Oportunidades para Aplicação da Filosofia *Just In Time* (JIT) na Logística Reversa em Resíduos Eletro-Eletrônicos (REEE): Estudo de Caso da Fábrica Verde

JAKUBOWICZ, D. [a, *], SOUZA, R. G. [a]

a. Universidade Federal Fluminense (LATEC-UFF), Niterói, Rio de Janeiro

**Corresponding author, davidjakubowicz@id.uff.br*

Abstract

This article shows a Case Study in Green Factories. The Green Factory Project, of Computer Recycling, of the Secretary of State for the Environment (SEA) of the State Rio de Janeiro aims to develop initiatives to encourage social inclusion in poor communities allowing young adults to develop professionally, creating jobs green and thus generating alternative income for local. The Green Factory was established in 2011 in the "Complexo do Alemão". It was conducted a field research to obtain data of input and output of E-waste. Interviews were too conducted with owners of cooperatives. The SEA Project stimulates the reverse logistics, which became mandatory with the approval of the National Solid Waste Policy (PNRS). In the supply chain, to improve the efficiency and effectiveness of the logistics process, should improve the quality of demand forecasting. An accuracy forecasting is a constant challenge for organizations, because is possible to obtain efficient operations and high levels of customer service, while inaccurate forecasts inevitably, leads to inefficient and costly operations. Demand forecast needs in any segment allows managers to plan their actions. Both the philosophies Just in Time and Reverse Logistics are concerned about the environment. The customer-supplier relationship is explored in this paper because there are stakeholders involved. A bibliometric survey of Scopus Base, only 7 papers were presented using the strings "Just in Time" and "Reverse Logistics". This shows that the theme is new and challenger.

Palavras-chave: *Just-in-time, Logística Reversa, Lean Manufacturing, E-waste, Fábrica Verde*

1. Introdução

Nas últimas décadas, a indústria de Equipamento Eletroeletrônicos (EEE) ampliou sua produção devido às mudanças tecnológicas, aumento do poder aquisitivo da população e da menor vida útil de aparelhos (taxa de obsolescência alta). Estima-se que sejam geradas anualmente 40 milhões de toneladas de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) no mundo, e espera-se que esta geração alcance 65 milhões de toneladas em 2017 (STEP, 2013). No Brasil, estima-se que o setor de EEE irá crescer 2% em 2014 comparado com 2013, atingindo uma receita de US$ 59,89 bilhões. No tocante ao poder de Compra da população, a renda média das famílias brasileiras cresceu 36,5% de 2004 para 2013, atingindo um PIB per capita de US$ 9.041,21 e a porcentagem de domicílios com computadores e internet passou de menos de 15% em 2005 para quase 40% em 2011 (ABINEE, 2013). Estima-se que 6,5 kg/capita.ano de lixo eletrônico foram gerados no Brasil em 2011, e espera-se chegar a 8 kg/capita.ano em 2015. Aparelhos como celulares, computadores, geladeiras, TV e telas

contêm elementos químicos de grande valor de mercado como o ouro (Au) e prata (Ag). Eles também contêm metais pesados como o antimônio (Sb), arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni), mercúrio (Hg) e zinco (Zn) que são nocivos à saúde humana e ao meio ambiente, A disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) é uma das mais sérias questões urbanas que os governos locais enfrentam na atualidade (ASSAMOI; LAWRYSHYN, 2012). Diante dos potenciais riscos associados aos REEE, a legislação brasileira, especificamente a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei N□.12.305/2010), tornou obrigatória a Logística Reversa(LR) destes equipamentos, ou seja, sua reinserção na cadeia produtiva ou destinação final adequada. A implementação de sistemas de coleta dos REEE adequados depende da disponibilidade de infraestrutura e capacidade dos municípios brasileiros, uma vez que estes sistemas devem ser integrados com a gestão de RSU, tornando um grande desafio para todas as cidades brasileiras.

O projeto Fábrica Verde (FV), de reciclagem de REEE, implantado no Estado do Rio de Janeiro vinculado à Superintendência de Território e Cidadania (STC) da Secretaria de Estado do Ambiente (SEA), tem como objetivo desenvolver iniciativas que incentivem à inclusão social em comunidades populares, capacitando profissionalmente jovens e adultos, criando empregos verdes gerando alternativas de renda para moradores e despertando concomitantemente a consciência ambiental nas áreas mais carentes. Os alunos têm aula de informática, internet, cidadania, empreendedorismo, educação ambiental e reciclagem e como incentivo recebem uma bolsa auxílio. A exigência para participar do projeto requer a idade mínima de 16 anos e estar cursando o ensino médio. Este projeto iniciou-se na comunidade do Complexo do Alemão, na Zona Norte do Rio em outubro de 2011. Em seguida, foi implantado na Rocinha, Zona Sul do Rio e no morro da Chacrinha na Tijuca. A geração de REEE para a FV vem de grandes empresas, Organizações Não-Governamentais (ONGs), da população em geral e de coletores distribuídos em pontos fixos no município.

O processo de triagem e caracterização de REEE na Fábrica Verde se inicia após o recebimento dos REEE fornecidos por pequenas, médias e grandes empresas, assim como ONG, comunidade local e pontos de coleta no município. Estes *suppliers* representam as fontes geradoras de REEE. Os REEE passíveis de reuso são direcionados para sala de ensino de informática onde são ofertados treinamento para qualificação profissional objetivando inserção social ou são doados para pessoas jurídicas. Por se tratar de um ente Estadual, não pode ser vendido. Os demais REEE, não validados, são encaminhados, por exemplo, para cooperativas que necessitam destes resíduos na indústria de transformação. Os *Outputs* da FV passa a ser um dos *Inputs* das Cooperativas.

A técnica *Just in Time* (*JIT*) emergiu no Japão, da década de 70, sendo a ideia básica creditada à Toyota, fabricante japonesa de automóveis, que desenvolveu o *Toyota Production System* (TPS) para aumentar a eficiência da fábrica e eliminar todos os desperdícios, com o objetivo de reduzir custos e aumentar a qualidade e a velocidade de entrega do produto aos clientes. Fundamentalmente, a filosofia *JIT* requer o insumo, neste caso o REEE, na hora certa, no tempo certo a fim de não ter estoque. A técnica *JIT* é uma das ferramentas do *Lean Manufacturing* (LM). As principais ferramentas para o LM são: Mapeamento do fluxo de valor, Kaizen, Kanban, Padronização, 5S's, Redução de Setup, TPM (*Total Productive Maintenance*), Gestão Visual e Poka-Yoke (*Mistake Proofing*), além do *JIT*. O termo Lean Manufacturing (manufatura enxuta) foi primeiramente utilizado por John Crafick, pesquisador do MIT (Massachusetts Institute of Technology) para definir o novo sistema de produção idealizado por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno da Toyota. Pela sua abrangência forçou a mudança cultural em muitas organizações, trazendo uma nova filosofia de gestão organizacional (Womack et al, 2004).

A implementação da filosofia *Just-in-Time* (*JIT*) é uma alternativa viável visto que exige a chegada dos materiais no tempo certo, na hora certa e de alta qualidade. Para a implementação do LM, a primeira ação a ser tomada é justamente com a direção da empresa. É uma proposta de mudança de mentalidade, valores e disciplina visando à satisfação do cliente. A eliminação de qualquer forma de desperdício, ou atividades que não agregam valor para o negócio e para o cliente é o foco da filosofia. Toda a alta hierarquia, líderes de produção até os operadores e devem estar sintonizados a este tipo de problema e maximizar os resultados. Ballou (2006) conceitua o *JIT* como sendo uma filosofia de

planejamento em que todo o canal de suprimentos é sincronizado para reagir às necessidades das operações dos clientes, seu benefício é operar o canal com o mínimo de estoque possível e as economias e/ou melhorias nos serviços resultantes. Ching (2010) menciona que o *JIT* requer alguns princípios como qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e compromisso para que o objetivo do *JIT* seja efetivo em relação à eliminação de desperdício. Bertaglia (2003) enfatiza que uma das bases do *JIT* refere-se se à utilização do sistema Kanban (sistema criado pela Toyota, que empregava determinado cartão para avisar a necessidade de entregar certa quantidade de peças, e outro cartão, semelhante, para avisar a necessidade de produzir maior quantidade da mesma), pois ele é responsável diretamente pelo sincronismo do fluxo de materiais no setor de produção, visto que o sistema Kanban tem por objetivo principal ajustar à manufatura às necessidades de demanda, produzindo na quantidade certa e no momento certo. Dias (2011) classifica os objetivos do *JIT* como: Minimização dos prazos de fabricação dos produtos finais; redução contínua dos níveis de inventário através do enfrentamento dos problemas da manufatura; redução dos tempos de preparação de máquina, a fim de flexibilizar a produção; redução ao mínimo do tamanho dos lotes fabricados, buscando sempre o lote igual à unidade; liberação para a produção através do conceito de ''puxar'' estoques, ao invés de ''empurrar'', em antecipação à demanda e a flexibilidade da manufatura pela redução dos tamanhos dos lotes, tempos de preparação e tempo de processo. Segundo (Silva, Cecchetto e Costa 2000), a filosofia *JIT* tem os seguintes aspectos básicos: Eliminação de Desperdício através do Controle de Qualidade Total; Esforço contínuo na resolução de problemas; Manufatura do fluxo de produção estável e contínuo (evitar interrupções); Buscar a simplificação contínua, visando a melhoria dos processos; Considerar fornecedores e clientes como extensão do processo de manufatura; Funcionários polivalentes e Comprometimento total dos mesmos com enfoque para o relacionamento Cliente x Fornecedor; Estabelecer o controle visual e comunicação entre os processos produtivos e utilização do Sistema Kanban como técnica de controle de reabastecimento, reposição e manutenção. Segundo Shah & Ward (2003), a abordagem da Manufatura Enxuta (ME) engloba ampla variedade de práticas gerenciais, incluindo o *JIT*, sistemas de qualidade, manufatura celular, entre outros. De acordo com Werkema (2006), os benefícios na redução de desperdícios são apresentados na **Fig. 1**.

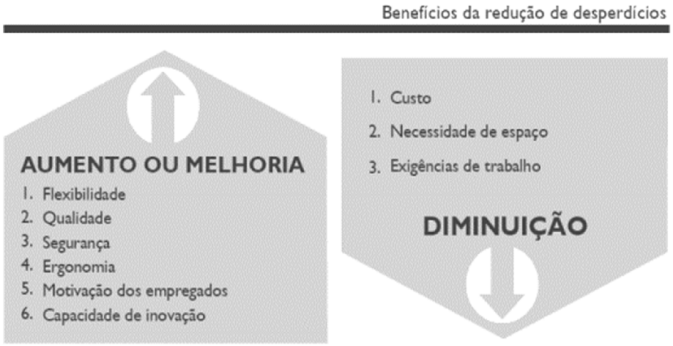


Fig. 1. Benefícios da redução de desperdícios obtidos através do Lean Manufacturing

Na logística direta, quando o número de produtos não pode atender a demanda do produto, outro lote de produção deve ser produzido para atender o fornecimento insuficiente. Na logística direta os insumos são fornecidos por demanda da produção. Em logística reversa (LR) onde o prazo para a recuperação e a quantidade de materiais recuperados são incertos, é possível aguardar indefinidamente para a próxima produção do lote. Uma vez que estas incertezas de LR são muito ineficientes, o grande desafio é aliar à técnica *JIT* e a LR, visto que ambas estão relacionadas com a redução do impacto sobre o meio ambiente. A técnica *JIT* pode ser aplicada tanta na logística direta quanto reversa.

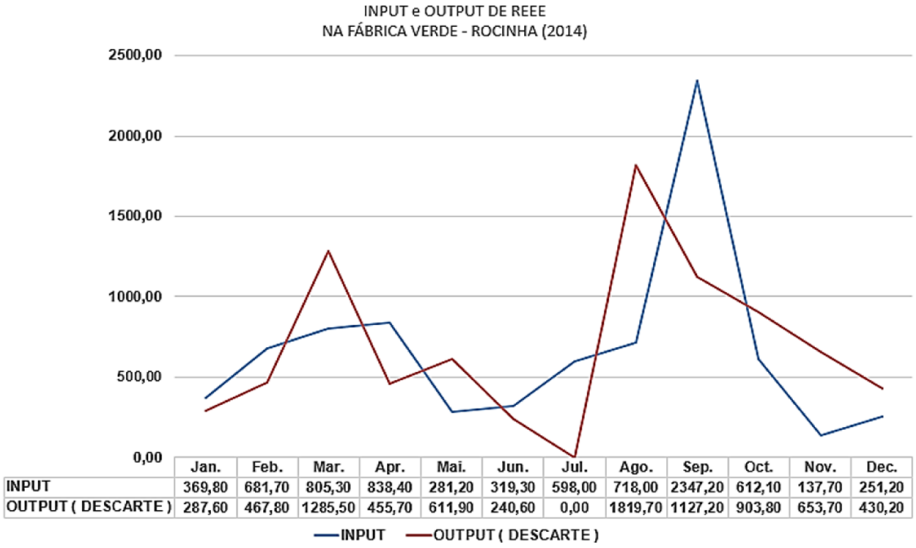
Este trabalho tem como objetivo desenvolver e aplicar os conceitos de *Just in Time* (*JIT*) em uma fábrica de reciclagem REEE (Fábrica Verde) a fim de estruturar uma cadeia de suprimentos (fluxo logístico) onde as grandes empresas, ONG e comunidades locais são os geradores iniciais dos REEE sendo estes os insumos da Fábrica Verde.

2. Método

Realizou-se uma pesquisa em campo na Fábrica Verde afim de conhecer o processo de fabricação na unidade. Identificou-se na visita, as empresas geradoras de REEE, os potenciais clientes e fornecedores e os S*takeholders* envolvidos na cadeia de suprimentos. A pesquisa em campo, também foi realizada em cooperativa de catadores e também em empresa exportadora de sucata digital. Os dados mensais referentes às entradas(Inputs) e saídas(Outputs) dos REEE foram coletados através de entrevistas técnicas com os responsáveis das empresas. Para que a técnica *JIT* seja aplicada na Fábrica Verde, é necessário que seja estimada a quantidade de REEE enviados pelos diversos fornecedores, com base em valores médios semanais, mensais e anuais, assim como sua variabilidade a fim de obtermos dados de entrada o mais acurado possível. Dessa forma, a produção pode ser planejada em termos da quantidade a ser produzida assim como os tempos envolvidos em cada etapa da produção. Uma pesquisa também foi realizada na base SCOPUS com a String "JUST IN TIME" onde resultou em 9.140 publicações, enquanto a String "REVERSE LOGISTICS" resultou em 1.880 publicações. Nota-se que ao usar a lógica booleana "*AND"* para "JUST IN TIME" **AND** "REVERSE LOGISTICS", a quantidade de publicação é reduzida para 7, o que mostra que é um tema recente e bastante ainda a ser explorado.

3. Resultado

Baseado na coleta de dados realizado na FV, a Fig.2 representa a evolução de Input e Output de REEE.



	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
INPUT	369,80	681,70	805,30	838,40	281,20	319,30	598,00	718,00	2347,20	612,10	137,70	251,20
OUTPUT (DESCARTE)	287,60	467,80	1285,50	455,70	611,90	240,60	0,00	1819,70	1127,20	903,80	653,70	430,20

Fig. 2. Evolução de Input e Output de REEE na Fábrica Verde

Na Fábrica verde foram caracterizados o total de 25 itens. Para uma análise mais detalhada do Input dos REEE, foram selecionados os 5 maiores correspondendo a 20% da amostra no total de item, porém, cerca de 81% do total da entrada do REEE que foi de 7.959.90 Kg em 2014. A **Fig. 3** representa a evolução dos 5 maiores *Inputs* em Kg**.**

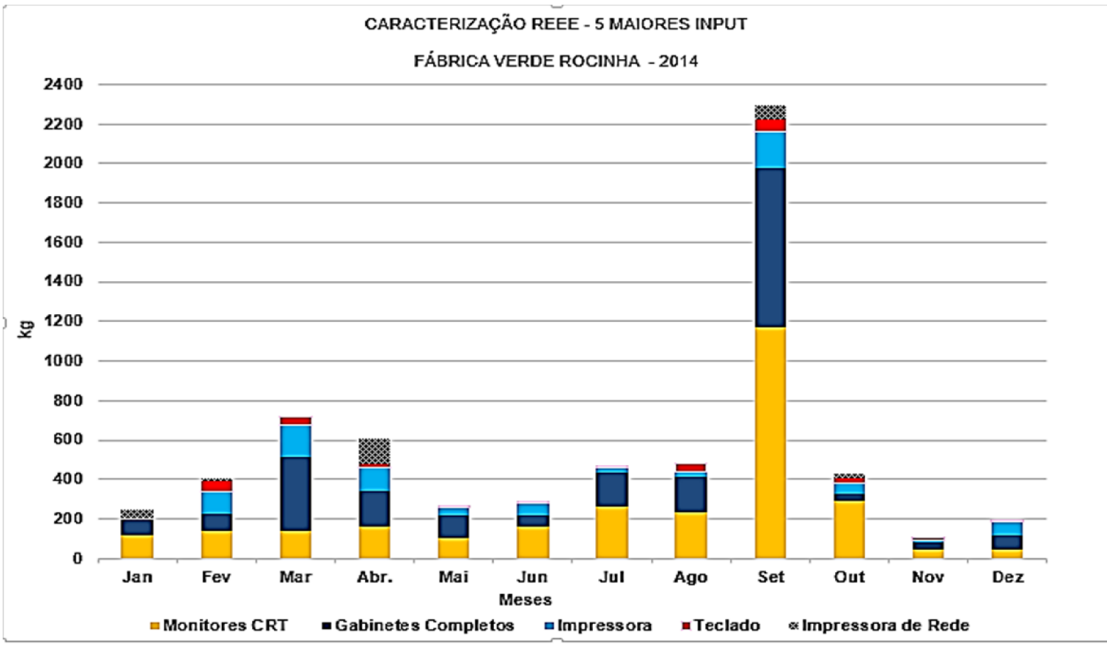


Fig. 3. Caracterização dos 5 maiores REEE na Fábrica Verde em 2014

No intuito de mapear os atores envolvidos na Fábrica Verde e acompanhar o destino de cada entrada e saída de REEE na cadeia de suprimento, é apresentado na Fig.4, o fluxograma da Fábrica Verde em 3 etapas (Coleta, Pré-tratamento e Tratamento) do REEE.

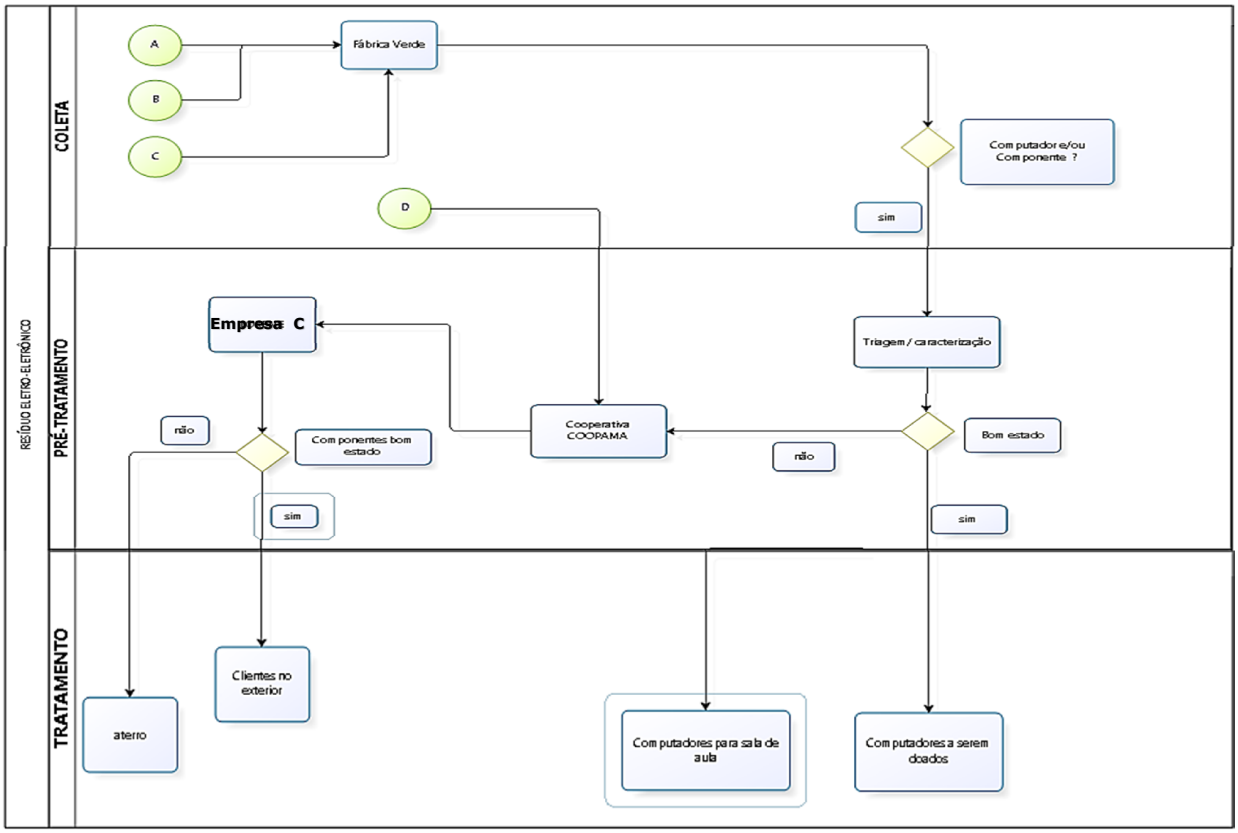


Fig. 4. Fluxo da cadeia logística da Fábrica Verde

As empresas geradoras de resíduos A geraram Input de 7.959,90 Kg. A partir desta quantidade, foi verificado que cerca de 62% dos REEE são descartados, 34% do total é doado e 4% são destinados para a sala de aula. Os resíduos descartados são enviados para cooperativas de catadores. Essas cooperativas empregam funcionários que muitas vezes não tem qualificação para realizar a desmontagem de certos equipamentos eletroeletrônico e isso requer treinamento. A filosofia *Just in Time* é pertinente e deve ser aplicado junto à Logística Reversa. Um treinamento adequado visa à melhor caracterização dos REEEs evitando não só um erro na separação dos mesmos, mas também o desperdício. Funcionários mal treinados podem descartar REEE direto para o aterro. Como sugestão de melhorias, é também possível implementar 5S e gestão à vista de indicadores de produção, podendo reduzir assim o percentual de descarte inicial. Esse total de 62% resultante do descarte inicial da Fábrica Verde, que torna-se o insumo de produção da cooperativa, é acrescentado com a quantidade de resíduos das empresas geradora B representado por empresas que doam os resíduos, tais como: Nuclep, Ypiranga, Eternit, Órgãos Federais entre outras. A FV é fornecedora de resíduos para a Cooperativa assim como a fonte geradora B. Na cooperativa, essa quantidade total é separada, caracterizada e em seguida, é vendido para novos clientes, como por exemplo, a empresa C que não realiza a desmontagem de produtos eletroeletrônicos e compra somente componentes já caracterizados por essas cooperativas. As cooperativas então, fornecem esses componentes às diversas empresas que tem como cliente potencial empresas no Brasil e no exterior. O que não for aproveitado é destinado aos aterros sanitários. Percebe-se que a cadeia logística é ampla e requer cuidado para tratar os resíduos. A relação cliente-fornecedor deve ser muito estreita a fim de que os resíduos possam ser o máximo reaproveitados e serem inseridos novamente na cadeia sem haver necessidade de se requisitar mais matéria-prima reduzindo assim, o uso de recursos naturais cada vez mais escassos. Outra sugestão de melhoria é o uso do Kanban. Ao invés de se utilizar listas de produção extraídas do MRP (Material Requirement Planning) ou listas de pendências de vendas, a fabricação é controlada por sinais visuais e/ou eletrônicos de produção e estoque. Na FV, a sugestão seria da seguinte forma. É elaborado uma tabela com o tempo de produção (tempo de caracterização)

a cada entrada de 25 kg de REEE. Após 40 entradas, ou seja, a entrada 1.000kg, temos uma tabela de 40 tempos (T) que servirão de base para uma média do tempo (Ω) de caracterização desses resíduos, representado pela Equação 1.

$$\Omega = \sum_{1}^{40} T /_{40}$$

Supondo o tempo médio sendo Ω, ou seja, é necessário ter Ω minutos para caracterizarmos 25 kg. Dessa forma, o tempo médio de produção a cada 1kg é dado por β representado pela Equação 2.

$$\beta = \Omega /_{25}$$

Supondo que μ é o tempo de entrega do insumo pelo fornecedor, ou seja o Lead Time (LT).

A filosofia do Kanban contribui na logística reversa da seguinte forma: Supõe-se que a produção no turno 1 e com apenas 1 operador treinado. O Input é de 100kg. Sabe-se então, que o tempo médio de produção será de 100β. O operador deve acionar o Kanban ao fornecedor de forma eletrônica de forma que o REEE chegue na produção antes de faltar este insumo para os operadores não ficarem parados. Esse cálculo será dado pelas variáveis $\boldsymbol{\beta}$ ***e*** μ**.** Temos os seguintes cenários.

Cenário 1. Se, o processo flui normalmente

Cenário 2. Se, o processo está no limite e devemos acionar o fornecedor, usando o Kanban de forma eletrônica, por exemplo, e-mail.

Cenário 3: Se, o processo irá parar e os recursos produtivos são desperdiçados, gerando custos para a empresa.

4. CONCLUSÃO

A variabilidade na geração do insumo, assim como a não periodicidade de entrega dos mesmos, dificulta a implantação da filosofia *JIT* tornando-a desafiadora sua implantação. Assim, a proposta é a inserção do Kanban também nas cooperativas de catadores que devem acionar à FV para realizar as entregas. Os cartões são de forma eletrônica. Conhecendo por exemplo, o lead-time de entrega do produto na cooperativa pela FV, a cooperativa programa-se para receber o material (a quantidade de reabastecimento) no momento da necessidade real do reabastecimento, minimizando assim, os estoques. Desta forma, pode-se definir uma periodicidade na entrega, visto que não é tão simples trabalhar com uma demanda não definida. Definindo o tempo médio de produção para caracterizar os REEE em um determinado volume X de entrega, podemos através da ferramenta Kanban, uso de cartões, neste caso será de forma eletrônica, acionarmos antecipadamente o fornecedor sobre a necessidade de mais insumos para continuarmos a produção. O modelo de processo com *JIT* na

Fábrica Verde pode ter um melhor controle do custo e eficiência das atividades de logística reversa que tem recebido cada vez mais atenção, tanto do mundo acadêmico e indústrias (Jayant, Gupta & Garg 2012; Nikolaou & Evangelinos 2013). É necessário um melhor entendimento do processo da geração de REEE na fonte e a relação cliente-fornecedor deve ser bem estreita. É notório que é um grande desafio aliar as filosofias LR e *JIT* visto que demanda não definida torna-se mais complexo. Entretanto, é motivador e sabemos que ambas filosofias estão relacionadas com a redução do impacto sobre o meio ambiente.