

APLICAÇÃO DE SISTEMA DE CONTROLE RFID NA EXPEDIÇÃO DA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA

José Carlos Jacintho (IFSP) jcj5847@yahoo.com.br
Pedro Fernando Poveda (IFSP) pedrofpoveda@gmail.com
Ridnal J.Nascimento ridnal@uol.com.br
Thomas Nave Cevoli (IFSP) thomascevoli@gmail.com
Vinicius Hidalgo Ribeiro (IFSP) vini.hr@gmail.com

Resumo

O processo de expedição de etanol nas indústrias sucroalcooleiras é fundamental para a eficiência da sua logística de distribuição tanto quanto o transporte do produto. O objetivo deste trabalho é propor uma solução de controle e gestão do processo, a partir da implementação de um sistema de monitoramento de tempos com o uso de tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID). A solução proposta tem a função de medir, de maneira automatizada, os lead times das etapas que compõem o processo de expedição dos caminhões-tanque nas usinas de etanol, registrando-os em um banco de dados junto às informações específicas de cada veículo e operação. A tecnologia RFID está diretamente ligada aos conceitos da logística 4.0 por meio da Internet das Coisas. Com a aplicação dos conceitos fundamentais abordados pela Indústria 4.0 neste projeto, será possível obter indicadores de desempenho e exercer o monitoramento em tempo real da operação, viabilizando a construção de relatórios e análises, identificação de falhas e a tomada de decisão estratégica a curto, médio e longo prazo, fatores que contribuem com a busca pela melhoria contínua neste processo.

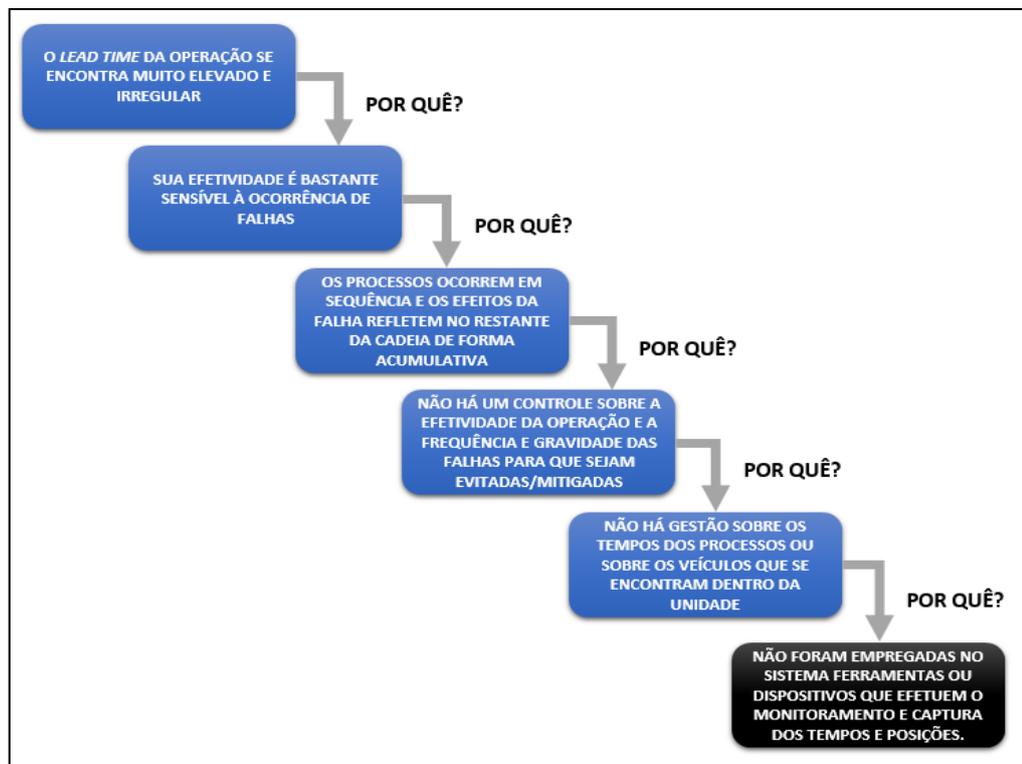
Palavras-Chaves: *indústria sucroalcooleira, RFID, indústria 4.0, lead time.*

1. Introdução

O Brasil é o 2º maior produtor mundial de etanol combustível, com uma produção de 28,6 bilhões de litros em 2014 (RFA, 2015) e se destacando pela alta tecnologia utilizada em seu processo de fabricação. Apresentando-se como alternativa limpa e sustentável aos combustíveis fósseis, o etanol possui vantagens como a redução de cerca de 89% na emissão de gases do efeito estufa, matéria-prima renovável e sustentável, além de sua produção gerar outros subprodutos úteis à produção de energia limpa (DE SOUZA; MACEDO, 2010).

Atualmente, nos principais players produtores de etanol do mercado brasileiro, o *lead time* do processo de expedição do produto nas usinas e faturamento do volume vendido, são bastante elevados. Apesar da alta tecnologia utilizada na produção do etanol, há pouco investimento do setor sobre a gestão do desempenho desta etapa de sua logística *outbound* (processos de transporte, armazenagem e entrega de bens e serviços ao cliente), o que limita a capacidade de expedição das usinas, pois as falhas, irregularidades e atrasos intrínsecos em suas etapas não são devidamente medidos e apurados. Ver figura 1 que mostra causas e efeitos.

Figura 1 – Aplicação da matriz dos 5 por quês



Fonte: Autores

Quando uma falha ocasiona um atraso, ela possui efeito em cadeia nas etapas seguintes do processo, ocasionando filas e comprometendo toda a operação do turno, porém acaba não tendo sua causa identificada. Além disso, em determinados períodos do ano em que a safra alcança picos produtivos, a expedição limitada causa estoque elevados, o que torna necessária a interrupção da produção e a perda da matéria-prima, causando grandes prejuízos.

O estudo aqui apresentado está pautado no desenvolvimento de soluções que aprimorem o controle e a gestão sobre o processo de expedição de uma usina de etanol, etapa em que o produto estocado é carregado em caminhões-tanque, concretizando sua venda e faturamento,

para que seja então transportado até o cliente final. Há possibilidades para implementação de ferramentas de monitoramento do processo, de forma que sejam feitas análises com o intuito de identificar gargalos produtivos, falhas e outros possíveis problemas no processo. Para isso, é necessário desenvolver uma base de dados sólida, com informações capturadas de forma automatizada, com alta acurácia e aderência ao maior número possível de amostras.

O objetivo deste estudo é a implantação de soluções de simples integração a um modelo de sistema de expedição existente em uma usina de etanol, com capacidade para automatizar a geração de indicadores de desempenho e monitorar continuamente as etapas contidas no fluxo: as soluções serão desenvolvidas com base na captura e registro do lead time das etapas que compõem o processo em um banco de dados e na identificação dos dados do veículo e da operação de cada registro, de forma a monitorar as movimentações dos veículos em tempo real e conceber relatórios contendo os indicadores de desempenho da expedição das usinas, possibilitando a análise da influência de cada fator sobre os tempos. Os conceitos aqui aplicados seguem a linha de filosofias de gestão como o *lean manufacturing*, filosofia de gestão focada na redução dos desperdícios (LEAN INSTITUTE, 2010), que por consequência teriam como efeito a elevação do nível de serviço e produtividade do sistema de expedição, por meio de seu estudo e aprimoramento contínuo.

2. Metodologia

Este trabalho é um estudo de caso da implementação de um sistema de mapeamento de tempos dos setores que compõem a expedição da indústria sucroalcooleira. Isso pois é uma pesquisa aplicada que busca determinar se a aplicação do sistema na prática trará os resultados esperados. O projeto implementa o conceito de comunicação entre dispositivos conectados entre si por uma rede, a Internet das Coisas (IBM, 2016), aplicando-o à tecnologia e dispositivos industriais por meio de sistemas automatizados RFID (FREITAS, 2016). Neste cenário, o projeto em questão irá mapear os tempos de cada etapa na expedição da planta com enfoque qualitativo (LÜDKE; ANDRÉ, 1992) já que visa implementar soluções de controle que apontem o lead time total da operação de expedição e de cada uma de suas etapas, recurso inexistente no cenário atual. Seguindo o contexto da indústria sucroalcooleira, buscou-se um sistema automatizado e de baixo custo para a aplicação neste mercado, estimando o ganho em produtividade geral e redução de desperdícios, o que será abordado a seguir.

3. Contexto Atual

Os processos de carregamento e expedição do produto são as últimas etapas da sua cadeia de comercialização, sendo que no momento do despacho do caminhão carregado da unidade é gerada a nota fiscal de venda daquele volume e seu próximo destino será sua entrega ao cliente final ou sua descarga em terminais de transbordo para outros modais de transporte.

O processo a ser analisado neste estudo pode ser dividido nas seguintes etapas: chegada do veículo na unidade, fila de espera, conferência e emissão de documentos, pesagem inicial, carregamento, pesagem final e emissão da nota fiscal (faturamento). A figura 2 é a visão aérea de uma unidade produtora de etanol e açúcar que mostra a localização dos setores onde ocorrem as etapas citadas:

Figura 1 - Imagem aérea dos setores do sistema de expedição do modelo estudado



Fonte: Autores

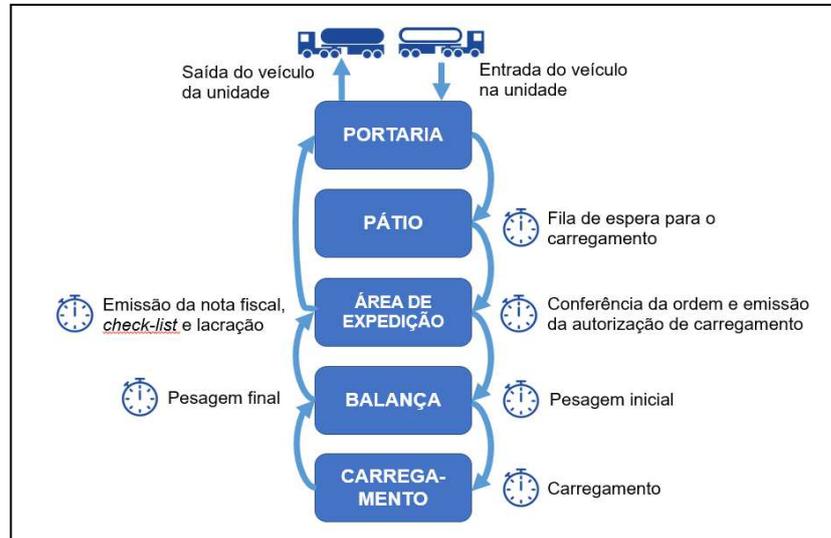
4. Desenvolvimento da solução

4.1. Mapeamento dos tempos

Os macroprocessos que compõem o sistema de carregamento e expedição podem ser classificados e mapeados de acordo com o setor responsável pela sua execução.

Para que o veículo avance para a etapa seguinte, é necessária sua movimentação entre os setores da unidade, e a captura destes movimentos pode ser feita através de um dispositivo embarcado no caminhão que contenha uma tecnologia de rastreamento. Utilizando-se os registros dessas movimentações do veículo como referências para obter-se o tempo de permanência do veículo em cada setor, é possível medir o lead time dos macroprocessos contidos no sistema de carregamento e expedição:

Figura 2 - Identificação das movimentações que caracterizam o lead time de cada etapa do processo



Fonte: Autores

A captura das movimentações possibilita também monitorar em tempo real a posição do veículo, indicando, através de um painel em um monitor, informações como o número de veículos em cada setor, a posição de um veículo em específico e a formação de filas, contribuindo como uma útil ferramenta de gestão para os analistas de logística e as equipes de expedição das unidades.

4.2. Tecnologia de rastreamento

A tecnologia selecionada para registrar as movimentações foi o RFID, que identifica a aproximação de dispositivos a partir da captura e leitura das ondas de radiofrequência emitidas pelos mesmos. A decisão foi feita com base no baixo custo de aquisição de seus dispositivos, além de sua eficiência na transmissão dos dados dentro do alcance estipulado para a implantação no modelo estudado.

Basicamente, o sistema de RFID consiste de uma pequena *tag* instalada em um objeto físico. Quando aproximada de uma antena receptora de sinal (*transponder*), o sistema da *tag* responde com uma identificação, trazendo assim as informações de identificação e o horário. As *tags* RFID possuem um código de identificação único, que será associado a cada veículo no momento de entrada na unidade, como será mostrado a seguir. A estrutura de códigos da

tag é gravada na memória de cada uma delas, e transmitidas ao banco de dados utilizando o RFID *Middleware*, o qual é a conexão entre as antenas, *tags* e softwares das empresas. Este sistema não apenas gerencia o leitores mas também filtra, agrega e organiza os dados. É essencialmente a conexão entre *hardware e software* deste sistema (PAIS, SYMONDS, 2011).

Dessa maneira, a identificação da *tag* embarcada no veículo rastreado é registrada juntamente à posição física e horário em que ocorreu a leitura e enviadas aos leitores, para ser filtrada e organizada pelo *Middleware* e armazenada no banco de dados. Para a captura de movimentos utilizando RFID em tempo real, é utilizada uma *tag* semiativa. Esta *tag*, que possui uma bateria interna, é instalada em um cartão leve e compacto com um adesivo contendo seu número de identificação.

O cartão-*tag* deverá ser entregue ao motorista pelos funcionários da portaria no momento de entrada na unidade, e deverá permanecer no veículo durante todas as etapas do processo até sua conclusão, quando deverá ser devolvida à portaria no momento de saída do veículo para seguir viagem. A *tag* transmite um sinal em uma frequência de rádio com identificação única e que será captado pelas antenas distribuídas entre os setores da unidade, que por sua vez determinarão a etapa do processo em que o veículo se encontra de acordo com sua passagem pelos leitores. Ao referenciar as etapas do processo com base nas movimentações do veículo, informando quais deslocamentos representam o início e fim de cada etapa, estabelece os tempos a ser medidos, conforme demonstrado no Quadro 1:

Quadro 1 - Identificação das leituras que configuram o início e fim de cada etapa

Etapa	Início da medição	Fim da medição
Início do ciclo	Portaria	Pátio de espera
Fila de Espera	Pátio de espera	Área de faturamento
Conferência de Documentos	Área de faturamento	Balança
Pesagem Inicial	Balança	Carregamento
Carregamento	Carregamento	Balança
Pesagem final	Balança	Área de faturamento
Faturamento	Área de faturamento	Portaria

Fonte: Autores

Quando for detectado que o veículo está de saída da unidade, caracterizado pela leitura do sinal da *tag* pela antena da portaria em sequência de sua leitura pela antena da área de faturamento, será registrado o fim daquele ciclo, sinalizando a conclusão do circuito desta *tag*

por todas as etapas da expedição. Os próximos registros de leitura desta *tag* serão atribuídos a um novo ciclo, referente a outro carregamento.

Para garantir que ocorra a leitura das *tags* pelas antenas dado seu alcance limitado e que essa leitura marque com precisão o momento de passagem para a próxima etapa, os leitores serão instalados próximos às vias pelas quais os veículos acessam os setores.

As antenas deverão ser distribuídas pelas vias da unidade nos trechos localizados entre os acessos dos setores, de forma que a posição das *tags* sejam interceptadas pelos leitores.

O tempo de duração de cada etapa será calculado a partir dos horários em que houve o registro de passagem pelos leitores que marcam seu início e fim (conforme apontado no Quadro 1) atribuindo os tempos decorridos entre as leituras como sendo os *lead times* de cada etapa, que serão identificadas por um código. A união dos tempos das etapas coletados formará o tempo do ciclo completo daquele veículo na usina, e esse ciclo também deverá ser identificado por um código, gerado a partir da data e do número de ciclos executados pela *tag* no dia.

4.3. Identificação dos veículos

Para viabilizar a atribuição dos dados de cada veículo e operação aos seus respectivos tempos registrados, deverá haver um sistema responsável pela integração do banco de dados contendo os registros de tempos das movimentações com o banco de dados do sistema de gestão de agendamentos da empresa. Este último, por sua vez, é tido como recurso essencial para a gestão das filas e da logística *outbound* em geral, estando presente nas principais empresas do setor. Nele, os transportadores (empresas terceirizadas, proprietárias de frotas de caminhões-tanque que efetuam a retirada e transporte do produto ao seu destino) efetuam o agendamento da operação de carregamento de cada veículo, inserindo suas informações e gerando uma ID. Esta ID deverá ser cadastrada pela portaria no momento de entrada do veículo, junto à identificação do cartão-*tag* entregue, no sistema de integração dos bancos de dados (Sistema de Cadastro de *Tags*). A integração entre os sistemas permitirá relacionar os tempos registrados durante aquele ciclo da *tag* na usina às informações do ID de agendamento, contidas no banco de dados do sistema de gestão de agendamentos.

5. Resultados

5.1. Indicadores e relatórios

Após sua coleta e registro em um banco de dados, as medições dos tempos são extraídas em formato de tabelas de valores para uma planilha do *Excel*, onde são analisadas através de uma tabela dinâmica. São gerados os seguintes indicadores do sistema:

- *Lead time* por setor/etapa (hh:mm): tempo de permanência médio dos veículos em cada setor do sistema de expedição;
- Composição do *lead time* total (%): parcela média correspondente a cada etapa na composição do *lead time* do processo completo;
- Desvio padrão do *lead time* (hh:mm): grau de variação dos tempos, de forma a medir sua regularidade;

A partir dos *KPI*'s, são desenvolvidos relatórios de desempenho do sistema de expedição, que serão gerados e distribuídos periodicamente entre as equipes de operação e gestão logística responsáveis, permitindo o acompanhamento de sua performance e a evolução da mesma ao longo do tempo, tanto através de uma visão resumida e gerencial quanto por aberturas específicas por polo, unidade, setor, produto, entre vários outros possíveis fatores.

5.2. Painel de Monitoramento

O Painel de Monitoramento traria a posição atualizada dos veículos na unidade e o tempo de duração de seus macroprocessos, como mostrado abaixo na Figura 4:

Figura 4 – Modelo do Painel de Monitoramento

PLACA	HORÁRIO AGENDADO	STATUS	TEMPOS						TEMPO TOTAL
			FILA DE ESPERA	CHECAGEM	PESAGEM INICIAL	CARREGAMENTO	PESAGEM FINAL	EXPEDIÇÃO	
EBU-6558	15:00 – 16:00	FILA DE ESPERA 	-	-	-	-	-	-	-
BNK-0182	15:00 – 16:00	CHECAGEM 	02:50	-	-	-	-	-	02:50
TFT-9374	14:00 – 15:00	CARREGAMENTO 	03:05	00:40	00:38	-	-	-	04:23
OAI-2575	14:00 – 15:00	CARREGAMENTO 	02:43	00:50	00:45	-	-	-	04:18
DDF-3046	13:00 – 14:00	EXPEDIÇÃO 	02:58	00:43	00:32	00:42	00:32	-	05:27
OPX-4531	13:00 – 14:00	FINALIZADO	02:47	00:38	00:38	00:53	00:43	00:30	06:09

Fonte: Autores

O painel prestaria grande apoio às equipes de expedição das unidades, que passariam a ter visibilidade sobre o desempenho e a demanda atual de cada setor e do sistema como um todo. Um monitor também seria disposto no escritório da equipe de gestão logística, possibilitando uma visão geral sobre a operação das unidades e a fácil identificação de veículos específicos para efetuar checagens de rotina.

5.3. Gestão e produtividade

Com o advento de um sistema de coleta e análise de dados, torna-se possível acompanhar em tempo real as operações de expedição nas usinas, obtendo-se previsibilidade para efetuar ações de planejamento e gestão em curto prazo e reações rápidas contra falhas e interrupções no fluxo. A partir da concepção automatizada de uma massa de dados, podemos investigar das causas dessas falhas e oportunidades de melhoria nos processos, e que quando relacionada às informações coletadas nos diferentes sistemas alimentados durante o carregamento de um veículo, poderá apontar tendências dos fatores estudados sobre a formação desses tempos, como a capacidade do caminhão, o tipo de frete, período do dia, unidade, entre outros fatores. A partir do conhecimento obtido, será possível promover mudanças nos procedimentos onde forem identificados tempos de duração mitigáveis ou que estejam sendo pouco aproveitados. Dessa forma, ao eliminar as falhas e desperdícios de tempo, o *lead time* da operação é reduzido, aumentando a produtividade, a capacidade de atendimento e o nível de serviço da unidade. Esse conceito é fundamental à filosofia de gestão *lean manufacturing*.

5.4. Oportunidades comerciais

A redução do chamado “tempo de usina”, que compreende o *lead time* total de carregamento e expedição de cada veículo, possui influência sobre fatores do negócio que contribuem diretamente com seu lucro, tais como:

5.4.1. Redução em custos de frete

As frotas de caminhões que realizam os fluxos de entrega CIF (com responsabilidades de transporte da empresa comercializadora do etanol) pertencem a empresas transportadoras terceiras, que firmam contratos de atendimento de grandes volumes antes do início da safra e que são vigentes até o final da mesma, com um preço de frete unitário (custo de transporte para cada 1 m³ de etanol) pré-estabelecido para cada período do ano. Para o transportador, o período em que os motoristas permanecem ociosos nas usinas aguardando entre as etapas do seu atendimento representa perda de produtividade, pois os custos fixos tanto do motorista quanto do veículo parados não estão sendo efetivamente convertidos em faturamento. Portanto, a redução dos tempos de usina contribui com produtividade também ao transportador, que observa uma maior rotatividade de seus ativos, o que torna sua operação mais lucrativa. Na indústria de etanol, um produto de origem primária e baixo valor agregado, há pouco investimento na logística outbound, de forma que os tempos de usinas dos principais players do mercado costuma ser bastante elevado. Dessa forma, soluções com potencial

competitivo aos transportadores são grandes trunfos no momento da negociação dos custos de frete unitário, um fator essencial para a lucratividade do negócio: reduzindo-se o custo de frete unitário em R\$ 1,00 em um fluxo em que é movimentado um volume de 1.000.000 m³ de etanol por safra, obtém-se uma economia de R\$ 1.000.000,00.

5.4.2. Captura de contratos FOB

Nos contratos de entrega FOB, em que o produto é retirado das unidades por veículos de uma transportadora contratada pelo próprio cliente, a redução do lead time do processo de expedição significaria um grande aumento no nível de serviço: para os clientes, uma operação de logística *outbound* mais enxuta e produtiva representa confiabilidade e qualidade, o que leva à procura por firmar parcerias e contratos visando a aquisição de maiores volumes. Dessa forma, conclui-se que a melhoria proposta aparece como um diferencial importante também para a captura de novos clientes e de melhores contratos de atendimento junto aos clientes atuais, tanto nas vendas com entrega CIF quanto FOB.

6. Conclusão

No sistema anterior à implantação das melhorias, não havia visibilidade sobre o lead time dos processos e a formação de filas. Sem o auxílio de um sistema que realize de forma automatizada e contínua o monitoramento da posição dos veículos e do tempo consumido durante a execução de cada fase do processo, seria inviável efetuar a coleta de dados, pois para suportar análises plausíveis é necessário assegurar a exatidão empregada na coleta dos dados e a aderência desta coleta ao número máximo de veículos. Sem a coleta adequada desses dados, torna-se impossível estabelecer um padrão de desempenho para avaliar a eficiência da operação no processo de carregamento e expedição, acompanhar sua evolução e identificar fatores carentes de melhorias.

Com a aplicação do sistema RFID, um operador estará online visualizando as posições dos veículos e detectando os possíveis defeitos. Além disso, o histórico é preciso já que cada tag identifica exatamente qual o tipo de caminhão e um problema específico na linha de carregamento pode ser analisado futuramente para projetos futuros. As melhorias estão diretamente relacionadas às tecnologias mais avançadas na indústria 4.0: o sistema RFID é parte importante do sistema da *IoT*. Consolidar as informações, filtrá-las e analisá-las para garantir futuramente um controle simples da expedição.

Por fim, a melhoria proposta possui potencial para otimizar não só as operações logísticas da unidade mas também dos clientes e das transportadoras, pois contribui com a competitividade

e seus níveis de serviço ao reduzir tempos e custos, eliminar falhas, gargalos e prover um monitoramento contínuo sobre sua performance.

REFERÊNCIAS

DE SOUZA, Eduardo L. L.; MACEDO, Isaias C. *Etanol e Bioeletricidade: A cana de açúcar no futuro da matriz energética*. São Paulo, 2010. 314p.

FREITAS, Matheus; FRAGA, Manoela; DE SOUZA, Gilson. *Logística 4.0: Conceitos E Aplicabilidade: Uma Pesquisa-Ação Em Uma Empresa De Tecnologia Para O Mercado Automobilístico*. Curitiba, Paraná. 2016.

IBM - “What is the IoT?”. Disponível em: <<https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/what-is-the-iot/>>. Acesso em 01 de Novembro de 2017.

LEAN INSTITUTE BRASIL – “Logística Inbound e Outbound”. São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/workshop/89/logistica-inbound-e-outbound.aspx>>; Acesso em 13 de Novembro de 2017.

LEAN INSTITUTE BRASIL – “What’s Lean”. São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://www.lean.org/WhatsLean/>>; Acesso em 13 de Novembro de 2017.

LUDKE, Menga; ANDRÉ, Marli. *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. São. Paulo, EPU. Mcniff, Jean. 1992.

PAIS, Sarita; SYMONDS, Judith. *Data Storage On A RFID Tag for a Distributed System*. Whitireia Community Polytechnic. Auckland, Nova Zelândia, 2011.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION (RFA) – “Industry Statistics”. Disponível em: <<http://www.ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1454099103927-61e598f7-7643>>; Acesso em 01 de Novembro de 2017.

TYAGI, Sapna; KHAN, M Ayoub; ANSARI, A Q. *RFID Data Management*. Institute of Management Studies, Ghaziabad. Nova Deli, Índia, 2012.

WATSON, Thomas. *Simple Cost Analysis for RFID Options*. Itak Information Technology Asset Knowledge, 2015. Disponível em: <<http://itak.iaitam.org/simple-cost-analysis-for-rfid-options-choice-must-fit-the-organizations-needs-and-budget/>>. Acesso em 10 de Novembro de 2017.