* (homem, máquina, materiais e métodos) são consideradas como perdas, e o objetivo da TPM é a eliminação de todas as perdas. Segundo TAHASHI e OSADA (1993), as seis grandes perdas são:

1. Por parada devido à quebra/falha;

2. Por mudança de linha e regulagens;
3. Por operação em vazio e pequenas paradas;
4. Por queda de velocidade;
5. Por defeitos gerados no processo de produção;
6. No início da operação e por queda de rendimento.

2.3 Agricultura de Precisão

Agricultura de precisão ou manejo sítio-específico das culturas, do inglês *site-specific crop management*, pode ser definida como a gestão da variabilidade espacial e temporal, em nível de campo, para melhorar a produtividade, melhorar o retorno econômico com a redução dos custos de produção e reduzir os impactos ambientais (Blackmore et al., 2003).

O termo surgiu nos países europeus e posteriormente nos Estados Unidos como *Precision Farming* ou *Precision Agriculture*, no português, Agricultura de Precisão (AP). Termos utilizados para definir um sistema de produção que busca verificar a capacidade de conhecer cada metro quadrado da lavoura, detalhes que foram perdidos à medida que as áreas foram crescendo (Molin, 2001). A inviabilidade de tratar especificamente cada local da lavoura, antes da AP, fez da agricultura uma atividade baseada em valores médios, ou seja, a partir de uma amostragem reduzida e pouco representativa da área as decisões são tomadas e as recomendações de intervenção são realizadas com base em valores medianos, padronizados por toda área, como se fosse homogênea.

Os recentes avanços em tecnologias de informação e em telecomunicações têm permitido aos agricultores adquirir grandes quantidades de dado sítio específicos, com o objetivo de reduzir a incerteza na tomada de decisões (National Research Council, 1997; Blackmore, 2000).

Molin (2004) afirma que com as ferramentas de AP é possível coletar um maior número de informações por unidade de área gerenciando-as para identificar e tratar a variabilidade espacial em questão. Estas informações contribuem no processo de tomada de decisão e intervenção no processo de produção agrícola.

O advento da agricultura de precisão, com a incorporação de tecnologias avançadas no campo, vem provocando uma nova revolução nos processos, sistemas e métodos do

manejo agrícola, trazendo principalmente novas soluções para as questões do aumento da produtividade em conjunto com a redução do impacto ambiental. O manejo, via um melhor conhecimento das variáveis agrícolas, é a solução utilizada na agricultura de precisão. Esse conhecimento decorre de mapas obtidos a partir do sensoriamento, em muitos casos, em tempo real e remotamente sobre variações espaciais e temporais de crescimentos de plantas e suas produções. Assim, obtêm-se dados sobre matéria orgânica, relevo, disponibilidade de água, distribuição de macro e micro nutrientes, variações edafambientais, entre outras. Dessa forma, o manejo de sítio específico e a tomada de decisão pode ser feita a partir de uma base correta de informações.

O uso da agricultura de precisão vem se tornando cada vez mais frequente em países, como Estados Unidos e Japão, aonde os governos vêm enfatizando a pesquisa e o desenvolvimento nesta área como uma estratégia nacional (NRC, 1997; *Japanese Government*, 1998). Na Europa vários países têm publicado seus resultados de aumento de produtividade com o uso da agricultura de precisão (Blackmore, 1994; Larscheid, 1996; Larscheid, 1997). Assim, o Governo brasileiro deve priorizar ações que garantam ao País desenvolver sua agricultura fundamentada nos avanços tecnológicos atuais, de forma a garantir seu nicho frente ao cenário de um mundo cada vez mais globalizado.

A agricultura de precisão surge como um conjunto de tecnologias que são capazes de auxiliar o produtor rural a identificar as estratégias de manejo a serem adotadas para aumentar a eficiência no gerenciamento do processo de produção, podendo maximizar a rentabilidade das colheitas e reduzir os custos de aplicação de insumos, tornando a atividade mais competitiva (Carvalho et al., 2009; Oliveira et al., 2007; Silva; Souza; Alves, 2008).

Silva et al. (2004) citam que o adequado emprego da tecnologia de agricultura de precisão deve-se basear em análises econômicas que mostram seus benefícios, como o aumento da produtividade e a redução dos custos de produção. Paralelamente, tais informações permitem a racionalização da utilização de insumos agrícolas, minimizando os impactos ambientais da atividade.

Outra maneira genérica de descrever a AP é abordada por Mcbratney et al (2005), como sendo a maneira de fazer agricultura com mais decisões corretas por unidade de área (espacial e temporal) incorporando lucratividade. Essa definição envolve os elementos de tempo, espaço e lucro (aumento de produtividade) à implementação da AP, tais como, melhorias nas operações de manejo do solo e das culturas, nas aplicações em taxa variável de sementes e insumos (quantidades dos produtos), na conservação do meio ambiente e no rendimento por área, ao invés de somente restringir a informação espacial.

Gebbers e Adamchuk, (2010) também afirmam que a AP compreende um conjunto de ferramentas que combinam sensores, sistemas de informação, máquinas com tecnologia embarcada e gestão de conhecimento para otimizar a produção e minimizar a variabilidade e a incerteza dos sistemas de produção agrícola. Assim, proporciona meios para controlar a cadeia de produção e gerenciar a quantidade e a qualidade dos produtos agrícolas.

No entanto Reetz (2010) também afirma que o monitoramento da cadeia de produção e a sua comercialização, permite a rastreabilidade desde o campo, contribuindo para a segurança, qualidade e atendendo às exigências dos consumidores interno e externo.

O Programa Agricultura de Precisão está sob responsabilidade da Embrapa e tem como objetivo promover a geração e adaptação de conhecimentos e tecnologias para o desenvolvimento sustentável do agronegócio. A contribuição das três ações do Programa para a evolução do índice do indicador proposto Geração Tecnológica difere, por se tratarem de ações de pesquisa em diferentes estágios de execução. De um lado, as ações Desenvolvimento Tecnológico para Automação de Processos na Produção Agropecuária (cod. 4241) e Desenvolvimento de Sistemas de Rastreamento e de Tomada de Decisão para o Agronegócio (cod. 4242) correspondem a novas áreas de pesquisa no País, com pouco conhecimento técnico e baixa infraestrutura (Embrapa, 2003).

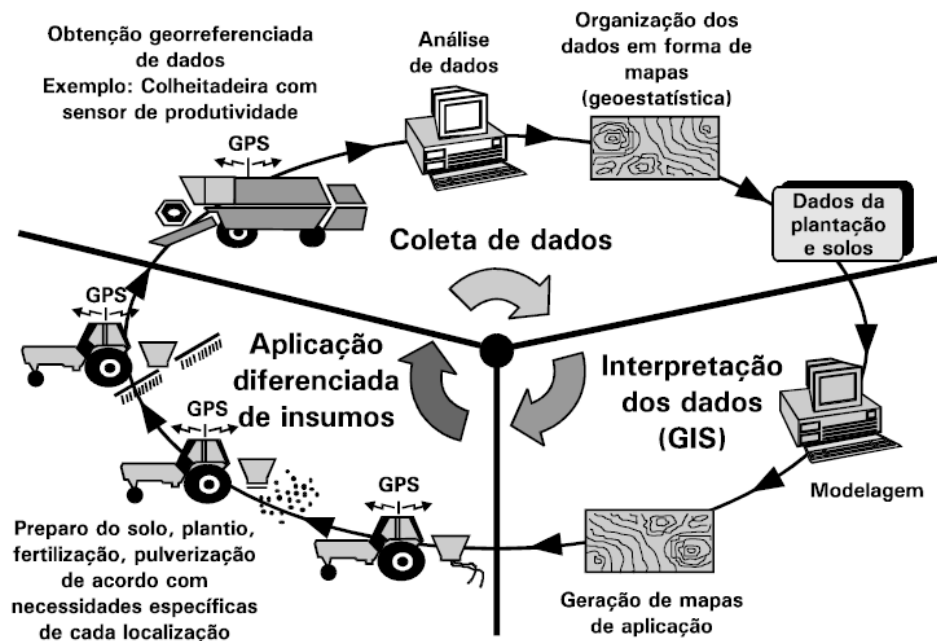
A AP é aplicada em diversas etapas do cultivo através das diferentes ferramentas disponíveis. Assim, a complementaridade entre as ferramentas sugere um ciclo de adoção. De acordo com MOLIN (2001) este ciclo, representado na Figura 10 e 11, inicia-se pela geração dos mapas de colheita, passa por análises de solo em grade amostral, interpretação destes dados, aplicação de insumos à taxa variável e o monitoramento da lavoura ilustrada na Figura 9.

Figura 10 - Esquema operacional do Ciclo de AP



Fonte: MOLIN, 2001

Figura 11 - Sistema Integrado para Controle da Produção Agrícola



Fonte: MOLIN, 2001

Especialmente na agricultura, os avanços tecnológicos têm alterado constantemente a trajetória dos povos. Um exemplo citado é a introdução de técnicas mais refinadas de cultivo

e fertilização do solo, bem como as descobertas de adubos químicos e de grãos híbridos, que permitem o crescimento da produtividade agrícola. Este avanço tecnológico tem um importante papel na transformação da produção convencional para um sistema de produção sustentável que proporciona além da conservação ambiental, um sistema economicamente rentável e mais produtivo. Boserup (2005), Hayami e Ruttan (1988) também argumentam que quando são impostas restrições pela escassez de recursos, as inovações tecnológicas abrem rotas alternativas para garantir o crescimento econômico.

As ferramentas de AP foram associadas ao conceito de sustentabilidade desde a primeira vez em que o sistema GPS - *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global) foi utilizado em equipamentos agrícolas, onde se vislumbrou os potenciais benefícios a serem gerados ao ambiente a partir da gestão sítio-específica dos campos (Bongiovanni; Lowenberg-Deboer, 2004). Por isso, as tecnologias permitem otimizar o uso dos recursos ambientais e incrementar ao processo de produção lucratividade e sustentabilidade econômica (Hart; Milstein, 1999; Tschiedel; Ferreira, 2002).

2.3.1 GPS – *Global Positioning System*

O tratamento localizado só pôde ser operacionalizado em grande escala graças à incorporação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na década de 1990. Sendo o grande impulso para a difusão da AP. A primeira aplicação da tecnologia GPS na agricultura brasileira foi para a aviação agrícola, por volta de 1995. O dispositivo popularmente conhecido como "barra de luz" foi o precursor, aplicado para orientar a pulverização aérea, posteriormente aplicado em operações terrestres (Mapa, 2011).

O uso dos sistemas de posicionamento global, em instrumentos de orientação e operações de precisão, isto é, a barra de luz, piloto automático e o sistema automático de corte de seções, surgiram a partir da evolução da computação e das tecnologias de comunicação. E segundo Zambolim et al. (2008), nos tratamentos fitossanitários com o emprego de herbicidas, a aplicação localizada e em taxa variável pode significar redução de mais de 60% nas quantidades de produtos fitossanitários utilizados, que são os principais poluentes na agricultura Bossu et al., (2008).

Equipamentos de última geração e munidos de Tecnologia de Informação (TI) transformaram o manejo da agricultura comum, em um processo com inúmeros sistemas de

tomada de decisão, a AP segundo Mcbratney et. al., (2005), surgiu como uma promessa para reverter a situação atual, possibilitando a aplicação de insumos agrícolas de forma localizada e somente na quantidade necessária citado por Lima et. al.,(2006).

2.3.2 Geoestatística

A geoestatística é uma ferramenta importante para análise de dados, no âmbito da agricultura de precisão. Segundo Vieira (2000), o objetivo da geoestatística aplicada à agricultura de precisão é caracterizar a variabilidade espacial dos atributos do solo e das plantas e fazer estimativa, utilizando o princípio da variabilidade espacial a fim de se identificar inter-relações desses atributos no espaço e no tempo, além de permitir estudar padrões de amostragem adequada.

Quando determinado atributo de solo varia de um local para outro, com algum grau de organização ou continuidade, expresso pela avaliação da dependência espacial, os resultados da estatística clássica são mais bem entendidos e aproveitados pela geoestatística (Vieira, 2000).

Buscando resolver essa problemática, têm se aplicado algumas tecnologias ligadas à agricultura de precisão, cuja finalidade é produzir ferramentas para aumentar a eficiência no gerenciamento da agricultura, permitindo, assim, a aplicação de insumos nos locais corretos e nas quantidades requeridas (Mzuku et al., 2005; Dercon et al., 2006). Dentre essas novas tecnologias, a geoestatística surge como uma das técnicas mais importantes, visto que ela poderá propiciar a redução dos custos e o aumento de produtividade das culturas, principalmente quando aplicada a culturas economicamente expressivas, como a cana-de-açúcar (Johnson & Richard Júnior, 2005).

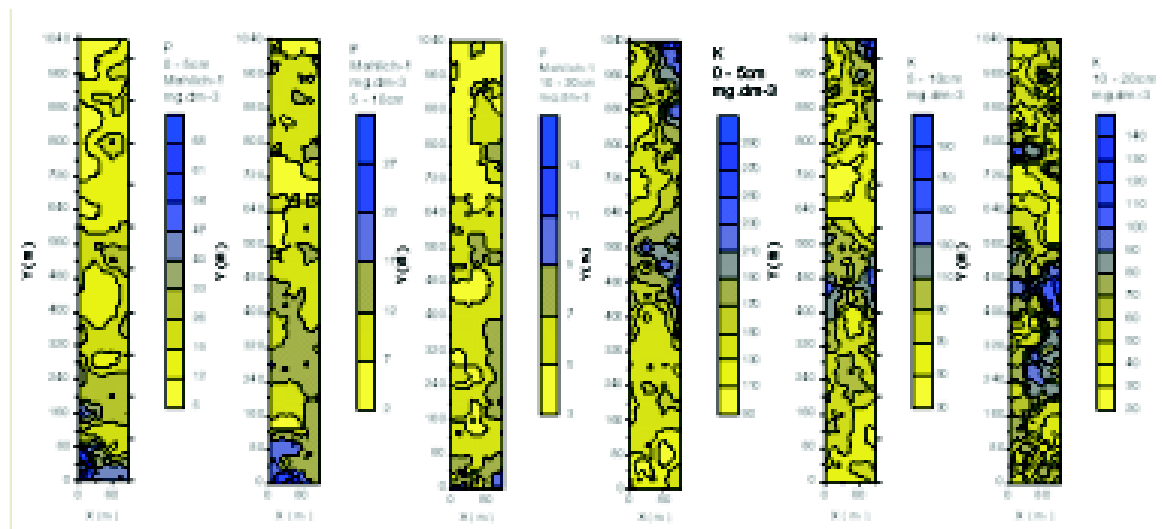
Excesso de fertilizantes pode gerar impactos negativos na qualidade das águas subterrâneas e reduzir as margens de lucro, enquanto que a sua falta pode restringir a produtividade e a qualidade da cultura (Mohamed et al., 1996). Por essa razão, o conhecimento da variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção da cultura é o primeiro passo para adoção, com êxito, do sistema de agricultura de precisão. Este sistema tem sido adotado por diferentes grupos, incluindo fabricantes de equipamentos, fornecedores de insumos, companhias de sementes, consultores agrônômicos, cientistas e produtores, como um caminho para melhorar o retorno econômico da atividade agrícola (Runge & Hons, 1999).

Em uma paisagem natural, o solo apresenta variabilidades espacial e temporal de seus atributos ilustrado na Figura 11, resultantes da interação de processos que comandam os fatores responsáveis por sua formação (Montezano et al., 2006). A associação da variabilidade espacial dos atributos de solos às formas da paisagem tem sido estudada por vários autores (Montanari et al., 2005; Kravchenko et al., 2005; Souza et al., 2006a; Souza et al., 2006b) e tem contribuído para a identificação e o mapeamento de áreas mais homogêneas, com limites mais precisos entre elas (Marques Júnior & Lepsch, 2000; Franzen et al., 2006; Souza et al., 2006b), o que permite que técnicas agronômicas possam ser transferidas com facilidade e economia para ambientes semelhantes.

Conforme Antuniassi (1998) e Borgelt et al. (1994), o mapeamento detalhado dos fatores de produção e da aplicação localizada de insumos é o princípio básico do sistema, isto é, o mapeamento das zonas de manejo através da coleta de dados (amostras de solo) em grade amostral, a confecção do mapa de fertilidade interpolado e pôr fim a criação do mapa de recomendação de adubação ou correção. Dessa forma, a caracterização da variabilidade dos recursos é de fundamental importância para o uso efetivo da tecnologia de agricultura de precisão, tornando-se imprescindível para que essa técnica seja confiável (Grego & Vieira, 2005; Silveira et al., 2000). Assim, o mapeamento dos atributos do solo é importante para o manejo adequado dos nutrientes de uma cultura, permitindo a visualização de áreas com déficit e excesso de nutrientes. A disponibilidade dos nutrientes para as plantas está estreitamente relacionada com a acidez do solo, que é corrigida com a realização da calagem ilustrado na Figura 12 e 13.

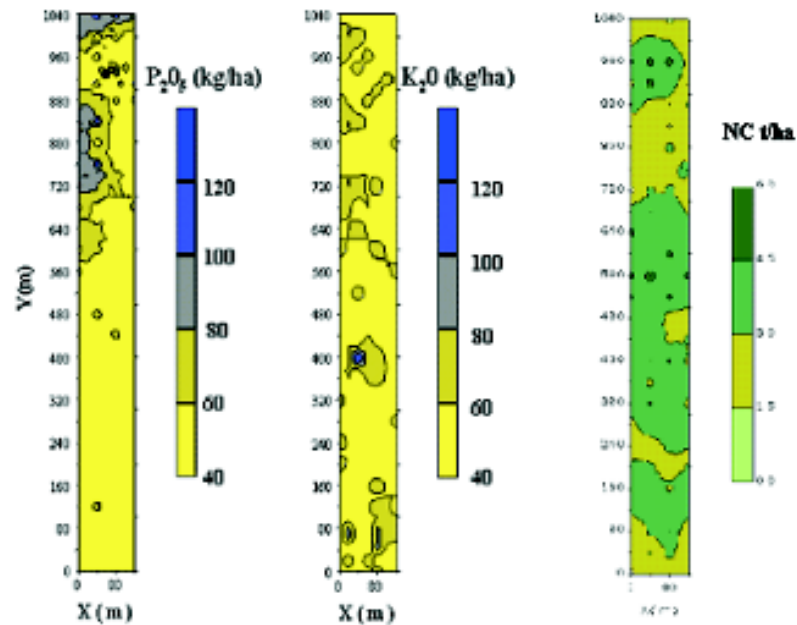
Para identificar a variabilidade espacial dos atributos do solo diversas ferramentas têm sido utilizadas, dentre elas destaca-se a Geoestatística que é fundamentada na Teoria das Variáveis Regionalizadas, que, segundo Clark (1979), a distribuição das diferenças de variáveis entre dois pontos amostrados é a mesma para toda a área, e que isto depende somente da distância entre eles e da orientação dos pontos.

Figura 12 - Mapas de Distribuição Espacial de Fósforo e Potássio



Fonte: SILVA et al. (2001) e MACHADO et al. (2002).

Figura 13 - Mapas de Distribuição Espacial da Necessidade de Adubação de P₂O₅, K₂O e Calagem



Fonte: SILVA et al. (2001) e MACHADO et al. (2002).

2.3.3 Marcador de Espuma, Barra de Luz e Piloto Automático

Alguns equipamentos utilizados na agricultura de precisão têm, por finalidade, a melhoria das condições operacionais. A barra de luz é um equipamento utilizado para a orientação de um veículo em faixas adjacentes, diminuindo a sobreposição da operação agrícola entre passadas consecutivas e otimizando a eficiência da aplicação agrícola.

Muitos equipamentos utilizados na AP foram desenvolvidos para melhorar as condições operacionais. Segundo Morgan (1997), o uso do Sistema de Posicionamento Global Diferencial (*Differential Global Positioning System - DGPS*) na AP não está limitado apenas em determinar o posicionamento estático de um veículo no campo, mas pode ser utilizado também, para auxiliar na orientação de um veículo em uma operação agrícola, empregando um acessório chamado barra de luz ou piloto automático nas operações, como de controle fitossanitário, com maior eficiência, se comparados Buick & White (1998) ao realizarem uma relação entre a operação guiada pela barra de luz e pelo marcador de espuma.

A barra de luz é um equipamento formado por um conjunto de LEDs verdes e vermelhos, em sua maioria, utilizado para a orientação de um veículo em faixas paralelas, diminuindo a sobreposição entre passadas nas pulverizações agrícolas, de modo que os LEDs verdes se mantêm ligados quando o veículo está mantendo o alinhamento programado ou liga um conjunto de LEDs vermelhos quando o veículo está se afastando do alinhamento programado, mas que tem sua eficiência reduzida quando a faixa de aplicação excede 18m ou se a velocidade é superior à 24 km^{-1} , descrito por Morgan (1997).

As primeiras utilizações deste equipamento foram na aviação agrícola e, segundo Molin (1998), o sistema mostrou melhor desempenho se comparado ao sistema convencional por bandeiras na orientação e manutenção do alinhamento.

Mesmo no sistema de orientação utilizando o equipamento de barra de luz, se comparado ao sistema de marcador de espuma, os melhores resultados foram obtidos após o treinamento dos operadores, Molin & Ruiz (1999), seja na configuração do sistema ou no alinhamento do equipamento à linha imaginária.

Os melhores resultados na sobreposição do posicionamento nas operações de pulverização foram obtidos através do piloto automático. Shockley & Dillon (2008) relatam que o piloto automático reduz as sobreposições desnecessárias e falhas na aplicação, podendo realizar as operações em velocidades superiores a da barra de luz com maior acurácia na aplicação de insumos. Batte & Ehsani (2006) mostram que a redução dos custos operacionais

pela utilização desta tecnologia pode ser substancial, devido ao aumento do rendimento operacional.

Por isso as operações do processo de produção agrícola necessitam de sistemas mais precisos e acurados devido ao fato das máquinas e implementos trabalharem com espaçamento fixo, e, se as fileiras estiverem desalinhadas e fora dos limites de tolerância especificados, as dificuldades nas operações são evidentes, como exemplo, o pisoteio das fileiras e as falhas na pulverização descrito por Campos et al., (2008).

2.3.4 Piloto Automático e Controle de Tráfego

O intenso número de operações mecanizadas em lavouras de cana-de-açúcar resulta na compactação do solo, com efeitos danosos sobre sua qualidade física.

Atualmente, tem-se observado aumento de áreas agrícolas com problemas de compactação, em grande parte atribuído a operações mecanizadas, realizadas sem se considerar a umidade do solo (Saffih-Hdadi et al., 2009). A compactação resulta em problemas ambientais, agronômicos e econômicos como inundação, erosão, lixiviação de agrotóxicos, emissão de gases de efeito estufa e perda de rendimento das culturas agrícolas (Keller & Lamandé, 2010).

Pesquisas têm mostrado a relação entre compactação e qualidade física do solo. A compactação aumenta a densidade, a resistência mecânica à penetração e a pressão de preconsolidação dos solos e diminui seu volume de poros (Braunack & McGarry, 2006; Braunack et al., 2006; SILVA et al., 2009). Silva & Cadeba (2006) relatam que os problemas relacionados à compactação do solo é diretamente proporcional às operações mecanizadas realizadas em condições de umidade elevada.

Para o desenvolvimento da planta, é fundamental que o solo apresente condições favoráveis ao crescimento das raízes, para que a planta possa explorar maior volume em camadas mais profundas, e ter maior acesso à água, o que reduziria os riscos de deficiência hídrica (Braunack et al., 2006; Collares et al., 2008; Kaiser et al., 2009). Beauclair e Scarpari (2006) apresentam as etapas do desenvolvimento inicial da cultura, relacionando às necessidades fisiológicas da planta com as práticas usuais para o plantio. Para os autores, o plantio é a prática que mais envolve o conhecimento das relações solo-planta-atmosfera. A interação entre esses fatores pode ditar o sucesso ou o fracasso de todo o ciclo da cultura que,

normalmente, é de cinco a seis anos. De acordo com Câmara (1993), proporcionar as condições necessárias ao desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, bem como o crescimento radicular e a brotação, o que corresponde à fase fenológica 1 da cultura, contribui positivamente para o aumento da produtividade e influencia diretamente na longevidade do canavial.

Conforme Coleti e Stupello (2006) os seus estudos abordam que as principais atividades envolvendo as operações de plantio são o espaçamento entre fileiras, a profundidade do sulco, a época de plantio, a quantidade de mudas e os cuidados necessários que envolvem essas operações. Os autores salientam a importância das operações no início e que exigem bom planejamento e muito conhecimento técnico. As tomadas de decisões nessa fase vão influenciar todo o ciclo e o processo de plantio destaca-se pelos elevados custos envolvidos. Os custos estão associados ao fato de a cultura possuir um ciclo econômico de cinco cortes, ou cinco anos em média, ocorrendo, após este período, a renovação dos canaviais. A renovação é de extrema importância, pois se for realizada com qualidade inferior, o ciclo econômico da cultura pode ser reduzido e, conseqüentemente, diminuíse o retorno financeiro ao longo do tempo.

O processo de compactação em um Latossolo Vermelho sob cultivo de cana-de-açúcar foi investigado por Paulino et al. (2004), que verificaram que também no manejo de pós-colheita em soqueiras de cana-de-açúcar altera a densidade do solo, a macro e a micro porosidade. Porém, não observaram redução na área, no comprimento de raízes e na produção de cana-de-açúcar decorrentes do alto nível de compactação do solo. Souza et al. (2005), na avaliação de sistemas de colheita de cana queimada e crua com e sem incorporação da palhada de cana-de-açúcar, observaram que os sistemas de colheita mecanizada alteram os valores da densidade do solo.

Uma alternativa atual para o problema de compactação do solo sob canaviais é o manejo com controle de tráfego agrícola (Roque et al., 2010), que preserva, nas regiões não trafegadas, as propriedades do solo e favorece o desenvolvimento do sistema radicular e o desenvolvimento das culturas (Braunack & McGarry, 2006; Vermeulen & Mosquera, 2009). O controle de tráfego separa zonas de tráfego de zonas de crescimento das plantas, e concentra a passagem de pneus em linhas permanentes, com diminuição da área submetida ao tráfego agrícola (Braunack et al., 2006; Roque et al., 2010; Kingwell & Fuchsbichler, 2011).

Essa técnica tem promovido melhorias na qualidade estrutural dos solos agrícolas e maior desenvolvimento das culturas (Braunack et al., 2006). O uso de espaçamentos coincidentes entre todos os maquinários agrícolas, por meio do ajuste da bitola, melhora,

ainda, as condições de tráfego em solo com maior teor de água e aumenta a eficiência de tração (Kingwell & Fuchsbichler, 2011).

No contexto da agricultura mecanizada, o controle de tráfego surge como uma alternativa para o cultivo de cana-de-açúcar, pois minimiza os efeitos adversos da mecanização agrícola, separa as zonas de tráfego daquelas em que há crescimento das plantas e concentra a passagem de pneus em linhas delimitadas. Desse modo, uma área menor será submetida ao tráfego agrícola embora mais intensamente (LAGUË et al., 2003; Trein et al., 2005). Esta é uma prática recente no Brasil, mas bastante difundida na Austrália, que tem como objetivo reduzir o impacto da compactação do solo sobre a produtividade das culturas (Tullberg, 1997).

Em uma avaliação do efeito da posição do tráfego na colheita de cana-de-açúcar, Braunack et al. (2006) verificaram redução da compactação e aumento da produtividade da cultura em áreas com controle de tráfego. Os benefícios resultantes de menor compactação podem atingir também a produtividade e o ganho econômico do produtor. Pesquisas realizadas na Austrália detectaram aumento de 16% na produtividade e aumento de 30% nos lucros pelo uso do sistema de tráfego controlado quando comparado com o sistema convencional na produção de grãos de sorgo, trigo e milho (Tullberg, 1997). Barros & Milan (2010) afirma em sua pesquisa que 36,8% do plantio está sujeito a pisoteio das soqueiras devido à falta de paralelismo decorrente das falhas no processo de plantio, uma evidência que o controle de tráfego assistido por piloto automático resulta uma maior qualidade na operação de plantio mecanizado.

Este complemento ao controle de tráfego utilizando o sistema de direção assistida (piloto automático) é utilizado para guiar as máquinas agrícolas em operações de campo, de tal forma que o deslocamento ocorra sempre paralelo a uma linha de referência, o que resulta na maior uniformização do espaçamento, com melhor aproveitamento do terreno e menor tráfego sobre as linhas de cultivo (Vermeulen & Mosquera, 2009).

De acordo com Roque et al (2010) a adoção do controle de tráfego permite melhorias na estrutura física do solo e redução no consumo de combustível, pois uma maior área de solo não será compactada e apresentará menor resistência à ruptura do solo na passagem de implementos de mobilização, bem como melhoria no potencial de tração do solo (relação pneu-solo), o que aumenta o rendimento da tração consequente do tráfego do maquinário em solo mais firme (linhas de tráfego).

O grande benefício dos pilotos automáticos é a redução de erros entre as passadas pela substituição do operador no direcionamento durante as operações mecanizadas. Silva et

al. (2011) pesquisaram que 39% das usinas de cana-de-açúcar instaladas no Brasil adotam sistemas de auto direcionamento por satélites, também popularizados por pilotos automáticos. Shockley & Dillon (2008) relatam que o piloto automático reduz sobreposições e falhas na aplicação, pode elevar a velocidade operacional, possibilita maior acurácia na aplicação de insumos e eleva o tempo disponível para a operação. Batte & Ehsani (2006) mostram que a redução dos custos operacionais pela utilização desta tecnologia pode ser substancial.

2.3.5 Corte de Secção

Uma solução para a melhoria da baixa eficiência nas aplicações de produtos fitossanitários, de acordo com Batte & Ehsani (2006), seria a utilização de sistemas que controlam automaticamente as seções e a pulverização, a qual pode reduzir significativamente a sobreposição, poupando produtos fitossanitários, combustível e o tempo durante o processo de aplicação, resultando em maior rendimento operacional e também evitando as falhas entre as passadas. Além disso, ajuda a reduzir os esforços mentais do operador, diminuindo sua fadiga e aumentando seu rendimento e qualidade de trabalho.

O uso dos sistemas que controlam automaticamente as seções e a pulverização deu-se graças à evolução da computação e das tecnologias de comunicação, em que sensores e atuadores são incorporados nas máquinas agrícolas ou em aeronaves, a fim de fornecer informações úteis sobre as heterogeneidades das culturas e da presença de plantas daninhas, por exemplo. Atenção especial pode ser dada à redução de herbicidas utilizados, que são os principais poluentes na agricultura (Bossu et al., 2008). Segundo Zambolim et al. (2008), nos tratamentos fitossanitários com o emprego de herbicidas, a aplicação localizada e em taxa variável pode significar redução de mais de 60% nas quantidades de produtos fitossanitários utilizados. O uso de tal tecnologia remete para o campo de estudos denominado de Agricultura de Precisão (AP) (Mcbratney et. al, 2005). A AP surge com a promessa de reverter a situação atual, possibilitando a aplicação de insumos agrícolas de forma localizada e somente na quantidade necessária (Lima et. al, 2006). Entretanto, de acordo com Schuller (1991), o tempo de resposta desses equipamentos é um dos fatores-chave para o desempenho das máquinas de aplicação dotadas de controle eletrônico, principalmente em sistemas de aplicação localizada de defensivos químicos.

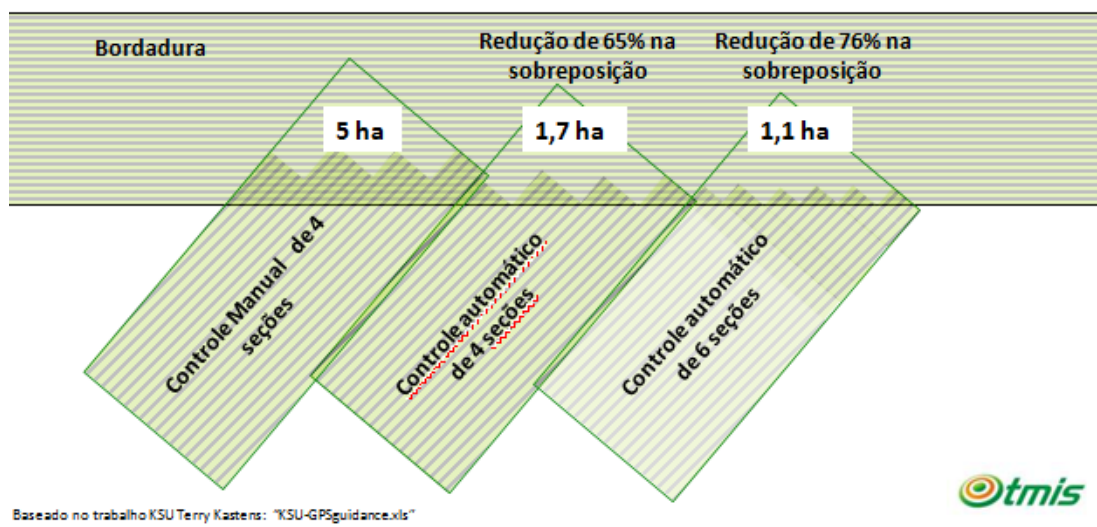
A utilização de sistemas de corte de secção proporciona reduções consideráveis principalmente em relação às operações de pulverização. Os ganhos podem ser determinados conforme o tamanho das barras, formato do terreno e a quantidade de secções, a Tabela 1 e Figura 14, a seguir, relacionam a diminuição da sobreposição podendo chegar a até 76%.

Tabela 1 - Sobreposição em Operações de Pulverização

	Plantio/Semente			Sprayer		
	13.7 m	18.3m	27.4m	18.3m	27.4m	36.6m
Retângulo c/ Linhas retas	0.5%	0.5%	0.5%	1.5%	1.5%	1.5%
Retângulo c/ Linhas anguladas	2.6%	3.8%	4.9%	4.4%	5.8%	7.3%
Trapezio/ Linhas paralelas	1.6%	2.2%	2.7%	3%	3.7%	4.4%
Angulada c/ canais de drenagem	4.2%	5.9%	7.6%	7.4%	9.2%	11.7%
Pivot	3.2%	4%	5.8%	5.2%	6.9%	8.6%
Áreas irregulares / contornos	8.7%	8.7%	16%	13%	18%	23%

Fonte: Adaptado de KSU Terry Kastens

Figura 14 - Exemplos de Corte de Seção



Fonte: Adaptado de KSU Terry Kastens

A Tecnologia da Informação, TI, pode ser aplicada na Agricultura de Precisão, AP, para suportar as decisões associadas à produção agrícola (Saraiva, 1998; Bouma et al., 1999), pois pode ser utilizada para coletar, armazenar, processar e analisar as variáveis e os dados envolvidos em seus processos.

Para que a tomada de decisão seja ágil, recomenda-se o desenvolvimento de sistemas de informação para AP (Robert, 1999). Os sistemas desenvolvidos devem considerar a potencial diversidade de provedores de dados e os vários formatos em que os dados necessários podem estar armazenados nestes provedores (Murakami, 2006). Portanto, a solução a ser desenvolvida deve conter recursos para integração e interoperabilidade. Em Santana (2009), foi proposta uma infraestrutura para a solução de um problema semelhante em biodiversidade a partir dos estudos para AP feitos por Murakami (2006) e Murakami (2007) e, a partir da grande similaridade encontrada entre estes problemas (Santana et al., 2007), foi possível estender a solução definida para AP.

Uma solução baseada no paradigma de Arquiteturas Orientadas a Serviços (Mackenzie, 2006) ou *Service Oriented Architecture* - SOA, com serviços computacionais disponibilizados na forma de web services e em tecnologias de padrões abertos para aplicações web, como as tecnologias *Java Enterprise Edition* - JEE. Esta infraestrutura conta com um portal na Internet, onde as funcionalidades podem ser disponibilizadas. Esta solução é adequada para usuários de qualquer porte, incluindo pequenos proprietários rurais com acesso à Internet, que realiza o tratamento de dados georreferenciados, através da integração de serviços específicos para Sistemas de Informação Geográfica, SIG, e de bancos de dados geográficos. Portanto, é possível processar imagens e dados em diferentes formatos, integrados a um mecanismo de persistência que permite o tratamento e manipulação de dados geográficos, fundamentais para AP. Os serviços de SIG estão de acordo com os padrões estabelecidos pelo *Open Geospatial Consortium* - OGC.

De acordo com Santana et al. (2010) a construção de um sistema de apoio à tomada de decisão em AP depende da implementação de mais serviços especializados, como mapas de recomendação de produtividade e identificação de unidades de gerenciamento diferenciado através da TI. O autor afirma que a tecnologia utilizada nesta solução obedece a padrões estabelecidos, portanto os novos serviços podem ser integrados de forma transparente e praticamente ilimitada, o que permite que as funcionalidades do sistema de apoio à decisão possam ser estendidas, acompanhando as evoluções da tecnologia e necessidades da AP.

2.3.6 Sensoriamento Remoto

O setor canavieiro brasileiro experimenta uma fase de expressivo crescimento, impulsionado pelo aumento na demanda por etanol em substituição aos derivados de petróleo (Segato et al., 2006). Tal expansão requer a aplicação de processos mais eficientes para melhoria da produtividade e da qualidade dos produtos.

Sob esta ótica a adubação nitrogenada das lavouras de cana-de-açúcar deve merecer inovações. É uma das operações que mais demandam esforços de pesquisadores em todo o mundo, por se tratar de um elemento com dinâmica complexa no solo, sujeito a diversos mecanismos de perda e potencial causador de impactos ambientais. Desta forma, técnicas de sensoriamento remoto, aliadas às técnicas de agricultura de precisão, como a aplicação localizada de insumos em tempo real, de acordo com as necessidades específicas dentro de cada lavoura, podem refletir consideravelmente na melhoria do processo, com potencial retorno econômico.

Uma das técnicas de se avaliar indiretamente o estresse causado pela deficiência de nitrogênio nas culturas, é obtida pela mensuração da quantidade de clorofila nas folhas, utilizando-se medidores de clorofila (Piekielek et al., 1995).

Outras técnicas têm sido propostas para a determinação da demanda de nitrogênio pelas culturas, dentre elas o uso de imagens aéreas e orbitais, e o uso de sensores óticos terrestres.

Wright et al. (2004), estudando essas técnicas em lavoura de trigo concluíram que mensurações de valores de refletância realizadas com sensores ótico terrestres, calculando-se o índice de vegetação por diferença normalizada (*Normalize Diference Vegetable Index - NDVI*), se correlacionam melhor com parâmetros da cultura (produtividade, teor de N foliar e de proteína nos grãos) do que a obtenção dos mesmos índices a partir de imagens de satélite e fotografias aéreas. Referidos autores também apontaram que a aquisição de dados com sensores terrestres é menos dependente do clima, a coleta de dados pode ser feita aproveitando-se outras operações e os dados são disponibilizados em tempo real ou logo após sua coleta.

O nitrogênio é um dos insumos que desperta maior atenção dos pesquisadores, ao se considerar a resposta variável das culturas, em razão da sua dinâmica complexa no solo. Cantarella et al. (2007) verificaram que, em cana-de-açúcar, a eficiência de uso do N, fornecido por fertilizantes e mensurado por sua recuperação no sistema, é menor que 40%, valor inferior ao da maioria das culturas, entre 50 e 70%. Sabe-se que a deficiência de N causa

mudanças no comportamento espectral da radiação refletida pelas folhas das plantas, em virtude das alterações sofridas na falta do nutriente (Tarpley et al., 2000), sendo possível, através da mensuração dessas alterações, realizar a recomendação e aplicação da adubação nitrogenada de acordo com a real demanda das culturas. De acordo com Solari (2006), são três as principais causas para a baixa eficiência de uso do N: falta de sincronia entre a demanda de N pela cultura e o seu fornecimento; aplicações uniformes de N sem considerar a variabilidade espacial existente dentro de cada talhão e o potencial de resposta da cultura; e a forma como a recomendação do N é feita, tendo como base uma estimativa de produtividade que, na maioria das vezes, não é atingida. Essa eficiência poderia ser incrementada com a utilização de métodos que estimem a resposta da cultura ao N em determinada situação edafoclimática durante a safra, o que possibilitaria a aplicação de fertilizantes nitrogenados em taxa variável.

O uso de sensores ópticos ativos terrestres é uma das alternativas à recomendação tradicional de N. Essa estratégia parte do princípio de que as propriedades espectrais das folhas das plantas são afetadas pela deficiência de N (Blackmer et al., 1996), e que se caracterizam por utilizar fonte de luz própria e captar a reflectância de determinados comprimentos de ondas pelo dossel das plantas.

Sendo assim a disponibilização de sensores óticos ativos terrestres no mercado está possibilitando avanços na pratica da adubação nitrogenada em várias culturas, com a perspectiva de se automatizar a decisão relativa a doses a serem aplicadas a partir de mensurações e intervenções em tempo real; entretanto ainda não se tem conhecimento suficiente sobre o comportamento espectral da cana-de-açúcar, sobretudo após o advento dos sensores óticos ativos que utilizam comprimentos de onda já consagrados em outras culturas. Em vista disto, o objetivo desta pesquisa foi, em uma investigação prospectiva, verificar a capacidade de um sensor ótico ativo comercial em identificar a resposta da cana-de-açúcar a diferentes doses de nitrogênio aplicadas (Amaral, 2011).

3.0 – METODOLOGIA

A metodologia utilizada no trabalho foi realizada através da revisão bibliográfica dos assuntos relacionados às pesquisas na aplicação da Filosofia *Lean* em diversos seguimentos onde a aplicação das ferramentas proporcionaram resultados dentro do proposto e, também observando as características em relação à aplicabilidade em AP.

Após a revisão bibliográfica serão realizadas análises e verificação dos resultados dos pesquisadores assimilando o conhecimento e propondo a aplicação das ferramentas dentro dos processos e operações do setor sucroalcooleiro. Foram realizadas visitas técnicas nas usinas da região de Araçatuba - SP (Clealcool – Clementina e Queiroz), de Valparaíso – SP (RAIZEN) e Paraguaçu Paulista – SP (COCAL) identificando as oportunidades de melhoria.

4.0 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Após a revisão bibliográfica foram analisados os resultados das pesquisas e verificou-se as possibilidades da aplicação das ferramentas da Filosofia *Lean* dentro dos processos e operações do setor sucroalcooleiro que foram direcionados em relação aos problemas visualizados nas visitas técnicas realizadas.

A seguir os resultados encontrados e discussões sobre as propostas de aplicação das ferramentas, com o intuito de proporcionar resultados dentro dos propósitos da implantação da filosofia *Lean*.

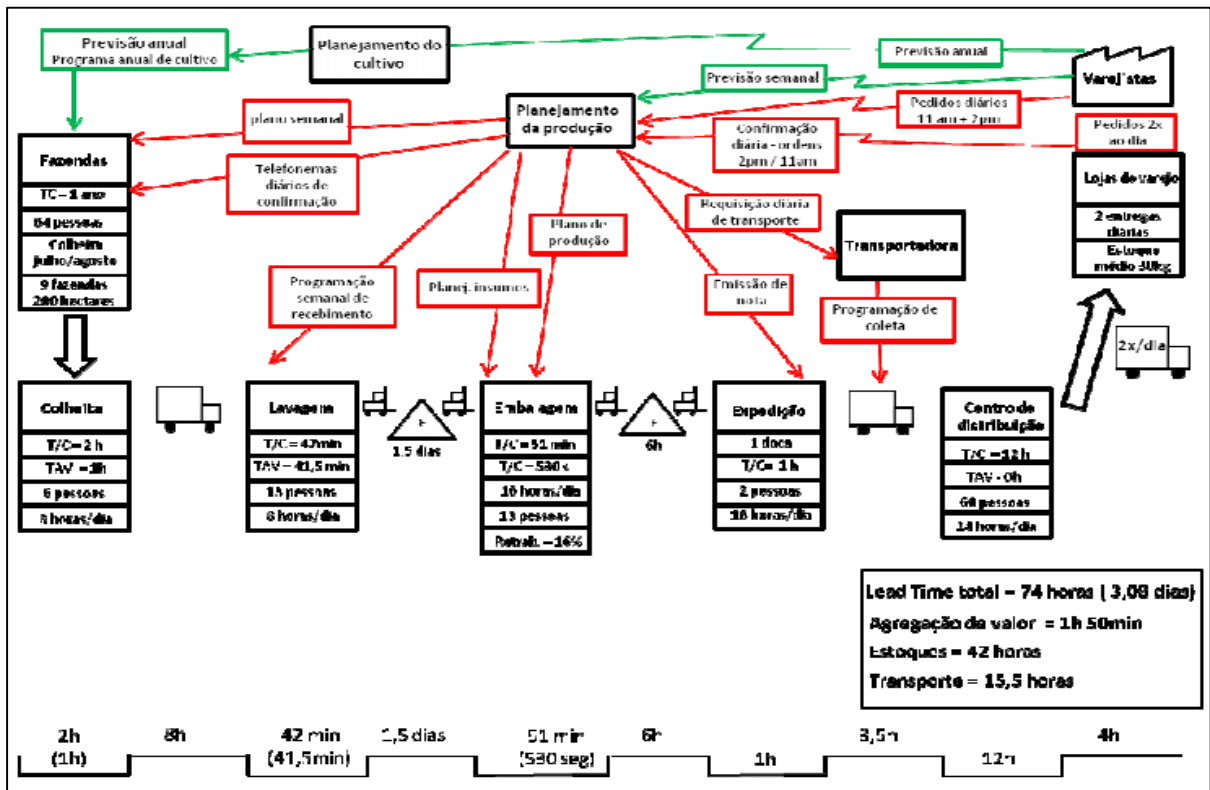
Mapeamento do Fluxo de Valor – MFV

Para a aplicação das ferramentas da filosofia *Lean* independentemente do tipo de segmento ou de processo, primeiramente devemos verificar o fluxo do processo e, assim, mapear o fluxo de valor. Esta análise é importante, pois de acordo com Kaplan & Norton (1997) esta ferramenta fornece um entendimento do processo com o propósito de eliminar os itens desnecessários e as perdas - muda (Ohno, 2007). Ao aplicar o MFV cria-se um fluxo de valor contínuo (Rother & Harris, 2002) classificando as atividades em Atividades que Agregam Valor – AV e Atividades que Não Agregam Valor – NAV (Rother & SHOOK (1999); Hines e Taylor, 2000; Rother e Shook, 2003).

Somente após esta análise é possível realizar as melhorias de forma assertiva e focada na causa raiz do problema possibilitando que o processo de *kaizen* não seja oneroso à organização (Kaplan & Norton, 1997).

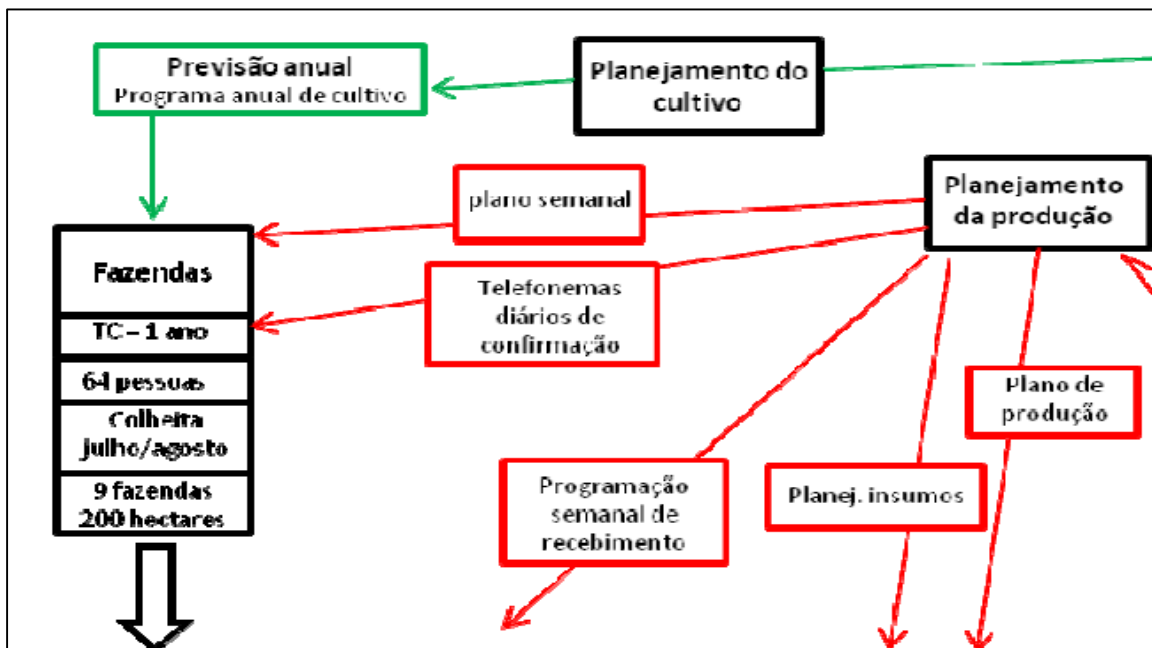
As Figuras 15 e 16 mostram exemplos de MFV aplicados em um produto vendido *in natura* com o detalhamento das atividades, recursos necessários para a sua realização e *Lead Time*, mostrando que a aplicação da ferramenta MFV pode ser utilizada em diversos tipos de organizações.

Figura 15 - Mapa de Fluxo de Valor para um produto fresco, vendido *in natura*



Fonte: Food Chain Centre

Figura 16 – Detalhe do Mapa de Fluxo de Valor para um produto fresco, vendido *in natura*



Fonte: Adaptado e traduzido de “Food Chain Centre”

Proposta de Aplicação do MFV

Dentro do processo de produção de açúcar e álcool existem vários processos e operações durante as fases de cultivo, colheita e processamento da cana de açúcar. Esta complexidade favorece o surgimento de Atividades que Não Agregam Valor – NAV e a aplicação do MFV de acordo com os autores pode proporcionar o melhor entendimento sobre o processo e, com isso fornece as informações necessárias sobre as melhorias necessárias ao processo eliminando os *muda*.

A aplicação da ferramenta MFV deve ser analisando cada processo, cada setor ou departamento e, assim oferecer um entendimento do processo como um todo (Rother & Shook, 1999). Esta análise se faz necessária, pois fornece informações de todo o sistema operacional da organização. Somente após esta análise pode-se aplicar a ferramenta *kaizen* de forma sistêmica.

***Kaizen* – Melhoria Contínua**

Existe outro conceito *Lean* que é bastante difundido nas empresas, a mentalidade *kaizen*, através do qual os gestores procuram estimular e desenvolver as habilidades das pessoas para torná-las mais produtivas não somente com suas mãos, mas também com suas mentes, utilizando-se de suas experiências e conhecimentos para tornar os processos mais eficientes e seguros (IMAI, 1986). Mesmo sendo aplicada comumente na indústria, esta mentalidade ao ser aplicada em diversos segmentos, incluindo na agricultura, trás grandes benefícios, pois a melhoria contínua dos processos ou procedimentos exige um trabalho permanente, envolvendo todas as pessoas inclusas no processo.

A melhoria deve ser contínua e progressiva, com foco na eliminação de desperdícios, eliminação de gargalos, falhas no processo (Diagrama de Ishikawa – MASP – FMEA – 5W2H), redução de *lead time* e *set up*, garantia de qualidade e segurança dos operadores (Imai, 1994).

Proposta de Aplicação do *Kaizen*

Um dos problemas encontrados no setor sucroalcooleiro e verificado em visitas técnicas, é a manutenção do ciclo de vida do canavial e a baixa produtividade dos canaviais ao longo dos anos de produção. Um dos fatores causadores da diminuição do ciclo de vida é o

constante pisoteio das soqueiras devido às falhas de operação de plantio (Paulino et al., 2004; Braunack et al., 2006; Collares et al., 2008; Kaiser et al., 2009; Coleti e Stupello, 2006) ou durante o processo de colheita mecanizada por causa da falta de paralelismo das entre linhas (Laguë et al., 2003; Trein et al., 2005) e também pela compactação excessiva do solo devido à movimentação de máquinas e equipamentos (Keller & Lamandé, 2010; Braunack & Mcgarry, 2006; Braunack et al., 2006; Silva et al., 2009; Souza et al.,). E de acordo com, Silva & Cadeba (2006) e Saffih-Hdadi et al., 2009, os autores ressaltam que o problema se agrava ao realizar as operações agrícolas em condições elevadas de umidade no solo.

Ao melhorar o processo de plantio evitam-se assim os eventuais problemas causados pela falta de paralelismo das entre linhas, prolongando o ciclo de vida e mantendo a produtividade esperada do canavial (Câmara, 1993). Este fato pôde ser confirmado nas visitas técnicas, onde, de acordo com os coordenadores de produção em campo, são comuns a diminuição do ciclo de produção (média de 5 anos para a região) devido aos problemas de pisoteio das soqueiras principalmente nas operações de colheita mecanizada.

Este processo de melhoria na eficiência do processo de plantio também deve ser realizado juntamente com melhorias nos outros processos de cultivo do canavial. As operações devem ser realizadas em condições favoráveis às aplicações, sejam de insumos agrícolas, como, corretivos e adubos ou pulverizações de produtos fitossanitários. A busca pela eficiência ou mesmo a precisão nas operações já estão inseridas nos conceitos de AP, o que difere deste conceito é a constante necessidade de atividades precisas e eficazes com ações progressivas e contínuas.

O *Kaizen* é mais do que uma ferramenta de gestão, mas uma metodologia dentro do *Lean Thinking* ou *Lean Solutions*. Esta filosofia deve ser cultivada nas mentes dos envolvidos no processo tornando assim uma forma de pensar e agir, pois a cada mudança exigem-se resultados cada vez mais satisfatórios.

5S

O 5S já é aplicado em diversos tipos de organizações, sejam no setor industrial ou de serviços (Correa & Correa, 2004), com objetivos claros de organizar, eliminar itens desnecessários, reduzir desperdícios, mudar comportamentos e as atitudes tornando as pessoas mais produtivas e satisfeitas (Campos, 1992). Ao realizar a aplicação desta ferramenta há um ganho real na eficiência dos processos e também um grande auxílio na diminuição dos riscos de acidentes ao proporcionar um ambiente de trabalho organizado e funcional.

Correa & Correa (2004) ainda afirma que os maiores benefícios do 5S são a maior motivação e empenho do trabalhador, menor índice de acidentes e maior produtividade.

Proposta de Aplicação do 5S

De acordo com os autores são indiscutíveis os benefícios proporcionados pela aplicação do 5S. Esta técnica deve ser aplicada em qualquer departamento da empresa eliminando aquilo que não é necessário, organizando e padronizando o trabalho, eliminando as fontes de sujeira e de riscos de acidentes e por fim treinando os colaboradores para a manutenção de todos os itens propostos.

As empresas do setor agrícolas apresentam também inúmeras operações que acarretam certo risco ao trabalhador por isso o conceito de 5S é uma maneira simples e sem altos custos para ser aplicado, visando a segurança e a integridade do trabalhador.

Kanban

A ferramenta *Kanban* pode ser aplicada para verificar a eficiência no processo, Moura e Banzato (1994) afirmam que o sistema foi criado pela Toyota com a finalidade de alavancar a produtividade e produzir produtos de qualidade e com o mínimo de recursos. Desta forma este sistema proporcionou uma redução nos custos de produção e maior lucro a atividade. Corrêa & Gianesi (1996) destacam que o *kanban* ao ser utilizado para disparar a produção, evita os excessos de produção e evita os problemas dos gargalos provocados pelas fases mais lentas dos processos produtivos, com isso cria-se um fluxo para a produção, ou seja, cria-se um movimento natural dos itens produzidos, impedindo que eles fiquem parados (estoques) devidos ao excesso de produção ou que haja falta de itens / produtos entre as etapas de produção. Quelhas (2008) afirma que devido às restrições de capacidade e tempo do sistema de produção foi necessário o desenvolvimento de um sistema de PCP (Planejamento e Controle da Produção) baseado em gráficos e cálculos sobre a capacidade proposto por Gantt. A filosofia *just in time (JIT)* é um dos pilares dessa influência e é aplicada justamente com os sistemas de PCP. A Produção Enxuta – *Lean Production* engloba diversas técnicas consolidadas pela Teoria das Restrições (TOC), Gestão da Qualidade Total e pelo próprio JIT, de modo a flexibilizar a produção, proporcionar dinâmica de altos volumes de produção, combinando vantagens da produção em massa e de produção customizada.

Proposta de Aplicação do *kanban*

Dentro da atividade agrícola é comum encontrarmos superdimensionamento de equipamentos, isto é, um número maior de equipamentos do que o necessário para realizar uma ou mais operações. Esta alternativa é corrente devida falta de utilização de mecanismos que controlam a dinâmica das etapas dos processos de produção agrícola.

Por exemplo, ao analisarmos o processo de fornecimento de cana cortada aos moinhos de uma usina de açúcar e álcool é comum encontrarmos um grande número de caminhões parados na fila de espera para descarregamento. Se utilizarmos o conceito de *kanban* (caixa cheia – caixa vazia), onde o próprio caminhão seria a “caixa”, para disparar o processo de corte na lavoura de acordo com a necessidade da moenda reduziria o número de caminhões parados eliminando assim os estoques de cana cortada. A aplicação desta ferramenta reduziria o número de caminhões parados, pois de acordo com a verificação em visitas técnicas, há um grande estoque em caminhões esperando pelo descarregamento.

A utilização deste conceito proporciona uma redução no número de equipamentos necessários ao fornecimento de cana cortada à indústria e cria um fluxo de abastecimento disparado pela necessidade da moenda. E fornece informações sobre a eficiência de todo o processo de colheita e transporte, ou seja, eficiência do processo de colheita mecanizada, tempo de carregamento dos transbordos e tempo de trânsito entre lavoura e indústria.

Corrêa e Corrêa (2004); Corrêa & Gianesi (2007); Moden (1998) e Tubino (2000) afirmam que o *kanban* operacionaliza a produção, isto é, dá o ritmo à produção e coordena todos os itens de acordo com a demanda do processo produtivo, sendo que o cliente anterior dispara ao seu fornecedor na quantidade necessária e no tempo necessário à sua demanda.

Ohno (1997) descreve algumas funções do *kanban* descritos no Quadro 1, tais como, fornecer informação sobre a produção, impedir a superprodução e tem destaque como indicador de problemas existentes dentro do processo de produção.

Manutenção Produtiva Total – MPT

Este procedimento sistemático de manutenção tem como objetivo eliminar as anomalias com o propósito de garantir a disponibilidade total do equipamento para a produção e cria um autogerenciamento no local de trabalho, uma vez que os operadores “assumem” a propriedade de seu equipamento e, cuidam dele, eles próprios (Campos, 1994; Wyrebski, 1997; Banker, 1995).

Tavares (1999) afirma que além da melhoria dos equipamentos o conceito de MPT traz melhorias também para as pessoas ao promover a revolução no setor produtivo, através da incorporação dos princípios de “Quebra Zero”, “Defeito Zero” e “Acidente Zero”. A JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) estabelece ainda que a MPT:

- 1 - Tem como objetivo a constituição de uma estrutura empresarial que busca a máxima eficiência do sistema de produção (eficiência global);
- 2 – Construção ou elaboração, no próprio local de trabalho, mecanismos para prevenir as diversas perdas, atingindo “zero de acidente, zero de defeito e zero de quebra/falha”, tendo como objetivo o ciclo total de vida útil do sistema de produção;
- 3 - Envolver todos os departamentos, começando pelo departamento de produção, e se estendendo aos setores de desenvolvimento, vendas, administração etc;
- 4 - Contar com a participação de todos, desde a alta cúpula até os operários de primeira linha;
- 5 - Atingir a perda zero por meio de atividades sobrepostas de pequenos grupos.

“a manutenção produtiva total é o envolvimento dos operários nos trabalhos de prevenção e correção dos defeitos em seus equipamentos”. (JIPM, 2011)

O MPT ao ser aplicado elimina as perdas que prejudicam a eficiência dos equipamentos. Este método atua de forma proativa e corrige as deficiências do equipamento, do operador e das informações do equipamento pelo administrador (Tahashi e Osada).

Proposta de Aplicação do MPT

Nos processos da indústria de processamento de cana de açúcar ou na lavoura é comum a utilização de vários tipos e modelos de equipamentos que durante a safra são utilizados de forma intensa. Isso acarreta eventuais quebras por desgaste ou mesmo por sobre carga de trabalho, ocasionando paradas programadas (manutenção preventiva / preditiva) ou não programadas (manutenção corretiva), estas paradas reduzem o tempo útil de utilização, reduzindo assim a produtividade.

A utilização da metodologia MPT garante a maior eficiência dos equipamentos e proporciona melhoria da qualidade dos equipamentos atingindo a sua eficiência global e informações sobre o tempo útil de utilização ou tempo de depreciação.

Considerações Finais

As propostas descritas no presente trabalho podem ser aplicadas separadamente ou de forma conjunta. A aplicação da Filosofia *Lean* dentro do setor agrícola em específico dentro das operações e processos de produção de açúcar e álcool pode ser realizada com o intuito de obter melhorias e aumento da eficiência que contribuem diretamente no aumento da produtividade, redução de custos e eliminação de desperdícios, ou seja, propostas que atuam dentro dos principais focos da aplicação das ferramentas da Filosofia *Lean*.

No trabalho descrito, as propostas foram analisadas atuando de forma conjunta, onde cada uma das ferramentas atua de forma sistêmica e coordenada entre si. As ferramentas MFV e 5S podem ser aplicadas em diversos setores e de forma organizacional, isto é, pensando na empresa como um todo e não apenas em cada departamento ou setor. A ferramenta *kaizen* somente poderá ser aplicada após a análise das 2 primeiras propostas (MFV e 5S), tornando assim as melhorias mais assertivas, menos onerosas, com melhores resultados e com maiores chances de sucesso.

A proposta de aplicação da ferramenta *kanban* (caixa cheia – caixa vazia) no transporte e envio de cana à unidade de processamento, utilizando como “caixa” o próprio caminhão de transporte que, com a aplicação da ferramenta, terá o número reduzido de caminhões em sua frota, com isso, a eficiência da ferramenta somente ocorrerá se o número requerido de caminhões esteja totalmente disponível, sem que haja paradas devido às manutenções programadas e não programadas, pois os problemas de disponibilidade na frota afetarão diretamente no fornecimento de cana à indústria. Por isso a ferramenta TPM deve ser aplicada simultaneamente ao *kanban* proporcionando a total disponibilidade dos equipamentos.

A aplicação das ferramentas da Filosofia *Lean* seguem paralelamente aos conceitos da Agricultura de Precisão, com o mesmo propósito (Molin, 2004; Carvalho et al., 2009; Oliveira et al., 2007; Silva; Souza; Alves, 2008) de oferecer informações e tornar os procedimentos mais eficientes e precisos, contribuindo para a evolução dos processos produtivos dentro do setor agrícola.

5.0 – COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Em resumo, podemos concluir que, a aplicação das ferramentas da Filosofia *Lean* dentro do setor sucroalcooleiro, com a finalidade identificar e conduzir o negócio na direção às melhores práticas ou formas – *Best Practice* em seus processos, poderá tornar as operações mais eficientes e com menores custos, contribuindo diretamente no aumento da produtividade e eliminação dos *muda*, ou seja, propostas que atuam dentro dos principais focos da aplicação das ferramentas da Filosofia *Lean* utilizando dos conceitos do Pensamento Enxuto – *Lean Thinking*. As propostas foram descritas atuando paralelamente aos conceitos de AP, oferecendo informações para que os processos sejam mais eficientes e precisos.

Existem poucas pesquisas sobre o tema no Brasil e as referências utilizadas foram através de material de pesquisas na Austrália e Nova Zelândia. Apesar das dificuldades encontradas o tema proposto se mostra muito propenso a novas pesquisas e principalmente novas descobertas, mostrando a grande importância da aplicação da Filosofia *Lean* na Agricultura de Precisão.

Os resultados das propostas não foram conhecidos devido a sua não aplicação, mas com grande expectativa de bons resultados devido à necessidade do setor sucroalcooleiro em obter maior eficiência e sustentabilidade financeira, isto é, garantia de lucro no final do empreendimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, R. A. do; MOLIN, J. P. **Sensor ótico no auxílio à recomendação de adubação nitrogenada em cana-de-açúcar.** *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.46, n.12, p.1633-1642, dez. 2011

ANDERSON, W.P. *Weed science: principles*. E.ed. St. Paul: West Publishing, 1983.

ANTUNIASSI, U. R. Agricultura de precisão: aplicação localizada de agrotóxicos. In: GUEDES, J.V.C.; DORNELES, S.H.B. (Org.). *Tecnologia e segurança na aplicação dos agrotóxicos - novas tecnologias*. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p.53-63. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo**, *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.28, n.4, p.645-653, out./dez. 2008. **Diogo M. Barbieri**

BALASTREIRE, L.A.; BAILO, F.H.R. **Avaliação do desempenho de um GPS com algoritmo otimizado sem sinal de correção para a agricultura de precisão.** In: BALASTREIRE, L.A. *Avanços na agricultura de precisão no Brasil no período de 1998-2001*. Piracicaba: L.A. Balastreire, 2002. p.285-288

BANKER, Shailen. *The Performance Advantage - Revitalizing the Workplace*. ago/95. **Manutenção Industrial: Manutenção Produtiva Total (MPT)**, *Revista Exacta – Belo Horizonte*, v. 5, n.1, p. 175-197. 2012. **Cássio Ferreira Nogueira et al.**

BARROS, F. F.; MILAN, M. **Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar.** *Bragantia*, Campinas, SP - v.69, n.1, p.221-229, 2010

BATTE, M.T.; EHSANI, M.R. *The economics of precision guidance with auto-boom control for farmer-owned agricultural sprayers.* *Computers and Electronics in Agriculture*, New York, v. 53, p.28-44, 2006.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S.; VARVEL, G. E.; WALTER-SHEA, E. A. *Nitrogen deficiency detection using reflected shortwave radiation from irrigated corn canopies.* *Agronomy Journal*, v.88, p.1-5, 1996. **Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio**, *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.14, n.12, p.1345–1349, 2010. **José P. Molin**

BLACKMORE, B.S.; WHEELER, P.N.; MORRIS, R.M., et al. *The role of precision farming in sustainable agriculture: a European perspective.* Minneapolis/USA, 1994. P.13. Disponível na Internet. - <http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/cpf/papers/pfsusag2/pfsusag2.pdf> em 22 Jul. 1999. Trabalho apresentado na 2nd International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems in Minneapolis/USA. **Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens.** *Ciência Rural*, Santa Maria, RS – v.32, n.1, p.159-163, 2002. **Mauro Tschiedel**

BLACKMORE, S. *Developing the principles of Precision Farming.* In: ICETS, 2000, Beijing, China. *Proceedings... Beijing: China Agricultural University*, 2000. P. 11-13. **Adoção da agricultura de precisão no rio grande do sul – Porto Alegre, RS – UFRS**, 2012. **Adriano Adelcino Anselmi**

BLACKMORE, S.; GODWIN, R.; FOUNTAS, S. *The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. Biosystems Engineering*. London, v.84, n. 4, p. 544-466, 2003. **Adoção da agricultura de precisão no rio grande do sul – Porto Alegre, RS – UFRS, 2012. Adriano Adelcino Anselmi**

BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DEBOER, J. *Precision agriculture and sustainability. Precision Agriculture*, Berlin, v.5. n.4, p. 359-387, 2004. **Adoção da agricultura de precisão no rio grande do sul – Porto Alegre, RS – UFRS, 2012. Adriano Adelcino Anselmi**

BOSERUP, E. *The conditions of agricultural growth: the economics of agrarian change under populations pressure*. New Brunswick: Aldine Transaction, 2005. **Adoção da agricultura de precisão no rio grande do sul – Porto Alegre, RS – UFRS, 2012. Adriano Adelcino Anselmi**

BOSSU, J.; GÉE, C.; TRUCHETET, F. *Development of a machine vision system for a real time precision sprayer. Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis*, Barcelona, v.7, n.3, p.54-66, 2008.

BORGELT, S.C.; SEARCY, S.W.; STOUT, B.A.; MULLA, D.J.J. *Spatially variable liming rates: a method for determination. Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.37, n.5, p.1.499-1.507, 1994. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo, Eng. Agric., Jaboticabal, v.28, n.4, p.645-653, out./dez. 2008. Diogo M. Barbieri**

BOUMA, J.; STOORVOGELA, J.; VAN ALPHENA, B.J.; BOOLTINKA, H.W.G.. *Pedology, Precision Agriculture, and the Changing Paradigm of Agricultural Research. Soil Science Society of America Journal*, v.63, p.1763-1768, 1999. **Projeto de um sistema de apoio à tomada de decisão em agricultura de precisão usando web services e sistemas de informação geográfica, XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2011. Fabiana S. Santana et al.**

BRAUNACK, M.V.; ARVIDSSON, J.; HAKANSSON, I. *Effect of harvest traffic position on soil conditions, and sugarcane (*Saccharum officinarum*) response to environmental conditions in Queensland, Australia. Soil and Tillage Research*, v.89, p.103-121, 2006. **Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.4, p.603-612, abr. 2012. Gustavo Soares de Souza**

BRAUNACK, M.V.; MCGARRY, D. *Traffic control and tillage strategies for harvesting and planting of sugarcane (*Saccharum officinarum*) in Australia. Soil and Tillage Research*, v.89, p.86-102, 2006. **Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.4, p.603-612, abr. 2012. Gustavo Soares de Souza**

BUICK, R.; WHITE, E. *Comparing GPS guidance with foam marker guidance. In: International Conference on Precision Agriculture*, 4, 1998, Madison. Resumos... Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1998. p.1035-1045.

BUTKOVICH, N.J. *Reshelving study of review literature in the physical science. Library Resources*, v. 40, n. 2, p. 139-144, 1996. **Uma revisão da literatura sobre “servitização”: bases para a proposição de um modelo conceitual de decisão. Exata, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 339-354, 2011. Leandro Almeida**

CAMPOS, C.M.; MILAN, M.; SIQUEIRA, L.F.F. **Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção da cana-de-açúcar.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.28, n.3, 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000300016&lng=pt&nrm=iso>.

CAMPOS, V.F. Gerência da qualidade total. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1989. **Manutenção Produtiva Total: Método PMRI – UFSC – 2003. Celso Peck do Amaral**

CAMPOS, V.F. Qualidade Total. Padronização de Empresas. 3.ed. Belo Horizonte - MG: Fundação Christiano Ottoni, 1992. **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressor de ar – Rio de Janeiro – RJ XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENG. PRODUÇÃO, 2008. Olga M. C. Walter**

CAMPOS, V.F. Gerenciamento da rotina de trabalho do dia-a-dia. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1994. **Manutenção Produtiva Total : Método PMRI – Florianópolis-SC – UFSC, 2003. Celso Peck do Amaral**

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C. Nitrogênio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C. (Ed.). Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p.355-412. **Sensor ótico no auxílio à recomendação de adubação nitrogenada em cana-de-açúcar, Pesq. agropec. bras., Brasília, v.46, n.12, p.1633-1642, dez. 2011. Lucas Rios do Amaral**

CARVALHO, . et al. Comportamento de progênies F4 obtidas por cruzamentos de ‘Icatu’ com ‘Catimor’. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 33, n. 1, p. 47-52, jan./fev. 2009. **Agricultura de precisão no estudo de atributos químicos do solo e da produtividade de lavoura cafeeira – Lavras, MG – Coffee Science, n.1, p59-67, 2012. Gabriel Araújo e Silva Ferraz**

CLARK, I. *The semivariogram - Part I.* Eng. & Min. J., v. 180, n.7, p.90-94, 1979. **Cokrigagem na distribuição espacial do cálcio baseado no ph em um latossolo cultivado com café conilon, Nucleus, v.8, n.1, abr.2011. Felipe Pianna Costa**

COLLARES, J.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.933-942, 2008. **Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.4, p.603-612, abr. 2012. Gustavo Soares de Souza**

CORREA, H. L.; CORREA, C. A. Administração de produção e operações. São Paulo: Atlas, 2004. . . **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressor de ar – Rio**

de Janeiro – RJ XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENG. PRODUÇÃO, 2008. Olga M. C. Walter

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. *Just in time*, MRP II e OPT: um enfoque estratégico. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1996. **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressor de ar – Rio de Janeiro – RJ XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENG. PRODUÇÃO, 2008. Olga M. C. Walter**

CORREA, H.L.; GIANESI, I.G.N. & CAON, M. Planejamento Programação e Controle da Produção MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação: São Paulo, Atlas: 2001. **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressor de ar – Rio de Janeiro – RJ XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENG. PRODUÇÃO, 2008. Olga M. C. Walter**

DOUCHY, J. Em direção ao zero defeito na empresa: da qualidade total (TQC) aos círculos de qualidade. São Paulo: Atlas, 1992. **Manutenção Produtiva Total: Método PMRI – UFSC – 2003. Celso Peck do Amaral**

FRANZEN, D.W.; NANNA, T.; NORVELL, W.A. *A survey of soil attributes in North Dakota by landscape position. Agronomy Journal*, Madison, v.98, p.1.015-22, 2006. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo, Eng. Agríc., Jaboticabal, v.28, n.4, p.645-653, out./dez. 2008. Diogo M. Barbieri**

FRIDGEN, J. J.; KITCHEN, N. R.; SUDDUTH, K. A. *Variability of soil and landscape attributes within subfield management zones. International Conference on Precision Agriculture*, 5., 2000, Bloomington. **Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão-Piracicaba, SP – ESALQ/USP 2004. César N Castro, José P Molin**

GADANHA JÚNIOR, C.D. **Avaliação do tempo de resposta de controladores eletrônicos em pulverizadores agrícolas.** Botucatu, SP - 2000.125p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. *Precision agriculture and food security. Science*, v.327, n. 5967, p. 828-831, 2010. **Adoção da agricultura de precisão no rio grande do sul – Porto Alegre, RS – UFRS, 2012. Adriano Adelcino Anselmi**

GHINATO, PAULO. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente *just-in-time*. 1ed. Caxias do Sul: EDUSC, 1996. **Redução do tempo de ciclo de importação de materiais através da aplicação do mapeamento do fluxo do valor – 2009. José R. X. Alves**

GHINATO, P. In: ALMEIDA, ADIEL T., SOUZA, F. M. C.. Produção e competitividade: aplicações e inovações. Recife – PE, Editora da UFPE, 2000. Cap. 2. **O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de produção enxuta-São Carlos, SP-USP São Carlos 2010. André Henrique Otaviano**

GIL, A.C. 2010. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4a ed., Sao Paulo, Atlas, 185 p.

GOLDRATT, E.M.; COX, J. (1995). **A meta:** um processo de aprimoramento contínuo. São Paulo, Educator.

GONÇALVES, M. S.; MIYAKE, D. I. **Fatores Críticos para a Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor em Projetos de Melhorias**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo: EPUSP, 2003.

GREGO, C.R.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.29, n.2, p.169-77, 2005. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo**, *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.28, n.4, p.645-653, out./dez. 2008. **Diogo M. Barbieri**

HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A.; BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. G.; GOGG, T. J. *Simulação: Otimizando os sistemas*. São Paulo: Belge Simulação e IMAM, 2002. **O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de produção enxuta-São Carlos, SP-USP São Carlos 2010. André Henrique Otaviano**

HARRIGTON, H.J. *Aperfeiçoando processos empresariais: estratégia revolucionária para o aperfeiçoamento da qualidade, da produtividade e da competitividade*. São Paulo: Makron Books, 1993. **Manutenção Produtiva Total: Método PMRI – UFSC – 2003. Celso Peck do Amaral**

HARRIS, RICK; HARRIS, CHRIS; WILSON, EARL. *Fazendo fluir os materiais*. 1 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, Maio 2004. 98 p. **Avançando na implantação da logística interna lean: dificuldades e resultados alcançados no caso de uma empresa montadora de veículos**. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção*. Florianópolis, SC, v.12, n. 2, p. 455-479, abr./jun. 2012. **Giuliano Marodin**

HART, S. L.; MILSTEIN, M. B. *Global sustainability and the creative destruction of industries*. *Sloan Management Review*, Cambridge, v.41, n.1, p.23-33, 1999. **Adoção da agricultura de precisão no rio grande do sul – Porto Alegre, RS – UFRS, 2012. Adriano Adelcino Anselmi**

HAYAMI.; RUTTAN, V. W. *Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais*. Trad. Maria Vittoria Von Bulow e Joachim S. W. Von Bulow. Brasília: Embrapa, 1988. **Adoção da agricultura de precisão no rio grande do sul – Porto Alegre, RS – UFRS, 2012. Adriano Adelcino Anselmi**

HINES, P., TAYLOR, D. *Going Lean: a guide to implementation*. Cardiff: *Lean Enterprise Lucca*. 3. ed. [S.I.: s.n.], 1990. **O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de produção enxuta-São Carlos, SP-USP São Carlos 2010. André Henrique Otaviano**

HINES, P.; TAYLOR, D. *Going Lean: A guide to implementation*. Cardiff: *Lean Enterprise Research Center*, 2000. **O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de produção enxuta-São Carlos, SP-USP São Carlos 2010. André Henrique Otaviano**

HOFFMANN, L. L.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação de fungicidas em soja**. IN:

IMAI, M. *Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo*. Tradução Cecília Fagnani Lucca. 3ª ed. IMAM. **Uma análise de técnicas do Planejamento e Controle da Produção e da filosofia Lean – São Carlos, SP – USP São Carlos 2010. Fernando Nakamura Quitério**

IMAI, M. *Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo*. 5.ed. São Paulo: IMAM, 1994. . . **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressor de ar – Rio de Janeiro – RJ XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENG. PRODUÇÃO, 2008. Olga M. C. Walter**

JIPM. *História do TPM e JIPM*. Disponível em: <http://www.jipm.or.jp>. **Manutenção Industrial: Manutenção Produtiva Total (MPT), Revista Exacta – Belo Horizonte, v. 5, n.1, p. 175-197. 2012. Cássio Ferreira Nogueira et al.**

JURAN, J.M. *Juran planejando para a qualidade*. São Paulo: Pioneira, 1990. **Manutenção Produtiva Total: Método PMRI – UFSC – 2003. Celso Peck do Amaral**

KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; COLLARES, G.L.; KUNZ, M. Intervalo hídrico ótimo no perfil explorado pelas raízes de feijoeiro em um Latossolo sob diferentes níveis de compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.845-855, 2009. **Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.4, p.603-612, abr. 2012. Gustavo Soares de Souza**

KAPLAN, R. S., NORTON D. P. *A estratégia em ação*. Rio de Janeiro – RJ: Campus, 1997. **Redução do tempo de ciclo de importação de materiais através da aplicação do mapeamento do fluxo do valor – 2009. José R. X. Alves**

KELLER, T.; LAMANDÉ, M. *Challenges in the development of analytical soil compaction models. Soil and Tillage Research*, v.111, p.54-64, 2010. **Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.4, p.603-612, abr. 2012. Gustavo Soares de Souza**

KINGWELL, R.; FUCHSBICHLER, A. *The whole-farm benefits of controlled traffic farming: an Australian appraisal. Agricultural Systems*, v.104, p.513-521, 2011. **Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.4, p.603-612, abr. 2012. Gustavo Soares de Souza**

KRAVCHENKO, A.N.; ROBERTSON, G.P.; THELEN, K.D.; HARWOOD, R.R.. *Management, topographical, and weather effects on spatial variability of crop grain yields. Agronomy Journal, Madison*, v.97, p.514-23, 2005. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo, Eng. Agríc., Jaboticabal, v.28, n.4, p.645-653, out./dez. 2008. Diogo M. Barbieri**

KRISHNAN, V.; ULRICH, K. T. *Product Development Decisions: A Review of the Literature*. *Management Science*. Vol. 47, n.1, p.1-21, 2001. **O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de produção enxuta-São Carlos, SP-USP São Carlos 2010. André Henrique Otaviano**

LAGUË, C.; AGNEW, J.; KHELIFI, M. *Theoretical evaluation on the feasibility of controlled-traffic farming (CTF) using wide-span implement carriers (WSIC) for Canadian agriculture. In: ANUAL MEETING OF THE CSAE/SCGR, 2003, Montréal. Proceedings. Montréal: CSAE/SCGR, 2003. (CSAE. Paper, 03-233). Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.45, n.7, p.744-750, jul. 2010. Antonio Arantes de Oliveira Roque*

LARSCHEID, G.; BLACKMORE, B.S. *Interactions between farm managers and information systems with respect to yield mapping. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., June 1996, Minneapolis, Minnesota, Estados Unidos. Proceedings... [Madison]: ASA/CSSA/SSSA, [1996]. p.1153-1163. Agricultura de precisão: fundamentos, aplicações e Perspectivas para a cultura do arroz. EMBRAPA n.30, jul/99, p.1-6. Paulo Estevão Cruvinel*

LARSCHEID, G.; BLACKMORE, B.S.; MOORE, M. *Management decisions based on yield maps. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1., Sept. 1997, Warwick, UK. Precision agriculture'97. [Oxford]: BIOS Scientific, [1997]. v.2, p.895-903. Agricultura de precisão: fundamentos, aplicações e Perspectivas para a cultura do arroz. EMBRAPA n.30, jul/99, p.1-6. Paulo Estevão Cruvinel*

LIKER, J.K. O Modelo Toyota. 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo. Trad. Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre - RS: Bookman, 2005. . . **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressor de ar – Rio de Janeiro – RJ XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENG. PRODUÇÃO, 2008. Olga M. C. Walter**

LIKER, J.K. O Modelo Toyota. 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo. 2. Ed. Porto Alegre – RS: Bookman, 2006. **O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de produção enxuta-São Carlos, SP-USP São Carlos 2010. André Henrique Otaviano**

LIMA, T.C.B.; UMEZU, C.K.; CAPPELLI, N.L.; NUNES, E.F. **Equipamento micro processado para geração de sinal de correção diferencial, em tempo real, para GPS. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.2, p.537-545, 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n2/23.pdf>>**

MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; SILVA, C. A.; ORTIZ VALENCIA, I. L.; BETTINI, C.; TOMÉ JUNIOR, J. B. *Variability of fertility parameters of a typic hapludox and estimation of liming and fertilizer requirements for soybean. In: CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 6., Minneapolis, 2002. Proceedings... Madison: ASA: CSSA: SSSA, 2002. p.263-274.*

MACKENZIE, C. M.; LASKEY, K.; MCCABE, F.; BROWN, P. F.; HAMILTON; METZ, R. *Oasis Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0. 2006. <http://docs.oasis-open.org/soa-rm/v1.0/>. Projeto de um sistema de apoio à tomada de decisão em agricultura de precisão usando web services e sistemas de informação geográfica, XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2011. Fabiana S. Santana et al.*

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Agricultura de Precisão: boletim técnico. 2.ed. Brasília: MAPA, 2011. 36p. **Adoção da agricultura de precisão no rio grande do sul – Porto Alegre, RS – UFRS, 2012. Adriano Adelcino Anselmi**

MARQUES JÚNIOR, J.; LEPSCH, I.F. Depósitos superficiais neocenoicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto - SP. Geociência, São Paulo, v.19, n.1, p.90-106, 2000. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo, Eng. Agríc., Jaboticabal, v.28, n.4, p.645-653, out./dez. 2008. Diogo M. Barbieri**

MATUO, T. **Enfoque multidisciplinar da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.** In: Simpósio brasileiro de tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. Jaboticabal, SP : UNESP, p.3-11, 1985. (Anais).

McBRATNEY, A.; WHWLAN, B.; ANCEV, T. *Future directions os precision agriculture. Precision agriculture*, Berlim, v.6, 2005. **Adoção da agricultura de precisão no rio grande do sul – Porto Alegre, RS – UFRS, 2012. Adriano Adelcino Anselmi**

MEIRELES, M. Ferramentas Administrativas para identificar, observar e analisar problemas. São Paulo: Arte & Ciência, 2001. cap.4, p.51-58. **SYRIO, F. R., Expansão dos projetos Kaizen para os Fornecedores: Estudo de caso na indústria aeronáutica – Bauru, SP – VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2011.**

MONDEN, Y. Produção sem estoques: uma abordagem prática ao sistema de produção da Toyota. São Paulo: IMAM, 1984. **Um estudo sobre a aplicabilidade do sistema puxado de produção na fabricação de açúcar – REVISTA GESTÃO INDUSTRIAL – Ponta Grossa, PR – UTFPR, v. 07, n. 01: p. 228-246, 2011. Marcelo Giroto Rebelato**

MODEN, YASUHIRO. Sistemas de redução de custos: custo-alvo e custo kaizen. Porto Alegre, Bookman, 1998. **Construção enxuta através da padronização de tarefas e projetos – Vitória, ES – UFMG 2008. Wanessa Tatiany Sarcinelli**

MOLIN, J.P. Orientação de aeronave agrícola por DGPS comparada com sistema convencional por bandeiras. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.18, n.2, p.62-70, 1998.

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão – o gerenciamento da variabilidade. Piracicaba, 2001. **Adoção da agricultura de precisão no rio grande do sul – Porto Alegre, RS – UFRS, 2012. Adriano Adelcino Anselmi**

MOLIN, J. P. Tendências da agricultura de precisão no Brasil. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. Anais... Piracicaba. ESALQ/USP, 2004. P. 1-10. **Adoção da agricultura de precisão no rio grande do sul – Porto Alegre, RS – UFRS, 2012. Adriano Adelcino Anselmi**

MOLIN, J.P.; RUIZ, E.R.S. *Accuracy of DGPS for ground application in parallel swaths.* St. Joseph: ASAE, 1999. 7p. Paper, 991043

MONTANA, P. J., CHARNOV, B. H. Administração. São Paulo: Saraiva, 1998. **O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de produção enxuta-São Carlos, SP-USP São Carlos 2010. André Henrique Otaviano**

MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA G. T.; SOUZA, Z. M. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.40, n.1, p.69-77, 2005. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo, Eng. Agríc., Jaboticabal, v.28, n.4, p.645-653, out./dez. 2008. Diogo M. Barbieri**

MONTEZANO, Z.F.; CORAZZA, E.J.; MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.30, n.5, p.839-47, 2006. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo, Eng. Agríc., Jaboticabal, v.28, n.4, p.645-653, out./dez. 2008. Diogo M. Barbieri**

MORGAN, M. *The precision farming: Guide for agriculturists. 1.ed. Moline: Deere & Company, 1997. 117p.*

MURAKAMI, E. Uma infraestrutura de desenvolvimento de sistemas de informação orientados a serviços distribuídos para agricultura de precisão. 192p. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. **Projeto de um sistema de apoio à tomada de decisão em agricultura de precisão usando web services e sistemas de informação geográfica, XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2011. Fabiana S. Santana et al.**

MURAKAMI, E., SARAIVA A.M.; JUNIOR L.C.M.R., CUGNASCA, C.E., HIRAKAWA A.R. AND CORREA, P.L.P. *An infrastructure for the development of distributed service-oriented information systems for precision agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, v.58, pages 37 - 48. 2007. Projeto de um sistema de apoio à tomada de decisão em agricultura de precisão usando web services e sistemas de informação geográfica, XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2011. Fabiana S. Santana et al.*

NAKAJIMA, Seiichi. Introdução ao TPM – *Total Productive Maintenance*. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989. **Manutenção Industrial: Manutenção Produtiva Total (MPT), Revista Exacta – Belo Horizonte, v. 5, n.1, p. 175-197. 2012. Cássio Ferreira Nogueira et al.; Manutenção Produtiva Total: Método PMRI – UFSC – 2003. Celso Peck do Amaral**

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – *Board on Agriculture, Committee on Assessing Crop yield. Precision agriculture in the 21 century: geospatial and information technologies in crop management*. Washinton: National Academy Press, 1997. 168p. **Adoção da agricultura de precisão no rio grande do sul – Porto Alegre, RS – UFRS, 2012. Adriano Adelcino Anselmi**

NORONHA, D.P.; FERREIRA, S.M.S.P. 2000. Revisões da Literatura. In: B.S. CAMPELLO; B.V. CENDON; J.M. KREMER, Fontes de Informação para Pesquisadores e Profissionais. Belo Horizonte, UFMG, p. 191-198.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre- RS: Artes Médicas, 1997. . . **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressor de ar – Rio de Janeiro – RJ XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENG. PRODUÇÃO, 2008. Olga M. C. Walter**

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala / Taiichi Ohno; trad. Cristina Schumacher . Porto Alegre: Bookman, 2007.

OLIVEIRA, E. et al. Eliminação de linhas em cafeeiros adensados por meio semimecanizado. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1826-1830, nov./dez. 2007.

OTAVIANO, A. H. C. O. **O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de produção enxuta**-São Carlos, SP-USP São Carlos 2010.

PIEKIELEK, W. P.; FOZ, R. H.; TOTH, J. D.; MACNEAL, K. E. *Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. Agronomy Journal*, v.87, p.403-408, 1995. **Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio, R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.14, n.12, p.1345–1349, 2010. José P. Molin**

PINTO, Alan Kardec e XAVIER, Júlio Nascif. Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark. Ed. 2007. **Manutenção Industrial: Manutenção Produtiva Total (MPT), Revista Exacta – Belo Horizonte, v. 5, n.1, p. 175-197. 2012. Cássio Ferreira Nogueira et al.**

POSSAMAI, O. Qualidade do projeto ao produto. Florianópolis, 1999. 44 p. Apostila do Curso de Especialização em Gestão de Processos e Serviços, Universidade Federal de Santa Catarina. **Manutenção Produtiva Total: Método PMRI – UFSC – 2003. Celso Peck do Amaral**

QUELHAS, O. Planejamento e Controle da Produção - São Paulo, 2008. Elsevier. **Uma análise de técnicas do Planejamento e Controle da Produção e da filosofia Lean – São Carlos, SP – USP São Carlos 2010. Fernando Nakamura Quitério**

QUITÉRIO, F. N. D., **Uma análise de técnicas do Planejamento e Controle da Produção e da filosofia Lean – São Carlos, SP – USP São Carlos 2010.**

REETZ, H. *20/20 Vision on precision – what the last 20 years has show nus / what the next 20 promises to give us. In INTERNATIONAL CONFERENCE OF PRECISION AGRICULTURE*, 10., 2010, Denver. *Proceedings*. Denver, 2010. 1 CD-ROM

RENTES, A. F. Gestão de Mudança e Sustentabilidade para Jornada *Lean*. Apresentação em Simpósio SAE, Piracicaba, 2007. **O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de produção enxuta**-São Carlos, SP-USP São Carlos 2010. **André Henrique Otaviano**

ROBERT, P.C. Precision Agriculture: *research needs and status in the USA. In: European Conference on Precision Agriculture*, 2., Denmark. In *Proceedings. SCI/Sheffield Academic Press*, p.19-33, 1999. **Projeto de um sistema de apoio à tomada de decisão em agricultura**

de precisão usando web services e sistemas de informação geográfica, XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2011. Fabiana S. Santana et al.

ROQUE, A.A. de O.; SOUZA, Z.M. de; BARBOSA, R.S.; SOUZA, G.S. de. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, p.744-750, 2010. **Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.4, p.603-612, abr. 2012. Gustavo Soares de Souza**

ROTHER, M. & HARRIS, H. Criando Fluxo Contínuo. Um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: *Lean Institute Brasil*, 2002. **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressor de ar – Rio de Janeiro – RJ XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENG. PRODUÇÃO, 2008. Olga M. C. Walter**

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: *Lean Institute Brasil*, 1999. . **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressor de ar – Rio de Janeiro – RJ XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENG. PRODUÇÃO, 2008. Olga M. C. Walter**

ROTHER, M. & SHOOK, J. Aprendendo a Enxergar. Mapeando fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: *Lean Institute Brasil*, 2003. **Redução do tempo de ciclo de importação de materiais através da aplicação do mapeamento do fluxo do valor – 2009. José R. X. Alves**

RUNGE, E.C.A. & HONS, F.M. *Precision agriculture – development of a hierarchy of variables influencing crop yields. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE*, 4., Minnesota, 1998.Proceedings. Madison, ASA-CSSA SSSA, 1999. p.143-158. **Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. R. Bras. Ci. Solo, 28:1013-1021, 2004. CORÁ, J.E.**

SAFFIH-HDADI, K.; DÉFOSSEZ, P.; RICHARD, G.; CUI, Y.J.; TANG, A.M.; CHAPLAIN, V. *A method for predicting soil susceptibility to the compaction of surface layers as a function of water content and bulk density. Soil and Tillage Research*, v.105, p.96-103, 2009. **Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.4, p.603-612, abr. 2012. Gustavo Soares de Souza**

SANTANA, F.S.; MURAKAMI, E.; SARAIVA, A.M.; CORREA, P.L.P. *A Comparative Study between Precision Agriculture and Biodiversity Modelling Information Systems. Proceedings of the 6th Biennial Conference of the European Federation of IT in Agriculture*, EFITA. Glasgow: C. Parker, S. Skerratt, C. Park, J. Shields, v.1, p.1-6, 2007. **Projeto de um sistema de apoio à tomada de decisão em agricultura de precisão usando web services e sistemas de informação geográfica, XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2011. Fabiana S. Santana et al.**

SANTANA, F.S. Uma infraestrutura orientada a serviços para a modelagem de nicho ecológico. 141p. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. **Projeto de um sistema de apoio à tomada de decisão em agricultura de precisão usando web services e sistemas de informação geográfica, XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2011. Fabiana S. Santana et al.**

SANTOS, C. A. Produção Enxuta: uma proposta de método para introdução em uma empresa multinacional instalada no Brasil. Dissertação (mestrado em Eng. Mecânica). UFPR Curitiba – PR, 2003. **O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de produção enxuta-São Carlos, SP-USP São Carlos 2010. André Henrique Otaviano**

SARAIVA, A.M. Um modelo de objetos para sistemas abertos de informações de campo para agricultura de precisão - MOSAICO. 1998. Tese (Doutorado) . Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998. **Projeto de um sistema de apoio à tomada de decisão em agricultura de precisão usando web services e sistemas de informação geográfica, XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2011. Fabiana S. Santana et al.**

SAYERS. M.; JOICE, J.; BAWDEN, D. 1990. *Retrieval of Biomedical Reviews: a Comparative Evaluation of Online Databases for Reviews of Drug Therapy. Journal of Information Science*, **16**(5):321-325.

<http://dx.doi.org/10.1177/016555159001600506>

SCHONBERGER, R. J. Técnicas industriais japonesas: nove lições ocultas sobre simplicidade. São Paulo: Pioneira, 1984. **Estudo da utilização da ferramenta mapeamento do fluxo de valor (MFV) para eliminação dos desperdícios da produção – Viçosa-MG, UFV 2006. Maciel F. Maia**

SCHULLER, J.K. *Design for dynamic response of sprayer-applicators. Journal of Fertilizer Issues*, Manchester, v.8, n.3, p.69-73, 1991.

SEGATO, S.V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. de. **Atualização em produção em cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, 2006. 415p. **Sensor ótico no auxílio à recomendação de adubação nitrogenada em cana-de-açúcar, Pesq. agropec. bras., Brasília, v.46, n.12, p.1633-1642, dez. 2011. Lucas Rios do Amaral**

SHINGO, S. O Sistema Toyota de Produção. Do ponto de vista da Engenharia de Produção. Trad. Eduardo Schaan. Porto Alegre- RS: Bookman, 1996. . . **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressor de ar – Rio de Janeiro – RJ XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENG. PRODUÇÃO, 2008. Olga M. C. Walter**

SHOCKLEY, J.M.; DILLON, C.R. *Cost savings for multiple inputs with swath control and auto guidance technologies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE*, 9., 2008, Denver. *Proceedings...* Denver: Colorado State University, 2008. 1 CD-ROM. **Avaliação da acurácia no direcionamento com piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional no plantio mecanizado da cana-de-açúcar. Eng. Agríc., Jaboticabal, SP - v.31, n.2, p.367-375, mar./abr. 2011. Fábio H. R. Baio**

SILVA, A. L. **Ferramentas da Produção Enxuta. Estudo da utilização da ferramenta mapeamento do fluxo de valor (MFV) para eliminação dos desperdícios da produção – Viçosa-MG, UFV 2006. Maciel F. Maia**

SILVA, C. A., BERNARDI, A. C. C., ORTIZ VALENCIA, L. I.; MACHADO, P. L. O. A. Variabilidade de atributos de acidez do solo e espacialização da necessidade de calagem de área de soja sob plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3., 2001. Anais... Piracicaba: ESALQ-USP, 2001. CD-ROM.

SILVA, C. B.; MORETTO, A. C.; RODRIGUES, R. L. Viabilidade econômica do uso da agricultura de precisão: o caso do Paraná.. In: XLII CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 2004, Cuiabá. **Anais** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia rural, 2004. 1 CD-ROM. **Análise comparativa entre os custos da adubação diferenciada e da adubação convencional de uma lavoura de cafeeiros *coffea arábica* I. da cultura do mundo novo. Lavras, MG-UFL, 2011. Gabriel Araújo e Silva Ferraz**

SILVA, C.B.; MORAES, M.A.F.D.; MOLIN, J.P. *Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil. Precision Agriculture*, v.12, n.1., p.67-81, 2011. **Avaliação da acurácia no direcionamento com piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional no plantio mecanizado da cana-de-açúcar. Eng. Agríc., Jaboticabal, SP - v.31, n.2, p.367-375, mar./abr. 2011. Fábio H. R. Baio**

SILVA, F. M. da; SOUZA, J. C. S. de; ALVES, M. C. *Influence of manual harvest in the spatial variability of coffee yield and defoliation along two agricultural harvests. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING*, 9., 2008, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: CIGR, 2008. 1 CD-ROM. **Agricultura de precisão no estudo de atributos químicos do solo e da produtividade de lavoura cafeeira – Lavras, MG – Coffee Science, n.1, p59-67, 2012. Gabriel Araújo e Silva Ferraz**

SILVA, R.B. da; LANÇAS, K.P.; MIRANDA, E.E.V.; SILVA, F.A.M.; BAILO, F.H.R. *Estimation and evaluation of dynamic properties as indicators of changes on soil structure in sugarcane fields of Sao Paulo State – Brazil. Soil and Tillage Research*, v.103, p.265-270, 2009. **Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.4, p.603-612, abr. 2012. Gustavo Soares de Souza**

SILVA, T. F. A. Estudo sobre sistema de medição de desempenho baseado as ferramentas da produção enxuta. Trabalho de conclusão de curso – USP-São Carlos-SP, 2007. **A produção enxuta e o planejamento e controle da produção em ambientes com alta variedade de produtos e demanda desnivelada. São Carlos, SP – USP-São Carlos, 2009. Matheus de Carvalho Dias**

SILVEIRA, P.M.; ZIMMERMANN, F.J.P.; SILVA, S.C.; CUNHA, A.A. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.10, p. 2.057-64, 2000. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo, Eng. Agríc., Jaboticabal, v.28, n.4, p.645-653, out./dez. 2008. Diogo M. Barbieri**

SINK, D.S., TUTTLE, T.C. Planejamento e medição para a performance. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993. **Manutenção Industrial: Manutenção Produtiva Total (MPT), Revista Exacta – Belo Horizonte, v. 5, n.1, p. 175-197. 2012. Cássio Ferreira Nogueira et al.**

SLACK, N. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1997. **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressor de ar – Rio de Janeiro – RJ XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENG. PRODUÇÃO, 2008. Olga M. C. Walter**

SOLARI, F. *Developing a crop based strategy for on-the-go nitrogen management in irrigated cornfields.* 2006. 157p. Thesis (PhD) – University of Nebraska, Lincoln. **Sensor ótico no auxílio à recomendação de adubação nitrogenada em cana-de-açúcar, Pesq. agropec. bras., Brasília, v.46, n.12, p.1633-1642, dez. 2011. Lucas Rios do Amaral**

SOUZA, E. G. Tecnologia na agricultura de precisão. Revista COOPAVEL. O show de tecnologia. Cascavel – PR, Edição Show Rural COOPAVEL, p. 70-71, fev. 2005. **Influência da densidade amostral e do tipo de interpolador na elaboração de mapas temáticos – Cascavel, PR – UNIOESTE/CCET Cascavel 2006. Edy Célia Coelho**

SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; BARBIERI, D.M. *Effects of relief shapes on soil chemical properties of a Oxisol cultivated with sugar cane.* Scientia Agrícola, Piracicaba, v.63, n. 2 p.161-8, 2006a. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo, Eng. Agríc., Jaboticabal, v.28, n.4, p.645-653, out./dez. 2008. Diogo M. Barbieri**

SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA G.T.; MONTANARI, R. Otimização amostral de atributos de Latossolos considerando aspectos solo-relevo. Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.3, p.829-36, 2006b. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo, Eng. Agríc., Jaboticabal, v.28, n.4, p.645-653, out./dez. 2008. Diogo M. Barbieri**

STABILE, M.C.C.; BALASTREIRE, L.A. Comparação de três receptores GPS para uso em agricultura de precisão. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.1, p.215-223, 2006.

SYRIO, F. R., Expansão dos projetos *Kaizen* para os Fornecedores: Estudo de caso na indústria aeronáutica – Bauru, SP – VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2011.

TAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. TPM/MPT: Manutenção Produtiva Total. São Paulo: Instituto IMAM, 1993. **Manutenção Industrial: Manutenção Produtiva Total (MPT), Revista Exacta – Belo Horizonte, v. 5, n.1, p. 175-197. 2012. Cássio Ferreira Nogueira et al.**

TARPLEY, L.; REDDY, K. R.; SASSENATH-COLE, G. F. *Reflectance indices with precision and accuracy in predicting cotton leaf nitrogen concentration.* Crop Science, v.1, n.40, p.1814- 1819, 2000. **Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio, R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.14, n.12, p.1345–1349, 2010. José P. Molin**

TAVARES, Lourival. Administração Moderna da Manutenção. Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações, 1999. **Manutenção Industrial: Manutenção Produtiva Total (MPT), Revista Exacta – Belo Horizonte, v. 5, n.1, p. 175-197. 2012. Cássio Ferreira Nogueira et al.**

TREIN, C.R.; LEVIEN, R.; SOUZA, L.F.C. Tráfego controlado: pneus e compactação. Cultivar Máquinas, v.41, p.22-25, 2005. **Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.45, n.7, p.744-750, jul. 2010. Antônio Arantes de Oliveira Roque**

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M.F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. Ciência Rural, Santa Maria, RS. V.32, n.1. p.159-163, 2002. **Adoção da agricultura de precisão no rio grande do sul – Porto Alegre, RS – UFRS, 2012. Adriano Adelcino Anselmi**

TUBINO, D. F. Manual de planejamento e controle da produção. São Paulo: Atlas, 2000. **Um estudo sobre a aplicabilidade do sistema puxado de produção na fabricação de açúcar – REVISTA GESTÃO INDUSTRIAL – Ponta Grossa, PR – UTFPR, v. 07, n. 01: p. 228-246, 2011. Marcelo Giroto Rebelato**

TULLBERG, J.N. *Tractor-based systems for traffic control in Australia. Landwards*, v.52, p.12-15, 1997. **Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.45, n.7, p.744-750, jul. 2010. Antonio Arantes de Oliveira Roque**

WOMACK, JAMES P. *Value Stream Mapping. Manufacturing Engineering, Dearborn*, vol. 136, n.5, p. 145, Maio 2006. **Redução do tempo de ciclo de importação de materiais através da aplicação do mapeamento do fluxo do valor – 2009. José R. X. Alves**

WOMACK, J.P. & JONES, D.T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas. *Lean Thinking. Elimine o desperdício e crie riqueza*. 6.ed. Trad. Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. Campus - RJ, 2004. **Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressor de ar – Rio de Janeiro – RJ XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENG. PRODUÇÃO, 2008. Olga Carvalho**

WOMACK, JAMES P.; JONES, DANIEL T. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. 11 ed. Rio de Janeiro: Campus / Elsevier, 2004. **Aplicação do método de mapeamento de fluxo de valor na cadeia de suprimentos de eletrodomésticos – 2011. Marcelo S. Q. Silva**

WYREBSKI, Jerzy. Manutenção produtiva total – um modelo adaptado. 1997. Dissertação (M.sc) - UFSC, Florianópolis, 1997. **Manutenção Industrial: Manutenção Produtiva Total (MPT), Revista Exacta – Belo Horizonte, v. 5, n.1, p. 175-197. 2012. Cássio Ferreira Nogueira et al.**

XENOS, H.G. Manutenção no Brasil: a ilha do tesouro. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996. **Manutenção Produtiva Total: Método PMRI – UFSC – 2003. Celso Peck do Amaral**

VARVAKIS, G.J. Gerenciamento de processos. Florianópolis: UFSC, 1998. 118 p. Apostila da disciplina Gerenciamento de Processos. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de

Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. **Manutenção Produtiva Total: Método PMRI – UFSC – 2003. Celso Peck do Amaral**

VERMEULEN, G.D.; MOSQUERA, J. *Soil, crop and emission responses to seasonal-controlled traffic in organic vegetable farming on loam soil. Soil and Tillage Research*, v.102, p.126-134, 2009. **Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego - Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.4, p.603-612, abr. 2012. Gustavo Soares de Souza**

VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1- 54. **Agricultura de precisão no estudo de atributos químicos do solo e da produtividade de lavoura cafeeira – Lavras, MG – Coffee Science, n.1, p59-67, 2012. Gabriel Araújo e Silva Ferraz**

VITTI, G. C., MAZZA, J. A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar**. Piracicaba, SP – POTAFOS, 2002. 16p. (Encarte técnico/Informações Agrônômicas, 97). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar. Bebedouro, SP – Palestra Stoller 2005. Godofredo César Vitti**

WRIGHT, D. L.; RASMUSSEN, V. P.; RANSEY, R. D.; BAKER, D. J.; ELLSWORTH, J. W. *Canopy reflectance estimation of wheat nitrogen content for grain protein management. GIScience and Remote Sensing*, v.41, n.4, p.287-300, 2004. **Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio, R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.14, n.12, p.1345–1349, 2010. José P. Molin**

ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M.Z. da; SANTIAGO, T. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 3.ed. Viçosa: UFV/DFP, 2008. 464 p.7

Estudo do “*Food Chain Centre*”, do Reino Unido, sobre a aplicação do pensamento lean na cadeia de laticínios: *Applying Lean Thinking to the Dairy Industry*-
<http://www.ifr.ac.uk/waste/Reports/Dairy%20Industry%20Applying%20Lean%20Thinking.pdf>