

# ANÁLISE DA APLICABILIDADE DA SOLUÇÃO RFID NO CONTEXTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO KANBAN

**Jorge Henrique da Silva Schreiber, jorge.schreiber@embraer.com.br**

Embraer – Empresa Brasileira de Aeronáutica S/A

**Samuel Bloch da Silva, samuel.silva@embraer.com.br**

Embraer – Empresa Brasileira de Aeronáutica S/A

**Anderson Ribeiro Correia, correia@ita.br**

Instituto Tecnológico da Aeronáutica - ITA

**Resumo.** *Este artigo é um estudo de caso em uma indústria Aeronáutica, cujos principais produtos concentram-se em quatro áreas de negócio e mercados, notadamente, Aviação Comercial, Aviação Executiva, Defesa & Governo e Serviços Aeronáuticos. A alta suscetibilidade a crises desse tipo de indústria aliada à cada vez mais iminente entrada de novos concorrentes faz com que as mesmas procurem cada vez mais revisar seus processos em busca de um aumento de produtividade como maneira para aumentar suas margens. Neste estudo será feita uma avaliação da possibilidade de integração entre os conceitos de Manufatura Enxuta, seu sistema kanban e as oportunidades propostas pelo RFID dentro do contexto da logística industrial. Isto será realizado fazendo-se uma simulação e posterior análise da performance de um sistema kanban RFID proposto como alternativa ao modelo kanban tradicional, ressaltando-se as oportunidades que esse novo sistema representa em termos de otimização do sistema atualmente vigente.*

**Keywords:** *Manufatura Enxuta, kanban, RFID.*

## 1. INTRODUÇÃO

A volatilidade e a crescente competitividade já inerentes à indústria Aeronáutica, recentemente salientadas frente a iminente participação de novos e competitivos players e pela recente crise econômica que tem assolado os mercados mundiais, fazem com que a pressão por custos baixos seja um fator de sobrevivência no mercado. Logo, quaisquer intervenções no sistema de suprimento e manufatura que viabilizem reduções de custos e aumento de produtividade podem ser determinantes e tornam-se importantes diferenciais competitivos num ambiente em que as margens tem se tornado cada vez mais escassas.

A integração da área de gestão de materiais com a função manufatura é vista, neste trabalho, como uma área onde grandes oportunidades têm surgido em decorrência da utilização de novas tecnologias. Neste sentido, aborda-se a possibilidade da integração de práticas e conceitos de Manufatura Enxuta e Just in Time com a tecnologia de Identificação por Rádio Frequência, mais conhecida como RFID (Radio-Frequency Identification) como opção na busca por processos mais enxutos, reduzindo custos.

Em um segundo momento, utiliza-se um ambiente simulado a partir do processo proposto como ferramenta para se avaliar a performance e montar um comparativo entre o sistema de suprimento kanban tradicional e o mesmo sistema, porém dotado da funcionalidade do RFID. A performance é então mensurada pelo tempo de atendimento da demanda e pela possível redução em custos operacionais proporcionada pela reconfiguração do sistema através da utilização do RFID.

Com base no exposto acima, podemos classificar os objetivos deste trabalho em objetivos gerais e específicos. Os primeiros descrevem o que será realizado ao longo da exposição deste trabalho de pesquisa, enquanto os objetivos específicos irão mostrar como os objetivos gerais serão atingidos.

### 1.1 Objetivo Geral

- i. Avaliação da possibilidade de integração entre os conceitos de Manufatura Enxuta, seu sistema KANBAN e as oportunidades propostas pelo RFID dentro do contexto de logística de suprimentos internos;
- ii. Análise da performance do sistema KANBAN RFID como alternativa ao modelo KANBAN tradicional, ressaltando as oportunidades que esse novo sistema representa em termos de otimização do antigo sistema.

### 1.2 Objetivos Específicos

- i. Elaboração dos Fluxogramas representativos de cada um dos sistemas estudados a fim de identificar as principais oportunidades no que diz respeito a mudanças no fluxo de informação dentro do sistema com RFID;

ii. Realização de um estudo de caso avaliando a integração dos dois sistemas de abastecimento KANBAN, com e sem RFID.

### 1.3 Estrutura do Trabalho

Traduzido na forma de um fluxograma, a estrutura do trabalho realizado e de sua apresentação segue uma linha de raciocínio que pode ser demonstrada da seguinte maneira:

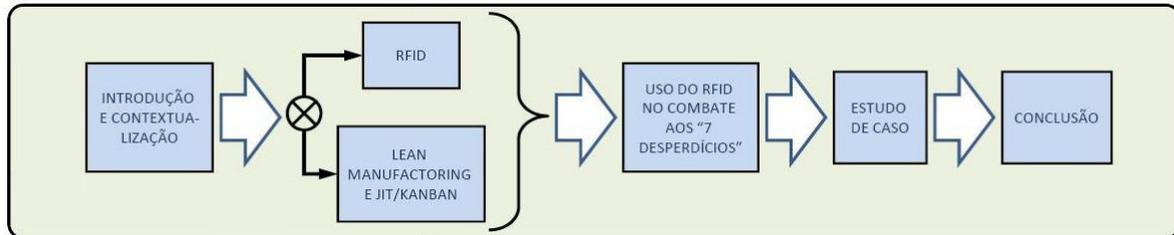


Figura 1. Estrutura do Trabalho – Fonte: Autor.

## 2. LEAN MANUFACTURING (MANUFATURA ENXUTA)

A Manufatura Enxuta reúne uma série de princípios para eliminar desperdícios durante a produção dos produtos buscando atingir, ou até superar, as expectativas dos clientes (MacDonald, Van Aken & Rentes, 2000). Suas técnicas procuram minimizar as perdas dentro da empresa, gerando produtos a um menor custo e possibilitando à organização produzir a um preço menor e sem perda da qualidade.

Os cinco princípios da Produção Enxuta são, Hines & Taylor (2000):

- Especificar o que gera e o que não gera valor sob a perspectiva do cliente. Ao contrário do que tradicionalmente se faz, não se deve avaliar sob a óptica da empresa ou de seus departamentos.
- Identificar todos os passos necessários para produzir o produto ao longo de toda linha de produção, de modo a não serem gerados desperdícios.
- Promover ações a fim de criar um fluxo de valor contínuo, sem interrupções, ou esperas.
- Produzir somente nas quantidades solicitadas pelo consumidor.
- Esforçar-se para manter uma melhoria contínua, procurando a remoção de perdas e desperdícios.

Womack & Jones (1996) ressaltam que sete tipos de desperdícios foram identificados por Shigeo Shingo para o Sistema Toyota de Produção:

- Superprodução: Produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em um fluxo pobre de peças e informações, ou excesso de inventário;
- Espera: Longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, resultando em um fluxo pobre, bem como em *lead times* longos;
- Transporte excessivo: Movimento excessivo de pessoas, informação ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia;
- Processos Inadequados: Utilização do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma aproximação mais simples pode ser mais efetiva;
- Inventário desnecessário: Armazenamento excessivo e falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e baixa performance do serviço prestado ao cliente;
- Movimentação desnecessária: Desorganização do ambiente de trabalho, resultando baixa performance dos aspectos ergonômicos e perda freqüente de itens;
- Produtos Defeituosos: Problemas freqüentes nas cartas de processo, problemas de qualidade do produto, ou baixa performance na entrega.

O sistema kanban, abordado neste trabalho, foi uma das ferramentas criadas pelo sistema Toyota de Produção nessa busca pela redução de desperdícios. “Kanban é o termo japonês que significa cartão. Este cartão age como disparador da produção (ou movimentação) por parte de centros produtivos presentes no processo, coordenando a produção de todos os itens de acordo com a demanda de produtos finais”, (Gianesi e Corrêa, 1996).

Ainda segundo Voss e Clutterbuck (1989), kanban é um sistema puxado de controle de movimentação de material, o qual compreende um mecanismo que dispara a movimentação de um material de uma operação para a seguinte.

Segundo Monden (1998), existem cinco regras que devem ser cumpridas para que o Sistema Kanban funcione:

**Regra 1:** O processo seguinte deve retirar produtos do processo anterior na quantidade necessária e no momento correto. Para que esta regra funcione, é obrigatório que a retirada de material de um processo anterior seja feita com a apresentação de um kanban. A quantidade retirada deve ser igual àquela determinada no cartão, e não podem haver peças desacompanhadas de um kanban.

Regra 2: O processo anterior deve produzir produtos para o processo seguinte nas quantidades retiradas por este. Esta regra complementa a primeira para que não ocorra excesso de produção. O processo anterior só pode produzir itens dos quais tem cartão, e só pode produzir a quantidade definida neste.

Regra 3: Produtos defeituosos nunca devem passar para os processos seguintes. Uma vez que os estoques em processo são limitados a uma quantidade mínima, deve-se ter certeza que estas poucas peças estejam em perfeitas condições para serem utilizadas pelo processo seguinte. Caso contrário, as peças serão devolvidas ao processo fornecedor e o processo cliente terá de esperar até ter as peças em condições de produzir. Portanto, é importante que se coloque o supermercado de peças em um local onde se garanta a qualidade daquelas peças.

Regra 4: O número de kanbans deve ser minimizado. O número de kanbans expressa o inventário máximo de cada item. Este número deve ser mantido o menor possível. Na Toyota, é responsabilidade do supervisor de cada processo trabalhar para diminuir esta quantidade. Ele deve estar sempre buscando melhorias de processo que lhe permitam diminuir o tamanho dos lotes e diminuir o tempo de processo, para poder diminuir o número de kanbans.

Regra 5: O kanban deve ser usado para suportar pequenas variações na demanda. A mais impressionante característica deste sistema é a adaptabilidade para variações repentinas de demanda. Empresas que se utilizam deste sistema não distribuem pela fábrica programas de produção detalhados. Somente o processo puxador \*recebe a programação do dia. As demais áreas só sabem o que produzirão com a chegada dos cartões. Sendo assim, mudanças no programa do dia ocorrem natural e imediatamente.

O kanban promove melhorias no sistema produtivo da empresa através do processo contínuo de redução de estoques. A redução gradual dos estoques permite a exposição dos problemas, tais como as descontinuidades de processos, os baixos níveis de qualidade, a falta de confiabilidade de equipamentos, os altos tempos de fila e preparação dos equipamentos e a má utilização dos recursos produtivos. A redução dos estoques, portanto, configura-se como o princípio fundamental na resolução dos problemas, permitindo a visibilidade e a conseqüente eliminação de ineficiências e desperdícios através de esforços concentrados e priorizados da mão-de-obra direta e indireta.

### 3. A TECNOLOGIA RFID

Tecnicamente falando, as tecnologias de auto-identificação desempenham o mesmo papel na aquisição automática dos dados de um processo qualquer. Comparando-se os vários sistemas de identificação, percebemos que o sistema baseado em radio frequência leva vantagem sobre os demais pelo fato de independe da vontade humana para efetuar os registros entre outros benefícios. Considerando que o sistema de RFID passivo funciona com base em emissões de ondas eletromagnéticas, conforme apresentado na Figura 2, tudo o que estiver identificado por um *tag* (pessoas, produtos, equipamentos, etc.) dentro do raio de ação das ondas eletromagnéticas gerados pelo conjunto antena / *reader*, será registrado através de um “decodificador” (em inglês: *middleware*) e disponibilizado automaticamente e em tempo real aos envolvidos interno e externamente. Isto significa que quanto maior for a área de cobertura das antenas, maior será a “superfície ativa” no sentido de “capturar” e “disponibilizar” os “movimentos” dos processos monitorados, proporcionando assim uma menor interação humana com as transações sistêmicas.

Na prática o custo da tecnologia de RFID e a dificuldade de implantação, restringem a utilização deste tipo de solução. Considerando os diversos segmentos passíveis de utilização do RFID, o setor aeronáutico é o que melhor se encaixa à utilização da tecnologia, em função dos seguintes motivadores:

- controle e rastreabilidade dos processos produtivos muito acima da média das demais indústrias;
- peças com alto valor agregado;
- controle e rastreabilidade dos processos de manutenção;
- cadeia de suprimentos com longos “lead-times” de fabricação;
- produto final com ciclo de vida longo.

Mesmo se tratando de uma indústria de ponta, não são poucas as vezes em que ocorrem rupturas de estoque em itens kanban, forçando assim um controle mais preciso do que é praticado atualmente. Neste contexto, percebe-se que sua cadeia de abastecimento possui um custo operacional elevado, apesar do valor agregado dos materiais geridos por ela ser baixo se comparado com outros itens. Baseado nestas premissas acredita-se que o RFID ajudará na construção de um sistema kanban mais eficiente, ao ampliar a visão de controle e rastreabilidade tão importantes ao setor aeronáutico. Com tudo isto, ficará claro mais à frente a vantagem da utilização do RFID a medida que a implementação de tal tecnologia nos permitirá beneficiar o reabastecimento dos materiais no ponto de uso e apenas no tempo necessário.

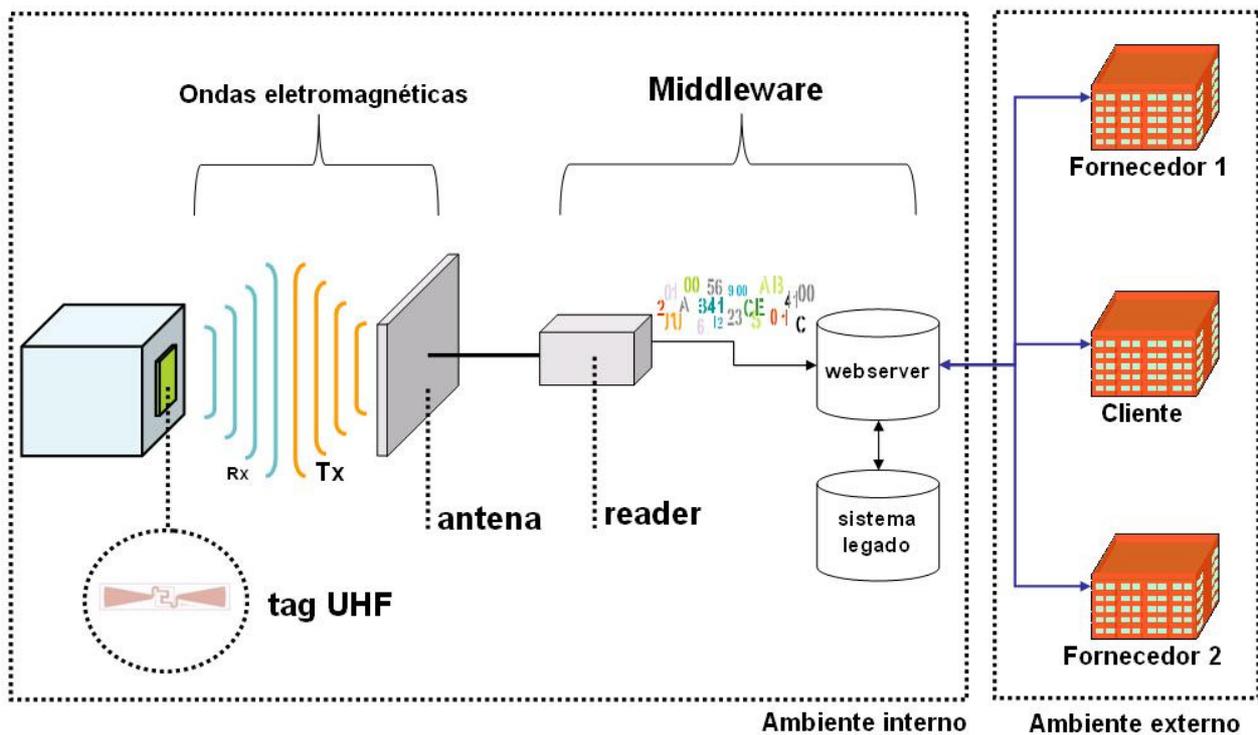


Figura 2. Sistema RFID Passivo básico – Fonte: Batocchio, A., Silva, S. B.

#### 4. O USO DO RFID NO COMBATE AOS “7 DESPERDÍCIOS”

É dentro desse cenário em que a busca pela eliminação de desperdícios tem se mostrado cada vez mais importante na obtenção de margens de lucro, e onde também a rastreabilidade de processos e materiais é peça fundamental na manutenção da confiabilidade e segurança dos produtos beneficiados que a proposta do RFID torna-se cada vez mais atraente.

Além de desempenharem atividades de caráter gerencial, tais sistemas têm sido empregados também em atividades de localização de produtos, ou mesmo parte de seus componentes. Soluções RFID são utilizadas também, com bastante frequência, anexadas a *pallets* ou containeres plásticos. Podendo ser dispostas diretamente no produto final, ou em partes de seus componentes, as etiquetas eletrônicas permitem que estes sejam localizados dentro de determinada área de abrangência geográfica, como, por exemplo, numa determinada etapa da linha produtiva de uma indústria.

Ao realizar a atualização de informações em tempo real, numa base única de dados, a ser acessada de qualquer terminal do sistema, a tecnologia RFID possibilita que todo o fluxo de materiais envolvido, seja no inventário ou na linha de produção, possa ser quantificado, de forma a corresponder à realidade. Novas necessidades de material podem ser supridas dessa forma, sempre que solicitadas.

Por meio do RFID-tag pode-se também atribuir um tratamento específico a cada produto ao longo da linha de montagem, tal como o fluxo de operações a ser seguido e o estabelecimento de novas rotas para deslocamento do produto.

Frente às inúmeras oportunidades criadas pelo uso do RFID dentro do contexto industrial, é possível montar um quadro relacionando-se tais oportunidades com a redução de desperdícios sugerida através dos conceitos da Manufatura Enxuta. A Tabela 1 apresenta um resumo de como o uso do RFID pode atuar a fim de mitigar cada um dos sete desperdícios identificados por Shigeo Shingo para o Sistema Toyota de Produção:

Tabela 1. Redução dos desperdícios do Sistema Toyota de Produção através do uso do RFID – Fonte: BRIDGE (Building Radio Frequency Identification for the Global Environment).

	<b>Work-in-progress management</b>	<b>Inventory management</b>	<b>Manufacturing asset tracking and maintenance</b>	<b>Manufacturing control</b>
<b>Overproduction</b>	Know how much of which goods/materials are WIP	Know how much of which goods/materials are in stock	-	Enable automated JIT strategies
<b>Waiting</b>	Know where finished goods/materials are	Know where finished goods/ raw materials are	Know where assets are Know condition of assets	Increase product autonomy in distributed control systems
<b>Transport</b>	Know where WIP goods/materials should be brought to	Know where nearest finished goods /raw materials are	Know location of nearest available assets	Where applicable implement automated routing on production lines
<b>Inappropriate processing</b>	Know which goods/materials are suitable for which processing	Know which raw materials suitable for which processing	Eliminate production errors due to incorrect manufacturing asset maintenance	Know which goods/materials are suitable for which processing
<b>Unnecessary inventory</b>	Eliminate mistaken WIP goods/inventory association Improve visibility level	Improve inventory visibility	Eliminate unnecessary buffers waiting for asset maintenance	-
<b>Unnecessary motion</b>	Eliminate manual data collection	Eliminate manual counts	Eliminate manual checks for maintenance	-
<b>Defects</b>	Reduced scraps due to improved traceability	Know finished goods /raw materials expiry dates and implement suitable protocols	-	-

## 5. ESTUDO DE CASO

Com base no que foi visto na contextualização até o momento, podemos partir agora para uma análise do Fluxo de abastecimento kanban tradicional, seguido da elaboração de uma alternativa ou melhoria a partir da solução proposta pelo uso do RFID.

### 5.1. Fluxo kanban tradicional

Para este trabalho, por motivo de confidencialidade empresarial, foi adotado como fluxo de abastecimento kanban o processo tradicional, ou seja, o mesmo conhecido por nós através da bibliografia especializada. Isto significa que o modelo estudado apesar de ser formado com alguns tempos e informações oriundas do modelo que atende a empresa, não representa a realidade do abastecimento kanban atualmente utilizado.

Além disso, premissas foram estabelecidas no intuito de congelar o modelo a ser estudado tornando a comparação entre os fluxos atual e proposto possível. Para o fluxo kanban tradicional foram adotados como premissas os seguintes pontos:

- A simulação do ambiente kanban aborda apenas a interação (fluxo de materiais e informações) entre Almoxarifado e área de montagem (chão de fábrica), não chegando ao nível do fornecedor, nem transporte/logística externa;
- Para o kanban tradicional, será utilizado o fluxo clássico de informações JIT de acordo com dados obtidos através de revisão bibliográfica. O modelo utilizado na empresa servirá de referência apenas para coleta de alguns parâmetros estatísticos;
- A simulação terá enfoque apenas em itens comprados;
- Para o kanban tradicional serão considerados erros decorrentes de má identificação de material, como: erro de digitação, transporte e alocação de materiais no ponto ou prateleira errados, etc.;
- A demanda de produtos é conhecida e pré-determinada baseando-se em dados extraídos do kanban em vigência atualmente na empresa;
- Serão utilizadas duas caixas kanban por material.

Partindo disto, podemos iniciar a análise do que seria o fluxo de abastecimento kanban atual. Na Figura 3 é mostrado o fluxo kanban tradicional mais adequado para se fazer um paralelo com o modelo utilizado na empresa.

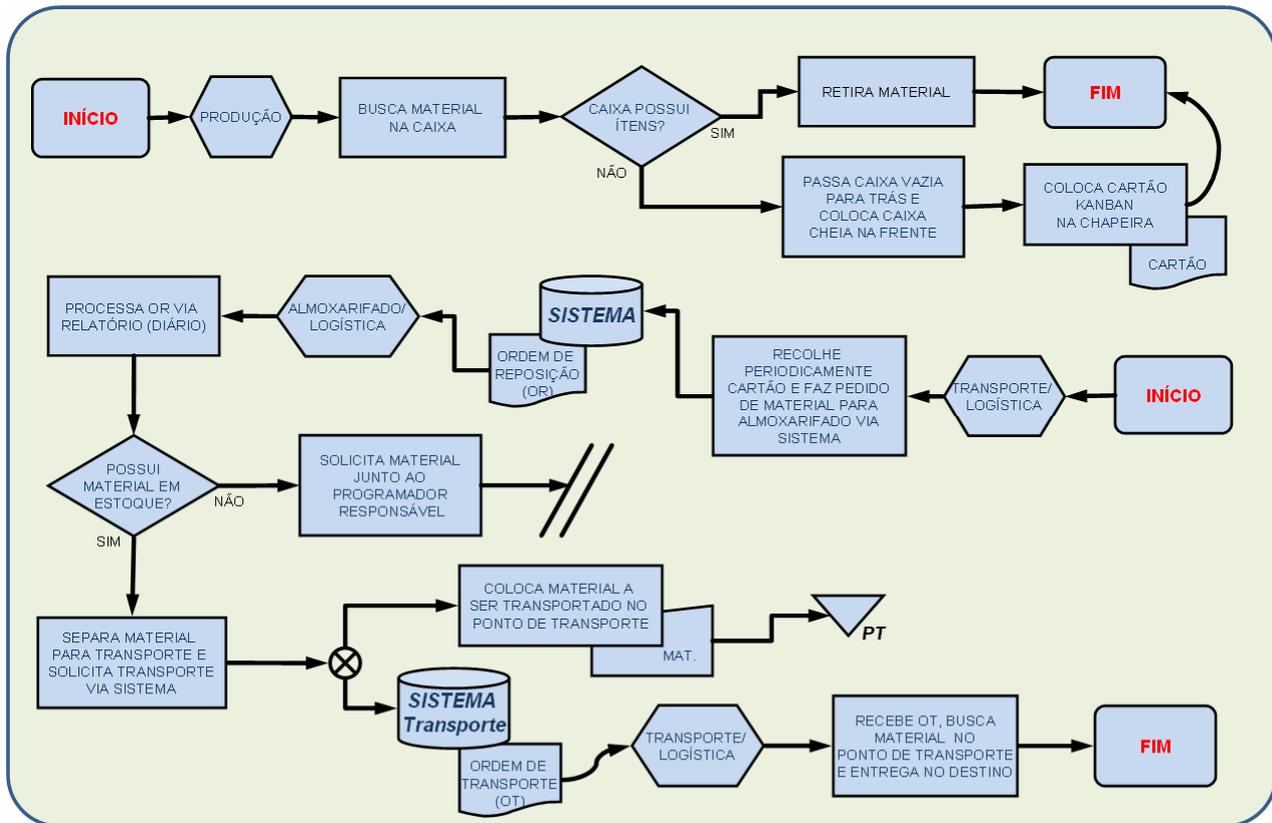


Figura 3. Fluxo kanban Tradicional – Fonte: Autor.

O sistema de abastecimento utilizado como referência é composto por duas caixas, sendo o abastecimento disparado através do uso de cartões. O processo tem início quando o Montador busca o material que necessita na caixa correspondente. Caso a caixa esteja vazia, o Montador irá retirar da caixa o cartão correspondente ao material faltante, substituirá a caixa pela correspondente que deverá encontrar-se atrás da primeira, e colocará o cartão na chapeira (quadro kanban), dando início ao processo de reabastecimento.

Apesar do Montador já ter confirmado a necessidade de material ao colocar o cartão na chapeira, a mesma somente será visualizada no sistema quando um Operador logístico retirar o cartão da chapeira e der entrada digitando seu código de referência no Sistema, emitindo uma Ordem de Reposição diretamente ao Almoarifado Central (no entanto, tais Ordens de Reposição somente são processadas uma vez ao dia, gerando a demanda para o turno seguinte. Caso o mesmo não esteja disponível, é feita uma solicitação junto ao Programador responsável). Porém se o material estiver disponível, o mesmo é separado na quantidade necessária e colocado no Ponto de Transporte, sendo posteriormente solicitado seu transporte via uma Ordem de Transporte em sistema específico.

Ao receber a Ordem de Transporte via Sistema, o Operador logístico retira o material no Ponto de Transporte determinado e efetua o transporte do mesmo até seu destino. Ao chegar na prateleira a ser reabastecida, o Operador logístico efetua o reabastecimento da caixa, digitando posteriormente no sistema a confirmação de seu abastecimento, e só então coloca o cartão kanban no fundo da mesma.

## 5.2. Fluxo kanban RFID

Partindo-se das oportunidades levantadas pelo uso do RFID e utilizando como base os conceitos de *Lean Manufacturing* levantados anteriormente, partimos para a identificação dos pontos onde o uso de tal tecnologia pode simplificar o processo do fluxo de abastecimento kanban.

Analisando-se o fluxo de abastecimento kanban atual e os tempos de cada processo que o compõe percebemos que grande parte do processo consiste em gerar inputs ao sistema através da digitação de informações. Isto se dá inicialmente no momento da solicitação do material via sistema, quando o operador logístico retira da chapeira os cartões de solicitação de material lá colocados pela produção digitando a informação de cada cartão no sistema, e novamente no momento da “baixa do abastecimento”, onde o operador logístico, após reabastecer as caixas vazias, digita a informação de que tais caixas encontram-se novamente cheias. Este processo, além de ser dispendioso, é muito

suscetível a erros de digitação por parte do operador logístico, além de não agregar qualquer valor ao produto final. O processo atualmente utilizado para gerar inputs no sistema pode gerar custos desnecessários decorrentes do transporte indevido de componentes que tenham sido solicitados indevidamente e também custos decorrentes do inventariado incoerente resultante desses erros.

Isolando-se estas etapas do processo, foi estudada uma maneira de utilizar o RFID a fim de eliminar desperdícios e mitigar seus efeitos sobre o ciclo total de ressurgimento. A idéia principal seria a de remover do processo todas estas etapas de digitação de inputs manuais, liberando assim mão de obra para funções que realmente agreguem valor ao produto.

Para simular o funcionamento de um kanban acionado via RFID, adotamos também algumas premissas afim de congelar a configuração do sistema a ser utilizado:

- A simulação do ambiente kanban aborda apenas a interação (fluxo de materiais e informações) entre Almoarifado e área de montagem (chão de fábrica), não chegando ao nível do fornecedor, nem transporte/logística externa;
- A simulação terá enfoque apenas em itens comprados;
- Consideramos uma taxa de leitura de 100% do RFID;
- O sistema a ser utilizado na modelagem foi desenvolvido especificamente para o estudo, não estando integrado com nenhum sistema operacional;
- A demanda de produtos é conhecida e pré-determinada baseando-se em dados estatísticos do kanban em vigência atualmente na empresa;
- Considera-se o tag RFID fixado junto à caixa kanban;
- Serão utilizadas duas caixas kanban por material.

Levando-se em consideração a substituição do processo de digitação de inputs no sistema pelo uso do RFID, e as premissas propostas para a utilização desta tecnologia no fluxo de abastecimento kanban, modelamos a proposta da Figura 4.

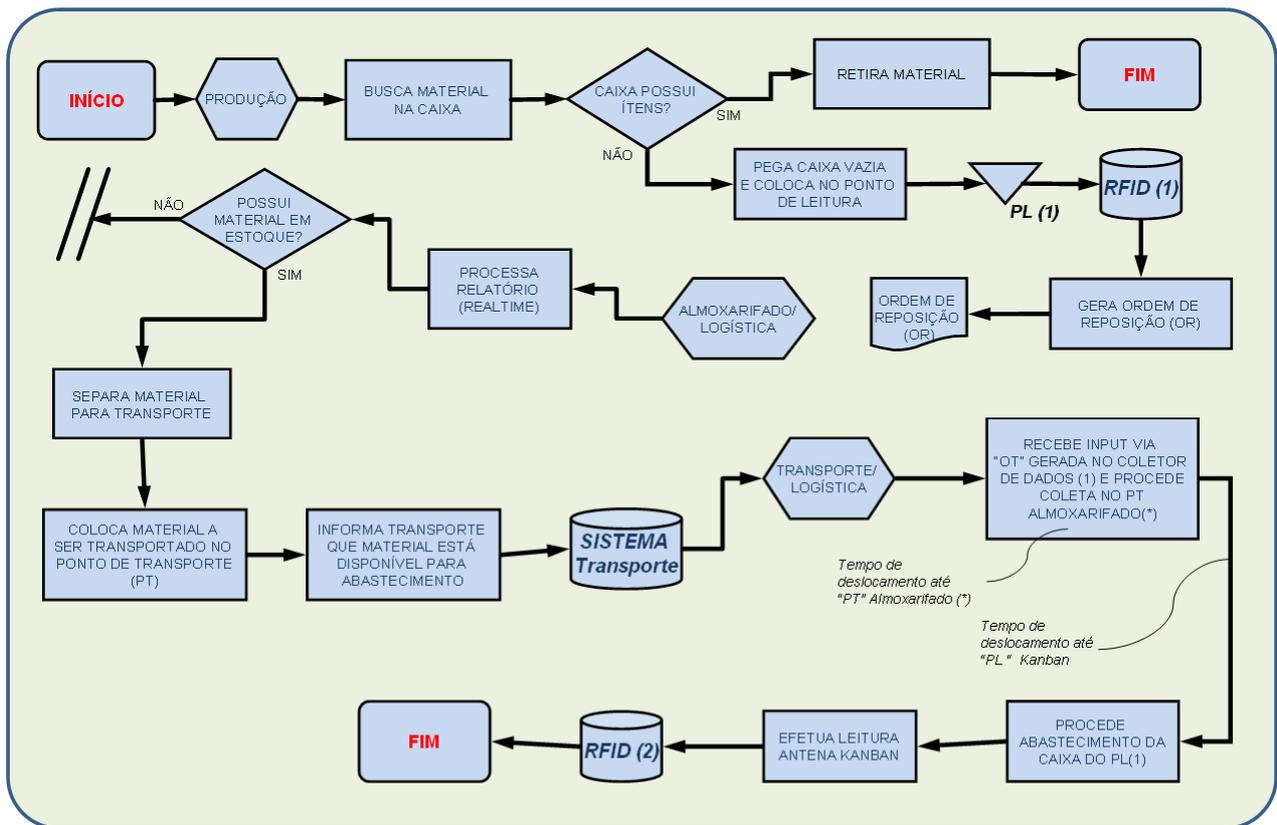


Figura 4. Fluxo kanban RFID – Fonte: Autor.

A primeira diferença que podemos notar com o uso do RFID é a ausência de cartão de solicitação de materiais. No momento em que o operador de Produção busca material na caixa e não o encontra, retira a caixa da prateleira e a deposita no Ponto RFID de Leitura 1, posto este responsável pela leitura da informação “caixa vazia”. Neste momento é gerada automaticamente a Ordem de Reposição(OR) de material junto ao Almoarifado. Ao receber a OR, o Almoarifado verifica a disponibilidade de material em estoque. Caso o mesmo esteja em falta, é feita a solicitação de compra junto ao programador responsável. Porém, confirmada a disponibilidade de material, o mesmo é separado e

colocado no Ponto de Transporte ao mesmo tempo em que será emitida via sistema uma Ordem de Transporte(OT) junto a área responsável. Este último ao receber a OT, procede a coleta do material junto ao ponto de transporte designado pelo Almoarifado e procede o abastecimento no ponto de uso, passando novamente a caixa em frente ao leitor RFID afim de gerar o input de “caixa cheia”.

Para validar este Fluxo de Abastecimento RFID e realizar as tomadas de tempo necessárias para a comparação entre os dois modelos foi montado um ambiente simulado composto de uma prateleira kanban com caixas devidamente identificadas com Etiquetas RFID, um ponto de leitura de caixa vazia, onde as caixas são depositadas quando da falta de material, e um ponto de leitura de reabastecimento, utilizado para gerar o Input de “caixa cheia”. Para que este sistema funcionasse corretamente, além das antenas RFID, foi utilizada a estrutura básica de um sistema RFID conforme visto anteriormente. No modelo estudado, especificamente, foram utilizados: dez etiquetas RFID, distribuidas em dez caixas; e duas antenas RFID ligadas a um Reader, estando este último ligado a um CPU controlador, onde encontrava-se o software responsável pelo gerenciamento kanban. Abaixo, nas Figuras 5 e 6, temos um esquema do sistema simulado e uma foto que permitem uma idéia mais clara da simulação realizada.

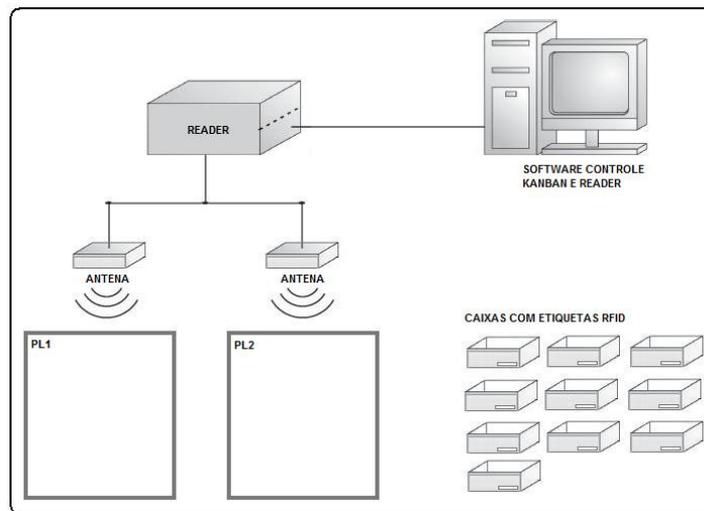


Figura 5. Esquema representativo do sistema RFID utilizado.

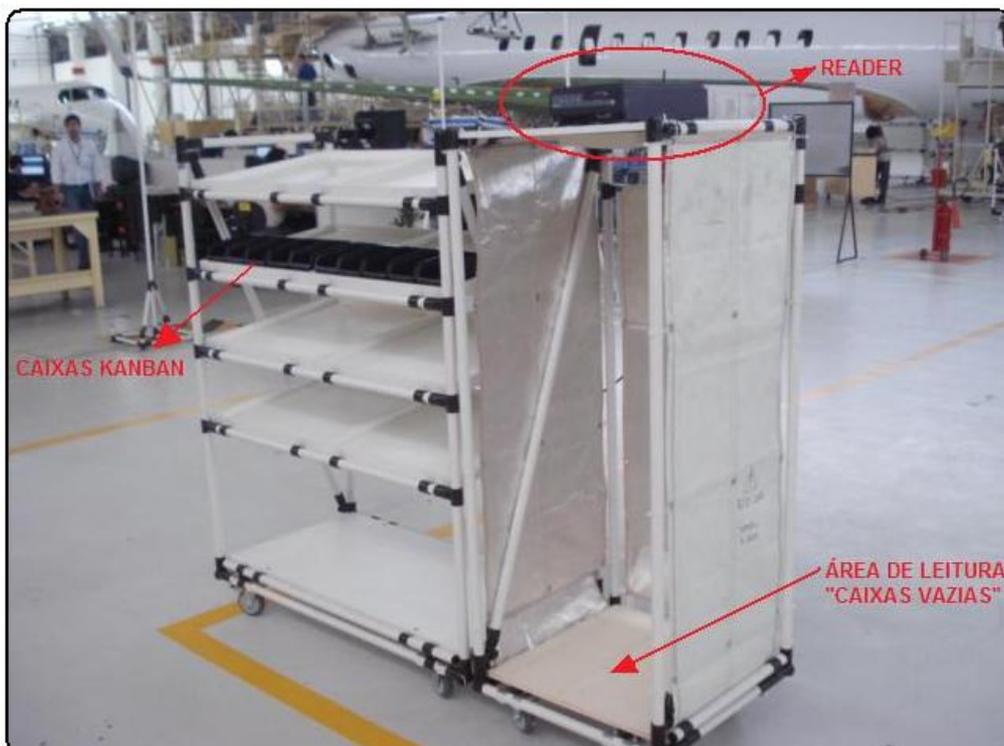


Figura 6. Foto do sistema kanban RFID simulado.

### 5.3. Comparativo entre os dois processos

Em princípio, uma análise rápida entre os fluxos kanban tradicional e proposto com uso do RFID pode dar a impressão de que não ocorreram mudanças entre os dois processos. No entanto, ao analisarmos mais atentamente os dois fluxos podemos verificar que o uso do RFID permitiu otimizar três etapas do processo que não acrescentavam nenhum valor ao produto, como havia sido proposto no início de seu estudo.

Destas etapas do processo otimizadas pelo uso do RFID, duas envolvem a digitação de inputs no sistema. A primeira delas se refere à informação de caixa vazia, que é digitada no momento em que o operador logístico realiza a ronda periódica recolhendo das chapeiras os cartões que representam necessidade de reabastecimento. Já a segunda etapa do processo eliminada se refere à informação de caixa cheia, que é digitada pelo operador logístico no momento do reabastecimento da caixa kanban. E, por último, existe uma terceira etapa otimizada referente a taxa de retrabalho, que com o uso do RFID foi totalmente eliminada do ciclo.

O uso do RFID permitiu que a primeira etapa fosse completamente eliminada em termos de tempo, uma vez que foi substituída pelo simples ato em que o operador da produção, ao constatar que a caixa encontra-se vazia, deposita a mesma no Ponto de Leitura I. Já a segunda etapa continuou a ser realizada pelo operador logístico no momento do reabastecimento da caixa kanban, porém trocando a necessidade de digitação pela simples passagem da caixa em frente ao Ponto de Leitura II. E a terceira etapa foi totalmente eliminada uma vez que o uso do RFID previniu a necessidade de qualquer retrabalho que envolvesse tanto a digitação de inputs quanto a disposição de materiais em caixas não apropriadas.

Ou seja, as mudanças propostas pelo uso do RFID não demandam grandes mudanças no que diz respeito a filosofia do processo, uma vez que o mesmo continua a fluir numa linearidade bastante equivalente, porém otimizada.

Os resultados provenientes desta otimização em termos de tempo podem ser verificados através da análise da Tabela 2 a seguir:

Tabela 2. Comparação dos tempos dos processos kanban tradicional e RFID.

Nº	ATIVIDADES DESEMPENHADAS	KANBAN TRADICIONAL	KANBAN RFID
1	Retirar o cartão da chapeira na coluna verde a digitar	0:00:11	0:00:00
	Intervalo	0:00:33	0:00:00
2	Digitar os cartões no SAP	0:05:40	0:00:00
	Intervalo / Deslocamento	0:03:20	0:00:00
3	Devolver os cartões na chapeira na coluna amarela cartões digitados	0:00:10	0:00:00
	Intervalo	0:00:24	0:00:00
<b>SOMA PARCIAL 1</b>		<b>0:10:19</b>	<b>0:00:00</b>
4	Disponibilizar os materiais solicitados	25:42:41	25:42:41
<b>SOMA PARCIAL 2</b>		<b>25:42:41</b>	<b>25:42:41</b>
5	Distribuir os materiais para os hangares	1:37:50	0:38:29
6	Conferir os materiais pagos x cartões solicitados	0:04:09	0:00:00
	Intervalo	0:00:07	0:00:07
7	Abastecer os materiais nos bins conforme etiqueta e cartão	0:06:29	0:04:32
	Intervalo	0:01:06	0:00:00
8	Conforme etiqueta realizar a confirmação de abastecimento no sistema SAP	0:02:26	0:00:00
	Intervalo / Deslocamento	0:05:13	0:00:00
<b>SOMA PARCIAL 3</b>		<b>1:57:20</b>	<b>0:43:08</b>
Tempo de Ciclo (Média)		27:50:20	26:25:50
Taxa de Retrabalho		5:34:04	0:00:00
<b>TEMPO DE CICLO (Média) TOTAL</b>		<b>33:24:24</b>	<b>26:25:50</b>

## 6. CONCLUSÃO

Baseado no que foi visto até agora, fica claro a enorme contribuição que o RFID pode prover no que diz respeito a fluxos e processos mais enxutos e otimizados dentro do ambiente de logística industrial. Extrapolando os ganhos obtidos em termos de custos, no âmbito de mão de obra, podemos chegar a um breve comparativo entre os dois processos estudados:

Tabela 3. Comparativo de custos por ciclo.

	TEMPO TOTAL CICLO (hs)	CUSTO POR CICLO (US\$) (*)
KANBAN TRADICIONAL	33:24:24	167,03
KANBAN RFID	26:25:50	132,15

(\*) Taxa Hora/Homem de US\$ 5,00 (estimado)

A Tabela 3 apenas confirma o que já tinha sido visto anteriormente em termos de tempo. Ou seja, a cada ciclo de ressuprimento do kanban, US\$ 34,88 por estação kanban serão economizados. Isto significa que uma empresa que tenha dez estações kanban com ressuprimento diário, poderá economizar o equivalente a US\$ 83.713,00 por ano sendo que, na prática, estes valores poderão ser muito maiores dependendo da taxa hora/homem utilizada.

Todos estes ganhos no ambiente da indústria aeronáutica, aliados a todas as outras possibilidades referentes a rastreabilidade de processos e materiais, tão importante neste meio onde a segurança é ponto essencial do negócio, apenas confirmam a grande aplicabilidade e potencial da tecnologia RFID tanto no sistema de abastecimento kanban, quanto em toda a cadeia de produção aeronáutica.

## 7. REFERENCIAS

- Batocchio, A., Silva, S. B., 2008, O processo de Track & Trace na cadeia logística. Estudo de caso no setor aeroespacial – Workshop Robocontrol 2008.
- Brintrup, A.; Roberts, P., Astle, M., 2008, Report: Methodology for manufacturing process analysis for RFID Implementation. BRIDGE - Building Radio Frequency Identification for the Global Environment.
- Corrêa, H. L.; Gianesi, I. G. N., 1996, Just in Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico. Atlas S.A: São Paulo.
- Hines, P.; Taylor, D., 2000, Going Lean. A guide to implementation. Lean Enterprise Research Center, Cardiff, UK.
- Macdonald, T.; Van Aken, E.; Rentes, A.F., 2000, "Utilization of simulation model to support value stream analysis and definition of future state scenarios in a high-technology motion control plant". Research Paper. Department of Industrial & Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University & São Carlos Engineering School, University of São Paulo.
- Monden, Y., 1998, Toyota Production System – an Integrated Approach to Just in time. Engineering Management Press.
- Voss, C., & Clutterbuck, D., 1998, Just – In – Time. IFS Publications, UK.
- Womack, J.P., Jones, D.T., 1996, Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Simon & Schuster.

## 8. NOTA DE RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.