

MODELO DE APLICABILIDADE DE SISTEMA RFID PARA RASTREABILIDADE NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Daniel Prediger,¹ Sidnei Renato Silveira,¹ Edison Pignaton de Freitas²

¹ Universidade Federal de Santa Maria/Brazil

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Brazil

daniel_prediger@hotmail.com, sidneirenato.silveira@gmail.com, edisonpf@gmail.com

Resumo: A rastreabilidade de produtos durante o processo de produção apresenta uma série de benefícios tanto do ponto de vista logístico quanto de controle de qualidade. Entretanto, nesse contexto, diferentes tipos de indústrias apresentam particularidades que devem ser endereçadas na composição de uma solução conveniente para a rastreabilidade. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um modelo de sistema de rastreabilidade de produção baseado na tecnologia RFID para aplicação em empresas do ramo alimentício. O modelo tem, como objetivo, demonstrar os benefícios gerados com o uso de tecnologias automatizadas de rastreabilidade, para apoiar o controle dos produtos da indústria alimentícia. A prova de conceito do modelo foi realizada por meio de uma simulação utilizando-se o Rifi di Toolkit.

Palavra-chave: Tecnologia RFID; Automação Industrial; Rastreabilidade.

Abstract: The production traceability presents a number of benefits both in the industry logistics as in terms of product quality control. However, in this particular, different types of industry present specific issues that have to be addressed so that a convenient traceability solution can be provided. This paper presents the development of a traceability model based on RFID technology for application in food companies' system. The model demonstrates the benefits generated from the use of traceability technologies to support the food industry control. The validation of the model uses a simulation with Rifi di Toolkit.

Keywords: RFID Technology; Industrial automation; Traceability.

I. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta a implementação de um modelo de Sistema de Informação para realizar o controle e rastreabilidade alimentícia de um frigorífico, baseado na tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*). A motivação para o desenvolvimento desse trabalho foi despertada pela experiência profissional adquirida durante 2 anos de trabalho na área de Tecnologia da Informação (TI) em uma indústria alimentícia (frigorífico) de um dos autores. Durante esses 2 anos de trabalho identificou-se a deficiência do sistema de rastreabilidade e controle de informações sobre a produção alimentícia ocasionando o retrabalho e até o descarte de produtos. Baseado nessa experiência, procurou-se entender os problemas de rastreabilidade na indústria alimentícia e as soluções existentes para tais problemas. Mapeando as origens dos problemas e possíveis soluções, buscou-se um aprofundamento no estudo da tecnologia RFID.

A sistemática de rastreamento atual, verificada na indústria, apresenta alguns problemas e falhas, assim como algumas desvantagens que podem prejudicar a rastreabilidade e

controle das informações. O método mais utilizado nas empresas atualmente é o da tecnologia de códigos de barras, que apresenta problemas, entre eles, a insuficiência de informação sobre os produtos, devido à pouca capacidade de armazenamento de dados; não é possível identificar o ciclo de vida de um produto; baixo nível de confiança na rastreabilidade devido ao uso de papel para confecção das etiquetas; a identificação e o armazenamento são feitos no código de barras que pode sofrer alterações (apagar, romper, ser falsificado), impedindo a rastreabilidade total e confiabilidade dos dados, assim como perda de informações e, conseqüentemente, a realização de reprocesso de produtos, gerando mais custos às organizações.

O uso de um sistema de informação para controle e rastreabilidade alimentícia, em conjunto com um sistema de tecnologia RFID para realizar a coleta de informações, é capaz de atender a necessidade de informação sobre os produtos em toda a cadeia alimentar e, conseqüentemente, obter um alto nível de detalhamento de informações sobre os produtos, assim como redução de custos tornando o processo mais eficaz [1].

Neste contexto, este artigo apresenta um estudo sobre o uso da tecnologia RFID para dar suporte à rastreabilidade na indústria alimentícia. O escopo desse estudo se limita ao estudo da conformidade do uso da tecnologia do ponto de vista sistêmico. Está fora deste contexto o estudo de características físicas da tecnologia, como interação entre equipamentos, interferências, entre outros.

O restante do artigo está organizado como segue: a seção II apresenta um referencial teórico sobre os elementos tecnológicos que dão suporte à rastreabilidade na indústria, com enfoque às tecnologias relacionadas às soluções baseadas em RFID. A seção III se dedica à análise de trabalhos correlacionados, que compõem o estado da arte. A seção IV apresenta o modelo proposto, bem como a simulação realizada como prova de conceito. Por fim, a seção V conclui o trabalho apresentando direções para trabalhos futuros.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Automação Industrial

Automação se refere ao uso de qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitui o trabalho humano, em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, rapidez da produção ou da redução de custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias, dos serviços ou bem estar [2].

De acordo com [2], “a automação é um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam”.

Na Automação Industrial se reúnem três grandes áreas da engenharia [2]:

a) A mecânica, através das máquinas que possibilitam transformar matérias primas em produtos “acabados”.

b) A engenharia elétrica, que disponibiliza os motores, seus acionamentos e a eletrônica indispensável para o controle e automação das malhas de produção;

c) A informática que, por meio das arquiteturas de bancos de dados e redes de comunicação, permite disponibilizar as informações a todos os níveis de uma empresa.

B. Rastreabilidade de Produtos

A rastreabilidade permite estabelecer um histórico do produto, sendo que a complexidade do conteúdo deste histórico dependerá do objetivo a ser alcançado. Esse objetivo pode ser influenciado pelas estratégias adotadas e pelo mercado competitivo em que a empresa está inserida [3].

Um projeto de implantação de rastreabilidade em uma empresa deve partir do mais alto escalão hierárquico, para demonstrar o comprometimento da empresa com a importância do projeto e a necessidade da implantação do mesmo. Pois se trata de uma tarefa que exigirá esforços em todos os níveis, principalmente pelo aumento de rotinas de controle de processos, demandando disponibilidade de recursos, desde tecnológicos até em alguns casos, aumento de mão de obra. Além do entendimento de que a implantação da rastreabilidade estará garantindo requisitos contratuais impostos por clientes, órgãos federais, unidades certificadoras e tornando-se referencial para *benchmarking* [4].

C. Tecnologia RFID

RFID é a abreviatura de *Radio Frequency Identification* – Identificação por Radiofrequência. Esta tecnologia teve suas origens na segunda guerra mundial, onde era utilizada para identificação de aviões amigos ou inimigos [5].

A partir da década de 80 a tecnologia começou a ser utilizada como um sistema para realizar o rastreamento e controle, originando muitas pesquisas e estudos para criar uma arquitetura que pudesse utilizar os recursos dessa tecnologia baseada em radiofrequência para ser um modelo de desenvolvimento de outras novas aplicações e sistemas de rastreamento. Desses estudos, nasceu o Código Eletrônico de Produtos - EPC (*Electronic Product Code*) definindo-se uma arquitetura de identificação de produtos que utilizava os recursos proporcionados pelos sinais de radiofrequência, chamada posteriormente de RFID [1].

O RFID é um sistema sem fio que utiliza ondas de rádio para atribuir identidade (sob forma de um código denominado EPC) a uma etiqueta eletrônica (*Tag*). As etiquetas eletrônicas

(*Tags*) conseguem armazenar muito mais informações que os códigos de barras, e os dados transmitidos pela etiqueta podem fornecer identificação ou localização de informações, ou informações específicas sobre um determinado produto, como o preço, cor, data de compra, entre outras [5].

A leitura das informações contidas no dispositivo portátil é realizada por meio da utilização de um leitor (*reader*), e a comunicação entre os dispositivos acontece através de ondas de radio frequência. Essa comunicação pode ocorrer em um ambiente onde não é necessário o contato visual nem físico entre os dispositivos.

Funcionamento da tecnologia RFID

Segundo [6] o sistema de identificação por frequência de rádio utiliza basicamente os seguintes componentes: *tag*, que é anexada ao item a ser rastreado; leitor, que reconhece os identificadores e lê as informações armazenadas; antena e sistema de comunicação, os quais se comunica com o leitor através de um software chamado *middleware*.

De acordo com [6], as informações sobre identificação do objeto são gravadas na etiqueta. A seguir esta é anexada a um item (caixa, contêiner, paletes, etc.). As informações contidas são lidas pela antena e leitor através da rádiofrequência. Um grande volume de informações adquiridas ao longo da cadeia de suprimentos é gerenciado pelo “RFID *middleware*” e ao final é realizada a integração com os sistemas gerenciais da empresa.

D. Componentes do sistema RFID

As subseções seguintes detalham os componentes principais do sistema RFID.

Tag RFID

As *tags* RFID são um dos componentes mais importantes da tecnologia de um sistema de identificação por RFID. De acordo com Santini [7] é por meio delas que os dados podem ser enviados, recebidos e transmitidos. As *tags* ficam subdivididas em três grandes grupos [8]:

- *TAGS passivas*: uma etiqueta passiva não contém uma bateria, a energia é fornecida pelo leitor.
- *TAGS ativas*: uma etiqueta RFID ativa é equipada com uma bateria que pode ser utilizada como uma fonte de energia parcial ou completa para o circuito e a antena da etiqueta.
- *TAGS semi-passivas*: etiquetas com sensores de condição não apenas têm uma bateria, mas também incluem circuitos que leem e transmitem diagnósticos de volta para o seu sistema de sensores.

Leitor RFID

Segundo [7], os leitores têm a função de comunicarem-se com as *tags* RFID por meio de uma antena, repassando as informações e, em alguns casos, processando-as para outros sistemas.

Segundo [7], todos os leitores, independente de capacidade, funcionalidade ou tipo, têm como dispositivo de entrada uma antena. Os leitores podem ser fixos ou móveis.

Um ponto muito importante a ser considerado em relação aos leitores é a distribuição dos mesmos. Segundo [7] a representação de um leitor é essencial para determinar qual tipo de sistema RFID será utilizado. Os mesmos são adequados conforme a necessidade de uso, variando em forma, tamanho e manuseio. Os principais são os portais (onde a *tag* passa por uma espécie de porta), os túneis (que oferecem uma blindagem para frequência utilizada), os leitores portáteis (disponíveis inclusive em celulares), as prateleiras inteligentes (permitindo monitorar a quantidade de produtos estocada) e as impressoras (que além de ler as informações podem fazer a impressão de etiquetas com códigos de identificação RFID).

Antenas RFID

Um leitor se comunica com uma etiqueta por meio de antenas do leitor. Antenas são dispositivos separados, que estão fisicamente ligados ao leitor, ou acoplados nos mesmos. Para um contexto geral da tecnologia quando a antena e o leitor estão no mesmo invólucro recebem o nome de "leitor".

Componentes Lógicos do Sistema

Os componentes lógicos do sistema são softwares que realizam todo o controle de um sistema RFID, realizam atividades desde a camada de comunicação de um leitor com uma antena até o software instalado em um terminal que recebe estas informações [9].

A referência [6] destaca que há quatro componentes lógicos dentro de um controlador de leitor RFID, sendo eles: API do leitor, Comunicações, Gerenciamento de Eventos e Subsistema da Antena.

A API (*Application Programming Interface* ou Interface de Programação de Aplicativos) é o primeiro dos componentes lógicos de um sistema RFID. A função da API é criar um conjunto de rotinas e padrões para estender as funcionalidades de um sistema, permitindo agregar valor e recursos ao sistema, com a finalidade de ter o desempenho designado no início do projeto.

A API é o que permite que outras aplicações se comuniquem com o leitor; tem como principal função transformar informações vindas do *middleware* para as etiquetas (*tags*) e vice-versa. É na API em que são requisitados inventários, monitorada as atividades ou configurados ajustes no leitor.

Deve-se, também, controlar a comunicação no subsistema

de comunicações. Este é responsável por selecionar o protocolo de comunicação com o *middleware*, como Ethernet, Bluetooth, serial ou algum outro tipo proprietário. Com as informações adquiridas, um evento ocorre quando o leitor detecta uma *tag* no campo de sua antena e tem atrelado a essa observação uma ação requerida. Isto é a função do gerenciador de eventos. Cabe ao Gerenciador de Eventos definir o evento, filtrar esses eventos e, então, decidir qual seu destino, como ser enviado para um relatório ou uma aplicação externa. O subsistema de antena é a parte lógica da antena que controla a comunicação da antena física com a *tag* [6].

Middleware

O *middleware* é o responsável pelo processamento da informação obtida pelo leitor. Este componente incorpora o software que permite o registro das comunicações entre *tag* e leitor, solicita as informações necessárias à base de dados e fornece essas informações ao leitor para que ele possa se comunicar com a *tag*, recebe as informações do leitor que deve guardar e atualizar as bases de dados mantendo o sincronismo entre todos os intervenientes no processo [10].

Representação de Antena e Leitor

Serão descritas, nesta seção, apenas as formas de antenas que poderão ser utilizadas na aplicação do projeto proposto. De acordo com [7], é necessário sabermos qual tipo de sistema RFID será utilizado, pois não é possível utilizar todos os tipos de leitores existentes. Cada um dos tipos de leitores está adequado de acordo com uma necessidade de uso, forma e tamanho. Sendo assim, devido à aplicação do sistema proposto ser no ambiente frigorífico foi identificada apenas a necessidade do uso de Leitores RFID Portais, RFID túneis e RFID prateleiras, sendo estes itens descritos nas subseções seguintes.

RFID Portal

De acordo com [7], dentre as formas de leitores mais utilizados e conhecidos no mercado, encontra-se a de portal. Observa-se que neste tipo de antena a *tag* precisa passar pela parte interna do portal para ser identificada. Este tipo de leitor é recomendado para liberação de cancelas, identificação de veículos, passagem de prateleiras ou contêineres.

RFID Túneis

A referência [7] apresenta outra forma de utilização e disposição dos leitores de RFID, que é a formação de túneis. Esta representação pode ser muito parecida com os portais, mas tem a vantagem de blindagem das frequências de rádio emitidas, evitando desta forma a interferência de outras antenas e equipamentos.

Impressoras RFID

As impressoras de RFID são parte necessária no funcionamento do sistema. Segundo [7], as impressoras RFID são um tipo especial de leitor que, além de ler informações de um *transponder*, podem fazer a impressão das etiquetas com os códigos RFIDs.

Faixas de Frequência de Comunicação

Um fator importante é a escolha da frequência de comunicação, pois diversos fatores, tais como normas nacionais e especificações, bem como fatores físicos que irão demonstrar o comportamento do sistema em relação ao ambiente, podem causar interferências, afetando o desempenho do sistema em relação a sua velocidade de transferência, alcance de absorção ou reflexão [10].

E. Vantagens e Desvantagens da Tecnologia RFID

Algumas vantagens da utilização de identificação por radiofrequência são [11]:

- RFID não necessita do contato visual nem físico entre o produto e o leitor;
- Leitura automática, rápida e simultânea;
- Contagens instantâneas para sistemas empresariais de inventário;
- Maior capacidade de armazenamento de dados, informações podendo ser escritas/reescritas (reutilização) e apagadas;
- Precisão nas informações;
- Produtos RFID são mais robustos e resistentes a algumas condições naturais como: poeira, umidade, temperatura.

Sistemas RFID apresentam diversas vantagens, porém também possuem algumas questões a serem tratadas, sendo elas [11]:

- Custo elevado comparando-se à utilização do sistema de código de barras;
- Aumento do preço final dos produtos, devido não apenas à utilização das etiquetas eletrônicas mas, também, devido à estrutura necessária para a utilização do sistema RFID;
- Necessidade de padronização das frequências utilizadas para que os produtos possam ser lidos por toda a indústria, de maneira uniforme;
- Determinados ambientes com materiais metálicos e condutivos podem afetar o funcionamento do sistema.

III. ESTADO DA ARTE

Nesta seção serão apresentados alguns modelos de sistemas RFID relacionados ao modelo de aplicação apresentado neste artigo. Foram realizadas pesquisas envolvendo a aplicação de *tags* RFID em diferentes contextos.

A. Controle de presença utilizando RFID: Estudo de caso utilizando a linguagem Ruby

O trabalho apresentado em [12] teve como objetivo geral a criação de uma infra estrutura para controlar a presença de participantes em eventos, utilizando etiquetas RFID que foram adaptadas nos crachás dos mesmos, além do desenvolvimento de um sistema na linguagem de programação Ruby, possibilitando a leitura e armazenando das informações dos participantes.

Para o desenvolvimento do sistema foi utilizada a IDE (*Integrated Development Environment*) Netbeans para programação em linguagem Ruby, além de algumas bibliotecas para auxiliar na comunicação com o leitor RFID. Como componentes de hardware foram utilizados um leitor da marca *Touchatag*, conectado a um computador pela entrada USB (*Universal Serial Bus*).

Utilizando-se o sistema proposto, cada participante tem cadastrado em seu crachá um código da *tag* RFID; quando o mesmo passa pelo leitor RFID o sistema capta as informações desse participante e envia para a aplicação, onde a mesma é responsável por algumas regras de negócios como: cadastro de participantes, participantes com privilégios (administradores), acesso permitido, bloqueio de entrada e, participante não cadastrado, entre outras [12].

Segundo [12], a elaboração de um sistema RFID para controle de presença de participantes em eventos apresenta resultados que indicam a viabilidade da utilização da tecnologia.

B. Aplicabilidade da Tecnologia RFID na Rastreabilidade Alimentar

O trabalho apresentado por [1] visou, como objetivo principal, elaborar uma arquitetura de comunicação de alto nível para um sistema de informação combinando com a tecnologia RFID para auxiliar no processo de rastreabilidade de frangos em todos os processos da cadeia produtiva.

Grampes [1] utilizou uma arquitetura de comunicação para um sistema de informação agregado à tecnologia RFID como uma ferramenta para rastreabilidade utilizado nos quatro estágios que envolvem o ciclo de vida do produto, que são: a criação de frangos, abatedouro, distribuição e varejista.. Em cada estágio há um sistema local que recebe as informações dos leitores, efetua a manipulação das informações e as envia a um Sistema Central de Rastreamento (SCR) [1].

Segundo [1], a arquitetura de comunicação para um sistema de informação agregado com a tecnologia RFID proposta em seu trabalho, serve como ferramenta de apoio no rastreamento, controle e acesso às informações inerentes a todo os estágios da cadeia de produção e distribuição, e afirma que a utilização dessa arquitetura em conjunto com a tecnologia RFID tem um impacto significativo no processo de produção e distribuição, permitindo que todos os interessados da cadeia tenham acesso

às informações sobre os produtos com maior rapidez e qualidade.

C. Sistema de Identificação de Veículos Automotores Utilizando Tecnologia RFID

O trabalho desenvolvido por [13] teve, como objetivo principal, propor uma solução, por meio de um protótipo, que atue no monitoramento, apoio, gerenciamento, planejamento e fiscalização de trânsito.

O modelo proposto é um projeto de um sistema capaz de identificar um veículo sem a necessidade de intervenções humanas, visualizando os veículos que trafegam em uma determinada via. Para a identificação dos veículos foi utilizada a tecnologia RFID, com leitores e etiquetas RFID, juntamente com a linguagem de programação JAVA e o banco de dados MySQL. Foi desenvolvida uma ferramenta de software, integrada à tecnologia RFID, para identificação de todos os veículos que passarem por um determinado ponto da via, permitindo o armazenamento das informações em seu histórico do ponto da via controlado [13].

No referido projeto a distância possível para leitura da etiqueta passiva com o leitor escolhido foi de 7 cm; onde ultrapassando esse limite o leitor pode já não mais identificar a etiqueta RFID, devido a suas especificações de funcionamento, assim como sua potência de sinal, e baixa frequência do sinal, justificando assim a distância máxima de 7cm [13].

Como ambiente de simulação das funcionalidades foi utilizado uma maquete, onde foi demonstrada a via pública monitorada pelo leitor RFID, sendo anexadas as etiquetas aos veículos. Para demonstrar o monitoramento da via, foram utilizados 3 veículos previamente cadastrados; no momento que o mesmo passa diante do leitor RFID, os dados do veículo são apresentados na tela do software desenvolvido [13].

O trabalho teve um resultado final satisfatório obtido através do uso da tecnologia RFID aliada à aplicação desenvolvida, uma vez que todos os veículos que foram previamente cadastrados e seus dados armazenados, foram identificados com sucesso. Nepomuceno [13] coloca que o modelo desenvolvido tem sua aplicabilidade limitada à simulação da maquete. Para utilização em um ambiente convencional seria necessário o desenvolvimento de um protótipo mais robusto e completo. Porém não deixa de citar que o projeto como um todo apresenta alguns pontos fortes e alguns pontos fracos; como pontos fortes o uso da tecnologia RFID para o monitoramento da via, assim como a flexibilidade trazida pela tecnologia devido à leitura de informações sem o contato físico. Entre os pontos fracos destacam-se a limitação quanto à leitura das etiquetas pelo leitor RFID devido às suas características.

D. Comparação

O Quadro 1 apresenta a comparação das principais características dos trabalhos estudados com o modelo de aplicação de RFID apresentado nesse artigo.

Quadro 1 - Quadro comparativo dos trabalhos relacionados e modelo implementado

Características	Trabalho 1 [12]	Trabalho 2 [1]	Trabalho 3 [13]	Trabalho Implementado
Área de Aplicação	Controle de Acesso	Rastreabilidade de objetos	Controle de Acesso em Eventos	Rastreabilidade de produtos Industriais
Tecnologias Utilizadas	RFID, Linguagem de programação Ruby	RFID	RFID, Linguagem de programação JAVA	RFID, Software de Simulação (FlexSim, Rfidkit Toolkit)
Tipo de leitor	Fixo	Não específica	Fixo	Fixos e móveis
Tipo de etiquetas (tags) Passiva/Ativas	Passivas	Não específica	Passivas	Passivas e ativas
Tipo de etiquetas (tags) Somente Leitura/ Leitura e Gravação	Somente Leitura	Leitura e Gravação	Somente Leitura	Leitura e Gravação
Foco da aplicação	Identificação de pessoas	Indústria Alimentícia	Identificação de Veículos	Indústria Alimentícia
Teste - Simulação / Protótipo	Protótipo	Apenas modelo teórico	Protótipo	Simulação do Sistema RFID e ambiente de Aplicação

Fonte: Dos autores, 2015

Pode-se perceber, por meio do Quadro 1, que o trabalho proposto nesse artigo apresenta um conjunto de alternativas que o diferencia dos demais, devido à flexibilidade no uso de diversos modelos e alternativas de equipamentos que podem ser utilizados para a sua aplicação. Os trabalhos estudados estão restritos ao uso de um *kit*, ou modelos de equipamentos pré-definidos ou possuem restrições quanto às características e especificações do equipamento. Um exemplo disso é o uso de etiquetas passivas e ativas. Neste trabalho, foi realizada a avaliação dos requisitos necessários e, após a identificação destes requisitos definiu-se qual modelo de etiquetas eletrônicas (*tags*) a ser utilizado. Esse levantamento também precisou ser realizado para definir o uso de um determinado leitor (fixo/móvel).

Outro fator muito importante e vantajoso no trabalho implementado é a criação da simulação do Sistema RFID, assim como a criação e simulação do ambiente de aplicação do sistema, para poder realizar a visualização do modelo, bem como a realização dos testes e prova de conceito do sistema, algo que nos demais trabalhos ficaram apenas na parte teórica, e/ou criação de um protótipo para realização de testes. Apesar de apenas simulado, o trabalho implementado apresenta mais

robustez em relação aos dois trabalhos referenciados que apresentam protótipos, uma vez que tais protótipos são extremamente limitados no que se refere à questão de escala do sistema. Através da simulação implementada foi possível vencer esse limitante e realizar testes com diferentes fluxos de produtos que efetivamente servem de evidência para atestar a validade da proposta.

Vale destacar ainda que existem diversas propostas na literatura sobre o uso de RFID na indústria alimentícia e controle de fabricação e estoque [15][16]. Entretanto, elas podem ser resumidas em variações dos três tipos de trabalhos analisados nessa revisão bibliográfica. Certamente há trabalhos com maior ou menor grau de sofisticação com relação à implementação de simulações, protótipos e realização de testes, mais de uma forma geral, os trabalhos escolhidos para serem analisados em detalhe resumem bem os tipos de trabalhos encontrados na literatura.

IV. SOLUÇÃO IMPLEMENTADA

Esta seção apresenta a descrição da solução implementada, detalhada através da apresentação dos diagramas que orientaram o desenvolvimento deste trabalho, com o objetivo de criar um modelo de sistema baseado na tecnologia RFID para rastreabilidade alimentícia em frigoríficos. O modelo pode ser implantado em frigoríficos de carne bovina, suína e de frangos. É necessário realizar, de forma individual, o levantamento e análise de requisitos, devido a nenhuma organização utilizar processos de produção iguais, assim como seus ambientes de produção e infraestrutura para, posteriormente, utilizar o modelo proposto como padrão para implantação.

Neste sentido, tem-se como solução implementada neste trabalho, a definição de um modelo de sistema RFID para rastreabilidade alimentícia, durante os processos de produção de um determinado produto dentro do ambiente de um frigorífico.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado o levantamento de necessidades bem como a análise dos requisitos, a modelagem do sistema, especificação dos processos, criação do protótipo para simular o processo de identificação e rastreabilidade, e posteriormente foram executados testes, para prova de conceito, por meio de simulação do protótipo.

A. Descrição do Ambiente de Estudo

Apresenta-se nesta seção, a descrição detalhada do ambiente de estudo, e do modelo definido para a implantação da rastreabilidade, respeitando as características do ambiente.

Denominou-se de Modelo Atual, a representação gráfica e a descrição dos processos de produção dos produtos dentro do ambiente de um frigorífico, de acordo com um modelo de referência identificado por [4] com adaptação para um modelo validado por um especialista do domínio, que atua como

coordenador de Planejamento e controle da produção (PCP), com mais de 10 anos de experiência na área. Este modelo, bem como a análise do referido especialista, validam o fluxograma de processos e também a descrição dos mesmos como modelo de referência genérico para processos de produção dentro do ambiente de um frigorífico.

De acordo com [4], os processos dentro de um frigorífico seguem um fluxo após a chegada dos animais no frigorífico. A figura 1 apresenta um fluxograma da situação atual de um processo.

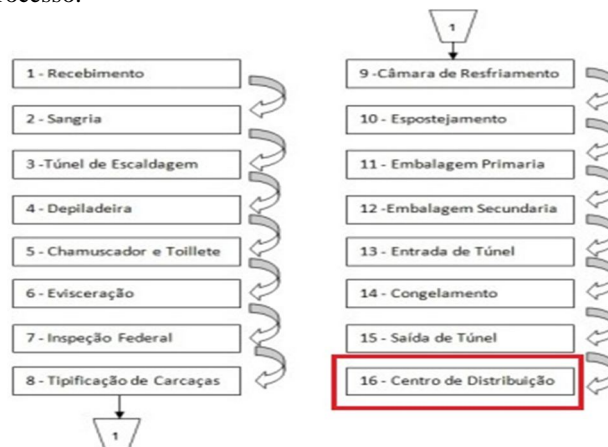


Figura 1 - Fluxograma de processos no ambiente Frigorífico (Adaptado de BASSANI [4])

O enfoque dado para a descrição do Modelo Atual, segue o roteiro demonstrado na Figura 1, a partir do recebimento dos animais.

A etapa 1, é o setor de recebimento dos animais, na etapa 2, denominado setor da sangria, os animais são abatidos. Na etapa 3, os animais passam pelo túnel de escaldagem e em seguida pela depiladeira. Na sequência passam pelo setor chamado de chamuscador e *toilette*. Na etapa 4, chamada de evisceração, a carcaça é repartida em duas partes que permanecem juntas na esteira de transporte "nória"; após é realizada a inspeção da carcaça pelo Serviço de Inspeção Federal, onde são registradas as informações no sistema corporativo [4].

Na sequência os animais passam pelo setor de tipificação de carcaças, que compreende a verificação do peso das carcaças, percentual de músculo, avaliação da cor da carne, entre outros aspectos. A informação é digitada por um operador via terminal industrial, juntamente com a captura do peso que é realizada via balança de trilho, que está ligada ao sistema. Todos esses registros são armazenados em um banco de dados do sistema de automação, e são transmitidos para o sistema no nível de supervisão que pode realizar o gerenciamento desses registros no final de cada turno de trabalho [4].

Na etapa seguinte as carcaças são enviadas para as câmaras de resfriamento, onde permanecem por um determinado período de tempo, antes de passarem para a próxima etapa. Na etapa 10 é realizado o espostejamento, onde as carcaças são cortadas. Essa atividade é realizada em esteiras de compõem a

linha de produção, que em seguida passam para a etapa 11, onde recebem a embalagem primária, e são acondicionadas em caixas específicas, seguindo assim para a próxima etapa [4].

A próxima etapa é a 12, onde os produtos são pesados, seu peso é captado por uma balança na esteira de transporte, que está ligada a um terminal industrial e uma impressora conectadas ao sistema de automação. Quando capturado o peso é gerada uma etiqueta que é fixada nas caixas que são denominadas como embalagens secundárias. Esta etiqueta emitida é composta por informações legais exigidas e informações de controle interno da empresa. As caixas seguem o fluxo e são transportadas pela esteira até entrar na etapa 13 correspondente à entrada de túnel. Nessa etapa os produtos passam de forma individual em uma esteira de transporte onde um operador dotado de um leitor e um terminal industrial conectados ao sistema de automação realiza a leitura individual de cada etiqueta fixada na caixa. Essa atividade é crucial e de extrema importância, pois, a partir da leitura da etiqueta cada produto/ caixa é "criada/contabilizada" no sistema corporativo de rastreabilidade [4].

A partir desse momento as caixas são enviadas para as câmaras de congelamento, onde permanecem por um determinado período necessário, devido ao controle de logística que administra os produtos para os centros de distribuições. Após a passagem desse período, as caixas são retiradas das câmaras de congelamento e transportadas para a penúltima etapa, sendo ela a saída de túnel. Nessa etapa os produtos são alocados novamente em uma esteira de transporte, onde passam de forma individual por um operador dotado de um leitor e um terminal industrial que realiza a leitura individual de cada etiqueta fixada na caixa. Quando a leitura é realizada é emitida uma nova etiqueta com as informações necessárias para o produto sair dessa etapa e passar para a etapa de distribuição [4].

Na última etapa as caixas são transportadas pela esteira para o centro de distribuição. Nessa etapa as caixas começam a ser alocadas em forma de *pallets* [4].

B. Modelo de Sistema Definido

Esta seção apresenta a proposta de aplicação do sistema de RFID nos processos propostos por [4], com aplicação do sistema na etapa 16 apresentada na figura 1.

Inserção do Sistema RFID no Ambiente de Produção

Diversos sistemas de rastreamento estão em funcionamento nas indústrias frigoríficas, porém ainda não existe consenso sobre qual é a melhor tecnologia e sistema para realizar a rastreabilidade dos produtos. A rastreabilidade de produtos envolve diversas áreas e deve-se ter muito cuidado em sua elaboração, pois podem gerar investimentos financeiros e envolver custos à empresa, e muitas vezes não proporcionar resultados que a indústria deseja. Segundo [4], as alterações no

processo são bastante significativas, e muitas vezes inviabilizam a produção, pois a implantação da rastreabilidade torna-se "gigantesca" em relação ao processo de produção.

A sistemática de rastreabilidade atual no ambiente de um frigorífico apresenta alguns problemas e falhas, assim como algumas desvantagens que podem prejudicar a rastreabilidade e controle das informações sobre os produtos. O método mais utilizado nas empresas atualmente é a utilização da tecnologia de códigos de barras, que apresenta alguns problemas, e falhas, entre elas destacam-se; a) insuficiência de informação sobre os produtos, devido a pouca capacidade de armazenamento de dados; b) impossível identificar o ciclo de vida de um produto; c) baixo nível de confiança na rastreabilidade devido ao uso de papel; d) a identificação e o armazenamento baseados no código de barras podem sofrer alterações (apagar, romper, sofrer falsificação), impedindo a rastreabilidade total e confiabilidade dos dados, assim como perda de informações e, conseqüentemente, a realização de reprocesso de produtos, gerando mais custos às organizações.

A inserção do sistema RFID possibilita a rastreabilidade do produto durante seu ciclo de produção de um frigorífico. A inserção deste sistema apresenta diversas vantagens quando comparado aos modelos atuais, sendo as principais delas: a) Uso de equipamentos mais robustos e resistentes a algumas condições naturais como umidade e temperatura; b) RFID não necessita do contato visual nem físico entre o produto e o leitor; c) possibilidade da coleta de grande quantidade de dados de forma automática e simultânea; d) maior segurança, devido a maior dificuldade em violar as informações armazenadas nas *tags*.

Para a elaboração do modelo implementado teve-se a preocupação em realizar a abordagem de alguns fatores críticos para definição do modelo, onde as principais características a serem avaliadas para a criação foram: dimensionamento do sistema, característica do ambiente operacional, disposição dos componentes da rede RFID, modelo de equipamentos e infraestrutura. Na sequência são descritas as principais características e requisitos que foram avaliados em cada um dos fatores críticos para definição do modelo [6]:

- Dimensionamento do Sistema: Avaliar o tamanho do sistema de rastreamento que a empresa deseja implantar, assim como quais processos serão rastreados. Outra característica quanto a esse fator é avaliar a integração de diversas áreas da empresa como: Produção, garantia da qualidade, engenharia, tecnologia da informação, essas áreas correspondem ao sistema RFID, sistemas de automação industrial, e sistemas corporativos de controle.

- Características do ambiente operacional: Quanto às características do ambiente operacional é necessário avaliar a situação do ambiente com relação à disposição dos objetos (equipamentos/planta) da indústria, análise e verificação dos materiais condutivos que compõem a obra, além da temperatura do ambiente de operação, assim como escolha do tipo de comunicação utilizada entre os equipamentos,

velocidade de transporte dos objetos pela esteira etc. Após esses levantamentos é necessário realizar o estudo para ver qual o melhor equipamento a ser utilizado de forma a implementar um sistema que não sofra efeitos e perdas devido ao ambiente onde se encontra.

- Disposição dos componentes do sistema RFID: Quanto à disposição dos componentes do sistema RFID, é necessário avaliar os seguintes fatores: localização, ou seja, ficará alocado fixamente em uma parede ou armação. Outro ponto a ser avaliado é a questão quanto à orientação (vertical/horizontal) do leitor e etiqueta, quanto à altura em relação à esteira que transporta os objetos e o leitor, número de objetos em movimento passando pelo leitor e disposição da etiqueta eletrônica (*tag*) na caixa. A avaliação e levantamento de todos esses fatores são de extrema importância para criação do modelo sistema RFID a ser implementado.

- Modelo de equipamentos RFID: Modelo de equipamentos RFID utilizados é outro fator a ser avaliado para a criação do modelo; a identificação e escolha dos equipamentos utilizados é realizada de acordo com as características e avaliações dos seguintes fatores: dimensionamento do sistema, características do ambiente de operação e disposição dos componentes do sistema RFID; após a identificação, análise e avaliação desses itens, é possível estabelecer e especificar qual modelo de equipamento (leitores e antenas) melhor atenderá as necessidades da organização; após o levantamento das informações dos fatores descritos anteriormente é possível estabelecer e especificar o modelo exato de equipamento a ser utilizado, como por exemplo, utilização de leitores RFID fixos ou leitores RFID móveis, uso de etiquetas eletrônicas (*tags*) passivas ou ativas, modelo de impressoras RFID, e faixa de frequência de operação e comunicação do sistema RFID. A escolha dos modelos de equipamentos é fator crucial para o funcionamento do sistema RFID, a identificação deve seguir de acordo com as especificações dos fatores anteriores para conceder qualidade, operabilidade do sistema.

- Infraestrutura: Corresponde ao levantamento e análise dos componentes de implantação do sistema quanto à área de engenharia elétrica, mecânica, e civil.

Inclusão do RFID no Fluxo de Processo de Produção

Acredita-se que o uso de um sistema de informação para controle e rastreabilidade alimentar, em conjunto com um sistema de tecnologia RFID para realizar a coleta de informações, é capaz de atender a necessidade de informação sobre os produtos em todos os processos e, conseqüentemente, obter um alto nível de detalhamento de informações sobre os produtos, assim como redução de custos tornando o processo mais eficaz [1].

Na figura 2 estão representadas as etapas de produção do modelo de sistema de RFID, e destacada em vermelho a etapa escolhida para a simulação do modelo definido neste trabalho.

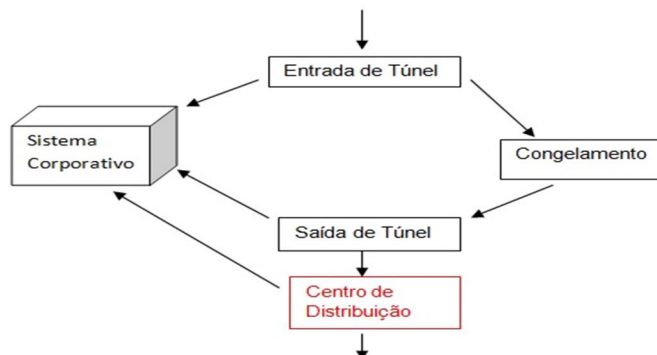


Figura 2 - Fluxograma de processos no ambiente Frigorífico que receberam o RFID (Dos Autores, 2015)

O modelo definido, de acordo com os processos apresentados na Figura 2, é a seguir detalhado:

- Entrada de túnel: Na etapa de entrada de túnel faz-se necessária a instalação de leitores RFID, podendo ser instalados leitores fixos (leitor RFID túnel, leitor RFID portal), ou leitores móveis, que são responsáveis pela leitura das etiquetas eletrônicas (*tags*) captando as informações dos produtos e enviando para a base de dados do sistema corporativo através do middleware que realizará o processamento e comunicação entre o leitor, *tag* e o sistema corporativo; é nesse momento em que as informações dos produtos podem ser gerenciadas pelo sistema corporativo de rastreamento.

- Saída de túnel: Após a etapa de congelamento o produto passa pela etapa de saída de túnel. Nessa etapa devem ser instalados leitores fixos (Leitor RFID túnel, e/ou Leitor RFID portal), na linha de transporte da esteira, que são responsáveis pela leitura das etiquetas eletrônicas (*tags*) captando as informações dos produtos e enviando para a base de dados do sistema corporativo, informando ao sistema que o produto teve sua saída de túnel e foi enviado para o setor de distribuição.

- Centro de distribuição: Devem ser instalados leitores RFID em forma de portais e túneis, que realizam a leitura das etiquetas (*tag*) que estarão vindo da etapa de saída de túnel, também devem ser implantadas impressoras RFID que realizarão a impressão das etiquetas pallets, onde estas serão fixadas nos respectivos pallets que irão ser formados nessa etapa. Na sequência, também devem existir portais RFID que irão fazer a leitura automática e simultânea dos pallets que estarão sendo direcionados para os caminhões que irão realizar o transporte e distribuição dos produtos no varejo.

C. Prova de Conceito

Para prova de conceito do modelo definido adotou-se a criação de uma Simulação computacional do sistema RFID no processo do Centro de Distribuição. Observando o escopo do problema analisado, a adoção de um método de simulação computacional para prova de conceito se mostra adequado, uma vez que estão fora do escopo do estudo qualquer tipo de

interação entre equipamentos, bem como aspectos físicos de implementação. O que se busca é uma prova de conceito do ponto de vista sistêmico da adequação da proposta apresentada. Ademais, a construção de um protótipo em nada adicionaria ao trabalho, uma vez que ele não representaria o problema em escala, como é possível de ser feito através da simulação.

Estudo de caso: Proposta do sistema RFID na etapa do Centro de Distribuição e simulação do Protótipo

É na última etapa do sistema de rastreamento proposto, ou seja, a etapa referente ao Centro de Distribuição, que a prova de conceito do modelo se baseia. Realizou-se a criação da simulação do sistema RFID nesta etapa, devido à grande demanda do controle de rastreamento e saída de produtos. Todos os produtos que passam pela entrada de túnel, congelamento e saída de túnel são identificados através da leitura dos códigos RFID e distribuídos para seus determinados Pallets.

Identificou-se, após o estudo, que esta etapa é o ponto mais crítico no rastreamento interno de produtos, devido à grande quantidade de produtos, e também devido à necessidade de rapidez no processamento e direcionamento dos produtos para seus respectivos destinos. Isso se deve ao fato desta ser a última etapa antes da saída dos produtos da indústria, onde qualquer erro sendo humano, ou de uma máquina, irá gerar um reprocesso e, conseqüentemente, irá gerar atraso no envio dos produtos para o varejo.

Tratando mais tecnicamente sobre o sistema, para que o mesmo torne-se funcional, identifica-se a oportunidade da implantação do sistema RFID. Assim como toda a infraestrutura de comunicação, computacional e elétrica, sendo que, essas áreas estando adequadamente implantadas, proporcionarão ao sistema RFID o funcionamento de forma eficiente. Para isso tem-se a necessidade de instalar leitores RFID em forma de portais e túneis, que realizarão a leitura das etiquetas (*tag*), que estão vindo da etapa de saída de túnel. Esses produtos correspondem a diferentes tipos. O sistema permite a passagem de diversas caixas simultaneamente pelo leitor. Quando uma determinada quantidade de caixas é lida (Identificada), o sistema RFID, integrado e sincronizado com o sistema corporativo de rastreabilidade, envia para uma impressora o comando para impressão de uma etiqueta "Pallet" que nada mais é que uma etiqueta contendo as informações de quantidade de caixas que compõem o Pallet, assim como tipo de produto, data de produção, peso, ou seja, informações referentes ao Pallet que foi formado. Essas informações são necessárias para posteriormente realizar a distribuição do produto. Essa etiqueta é fixada no pallet, e então os mesmos são direcionados para distribuição ou permanecem e são enviados para câmaras de resfriamento do centro de distribuição até o momento de envio para os clientes.

Diferentemente dos processos atuais, que realizam toda a

leitura de forma manual e individual, assim como o material e tecnologia disponíveis estarem vulneráveis a problemas de rastreabilidade, o modelo definido, por meio da implantação do sistema RFID, proporciona-se um sistema que realiza a leitura de forma automática, rápida e simultânea, onde não é necessário o contato visual nem físico entre o produto e o leitor, assim como o aumento do nível de confiabilidade e segurança quanto ao sistema de rastreabilidade.

Ferramenta Utilizada para Criação da Simulação do Sistema RFID

Para realizar o desenvolvimento da simulação foi utilizada uma ferramenta que permite criar a simulação do funcionamento do sistema RFID. Utilizou-se, portanto, o *Rifidi Designer*, que é um dos três produtos que compõem o *Rifidi Toolkit*. O *Rifidi Toolkit* é um ambiente integrado para desenvolvimento (IDE) de prototipagem que simula o hardware e os eventos de um sistema RFID. Como foi citado anteriormente, o *Rifidi Toolkit* é composto por três produtos, sendo eles (*Rifidi Designer*, *Rifidi Emulator*, *Tag Streamer*) que trabalham em conjunto para ajudar a realizar prototipagem RFID. Com a utilização do *Rifidi Designer* foi possível construir um ambiente virtual que conta com leitores, etiquetas, sensores e eventos equivalentes aos dos sistemas RFID reais [14].

Criação da Simulação do Sistema RFID no Rifidi Designer

Na tela inicial do *Rifidi Designer* é possível navegar pelas opções de desenvolvimento que a ferramenta oferece. Após a criação do mapa deve-se começar a desenvolver o ambiente e realizar a implementação e configuração dos componentes na simulação.

Na figura 3 pode-se observar que a ferramenta já disponibiliza ao usuário o mapa com o seu tamanho definido, assim como a opção referente aos componentes que podem ser inseridos na simulação na aba *Components*. Na aba *Layout Navigator* é possível visualizar todos os componentes inseridos no mapa, além da possibilidade de visualizar na opção *Generated Components* todos os códigos das *Tags* geradas na simulação. Pode-se visualizar essas opções através da Figura 3 no Quadro 1 em destaque na figura. Tem-se, no

Quadro 2, a opção referente ao *Minimap*, que é uma miniatura do mapa do ambiente. O Quadro 3 traz o mapa em seu tamanho real escolhido no momento da criação do projeto. Nele são inseridos todos os componentes do ambiente, ajustadas as configurações de espaço, tamanho, quantidade. Para finalizar, no Quadro 4, tem-se as opções referentes às propriedades do mapa, ou, do componente selecionado e também a opção console que será descrita mais adiante.

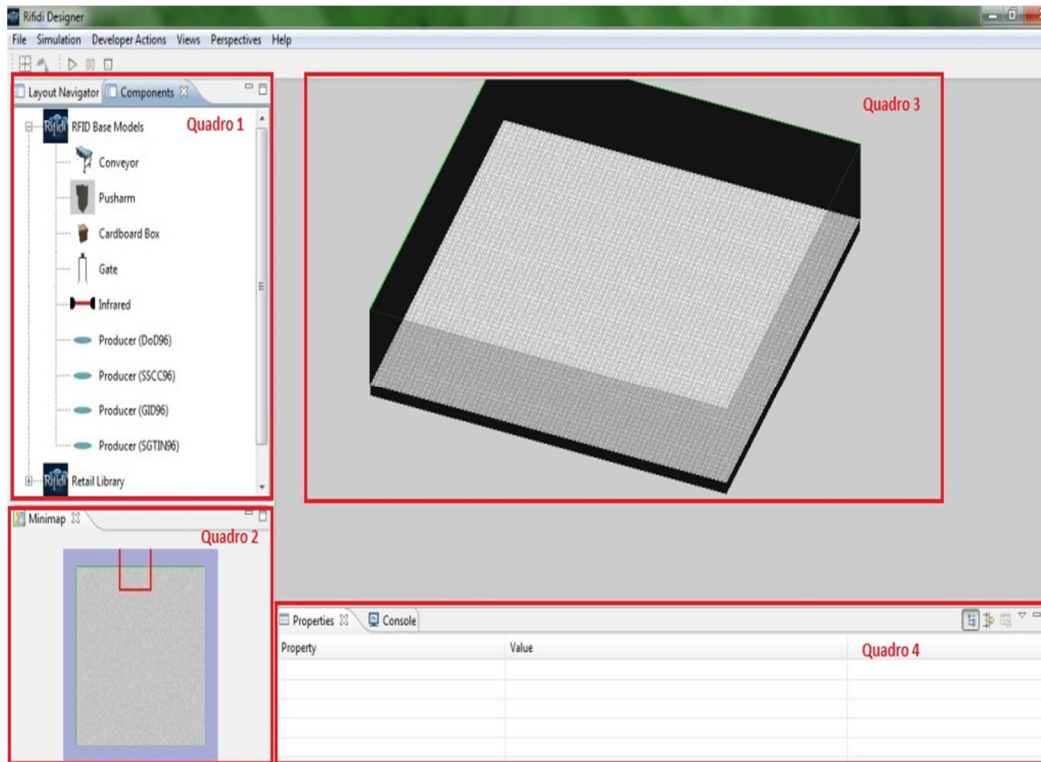


Figura 3 - Tela de inserção do Mapa do ambiente na Ferramenta RifiDi Designer (Dos Autores, 2015)

Como é possível observar na figura 4, foram inseridos componentes no mapa, tais como esteiras (que são responsáveis pelo transporte dos produtos/caixas) e prateleiras, que irão receber esses produtos/caixas, além dos componentes referentes aos portais de leitura. Foram inseridos dois portais no mapa. Quando estes componentes são inseridos tem-se a necessidade de realizar a configuração dos mesmos, inserindo um nome para o respectivo portal, e também o modelo de leitor que estará acoplado nesse portal, o qual é responsável pela leitura das *Tags*.

Como pode ser visualizado na Figura 4, configurou-se na simulação leitores do tipo AlienALR9800, devido aos estudos realizados terem demonstrado que a utilização deste tipo de leitor tornaria a simulação funcional e eficiente devido à comunicação que o *middleware* irá realizar entre o leitor e o banco de dados. Ainda na figura 4 pode-se observar que, além da necessidade de inserir um tipo de leitor, foi inserido um nome para o leitor e quantidade de antenas que o leitor possui, o endereço IP da máquina responsável por receber os dados lidos pelo leitor e, também, a porta de comunicação entre o leitor e a aplicação, onde a porta permaneceu configurada como padrão da ferramenta.

Na figura 4, é possível identificar na Aba "Layout Navigator" todos os componentes inseridos no mapa. O item identificado como '1' corresponde ao item "Generated Components" ou componentes/produtos gerados. Nessa opção estão listados todos os códigos das *tags* geradas na simulação, ou seja, toda *tag* que foi criada na simulação será apresentada

em forma de lista nesse campo. Pode-se observar que, na simulação, foram gerados dois produtos, sendo consequentemente geradas duas *tags*, onde as mesmas estão listadas. O Item identificado como '2', opção referente ao 'Console', é o terminal onde será possível identificar quais *tags* foram lidas pelos leitores e quais leitores leram uma determinada *tag*. Na simulação está destacado no item '3' o leitor identificado como 'Saida_Tunel' que encontra-se acoplado no primeiro Portal de leitura, e o mesmo possui apenas um leitor de *tags*. No segundo portal identificado no item '4', encontra-se o leitor identificado como "Entrada_Centro_distribuicao"; nele foi implementado também um leitor de *tags*. Ainda na figura 4 os itens destacados em "A" e "B", que são referentes à *tag1*, ou seja, à *tag* que foi gerada para realizar o teste de leitura nos leitores.

Sendo assim, toda *tag* criada/gerada é enviada e salva no campo 'componentes/produtos gerados', a mesma é transportada pela esteira e, quando aproximar-se dos portais que possuem os leitores, a mesma é identificada pelo leitor que está em comunicação com o banco de dados por meio do *middleware* e essa *tag* é apresentada na opção "Console". No console é possível visualizar o código da *tag* e qual leitor realizou sua identificação. Quando a *tag* se distanciar o console informa que a mesma já não é mais encontrada pelo leitor. Este mesmo processo é realizado e executado com todas as *tags*.

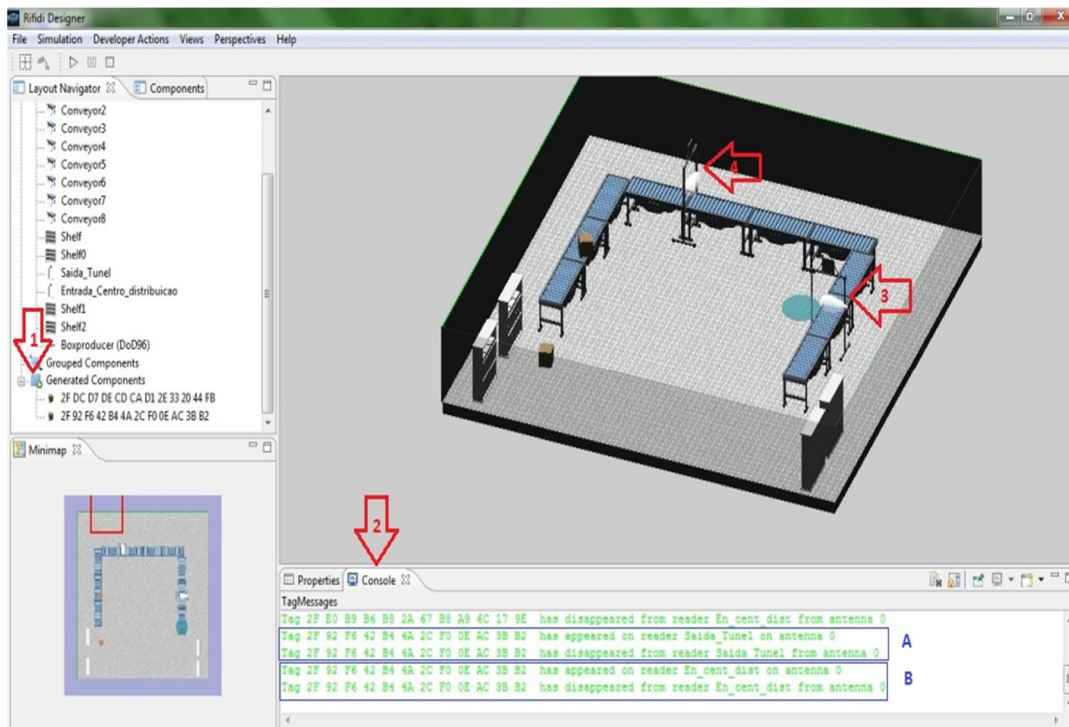


Figura 4 - Sistema RFID, leitura e visualização das Tags (Dos Autores, 2015)

Os resultados obtidos por meio da simulação são satisfatórios, pois demonstram que uso do sistema RFID, alinhado a um modelo de rastreabilidade, pode trazer grandes benefícios. Para realizar tal simulação teve-se a preocupação de empregar uma sequência de leituras das tags, a passagem pela leitora na saída de túnel, e em seguida a passagem pela leitora na entrada do centro de distribuição. Por meio da simulação realizada é que foi possível comprovar que o sistema proposto é funcional. Esta característica da funcionalidade do sistema se evidencia pela observação das mensagens de leitura na parte inferior da tela apresentada na Figura 4. Nela observa-se claramente a rastreabilidade de um produto que passa pela saída de túnel e entra no centro de distribuição. De fato a rastreabilidade é o principal benefício advindo da adoção de uma solução como a apresentada neste trabalho.

Algo que fica implícito na simulação é a atualização do status do produto no banco de dados por meio da ação do middleware ao receber a informação da leitura da tag, com a atualização do banco de dados com o novo status do produto. Esta parte fica implícita, não tendo sido efetivamente implementada, pois tal implementação foge ao escopo da proposta deste trabalho. Entretanto, o ambiente simulado considera que as informações das leituras das tags seguem para um middleware, neste caso simulado, que executa as devidas ações de atualização do banco de dados de produtos. Sendo assim, apesar da simplicidade do ambiente simulado, ele demonstra que a adoção do sistema proposto nesse trabalho de fato permite a rastreabilidade dos produtos sem depender de intervenção humana, e que qualquer perda de

produto pode ser facilmente rastreada. Este rastreamento é facilitado, uma vez que se terá a informação de sua última localização por meio da última atualização feita no banco de dados, disparada por uma leitura de sua tag. Além disso, é possível que se configure o banco de dados para não armazenar apenas a última leitura, mas sim todas as leituras realizadas durante toda movimentação do produto na indústria associando-se marcas temporais a cada leitura, o que também facilita muito o processo de rastreabilidade. Na verdade esta é de fato a opção mais utilizada.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou a tecnologia RFID, em termos gerais, para realizar identificação de produtos no contexto de uma indústria alimentícia. RFID é uma tecnologia que está em crescimento contínuo, a cada dia aumenta o número de aplicações que fazem uso da mesma. Buscou-se no trabalho demonstrar algumas de suas vantagens quando comparada aos métodos tradicionais de rastreamento que são os códigos de barras, e também se buscou apresentar um resultado comparativo entre o seu uso e a alternativa com código de barras ressaltando seus diversos benefícios. O sistema e a simulação no artigo apresentados são simples, havendo, assim, muitas oportunidades para aprimoramentos em trabalhos futuros. A simulação criada funciona satisfatoriamente para o que se propôs, e demonstra a rastreabilidade de produtos, uma vez que ilustra com se é possível controlar e rastrear um produto por meio de uma tag anexada ao mesmo.

O trabalho teve como principal contribuição demonstrar que o uso de novas tecnologias aliadas a processos bem definidos

podem aumentar e proporcionar maior segurança e eficiência na rastreabilidade de produtos durante seus processos de produção. A tecnologia RFID foi escolhida pois foi identificado que os métodos de rastreamento por código de barras apresentam diversos problemas. Após um estudo aprofundado identificou-se que o uso do RFID na área de aplicação alvo do estudo é mais eficiente e eficaz que os métodos tradicionais. Quanto à comparação com os trabalhos relacionados estudados, pode-se afirmar que a criação da simulação demonstrou que o uso da tecnologia RFID é funcional e adequado ao uso proposto. Buscou-se ainda realizar um estudo e descrição de um modelo padrão através de um estudo teórico, e após foi realizado a criação de um modelo em ambiente de simulação, para comprovar que o sistema proposto é funcional. Portanto, é possível resumir as contribuições desde trabalho como a definição de um modelo de processo em indústrias alimentícias controladas pela tecnologia RFID e seu teste através de simulação computacional. O uso da simulação computacional se mostrou adequado para os fins deste estudo, uma vez que se escopo se restringia ao estudo do problema do ponto de vista sistêmico, excluindo aspectos físicos de implementação que seriam melhor endereçados por protótipos.

Sugerem-se, como trabalhos futuros, desenvolver e implementar partes do sistema com o uso de *hardware*, para testar, na prática, o modelo definido (além da simulação desenvolvida) e desta forma estender o escopo do trabalho; criar uma simulação mais próxima do ambiente real (com a interação do ambiente fabril simulado com um *middleware*, banco de dados, maior número de leitores, antenas, *tags*, etc.); estudar e desenvolver uma simulação com o uso de ferramentas de simulação do sistema RFID, com a integração de ferramentas que permitam a criação de cenários do ambiente real de funcionamento; e estudar a viabilidade econômica de implantação do modelo.

REFERÊNCIAS

- [1] GRAMPES, Jorge Adriano. *Aplicabilidade da Tecnologia RFID na Rastreabilidade Alimentar*. Disponível em: <<http://si.unibalsas.com.br/wp-content/uploads/2010/10/TCC-Jorge-Adriano-Grampes.pdf>> Acesso em 28 de março, 2014.
- [2] MARTINS. *Princípios de Automação industrial*. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/desp/geomar/automacao/Apostila_032012.pdf>. Acesso em 10 de abril, 2014.
- [3] LEONELLI, Fabiana Cunha Vilana. TOLEDO, José Carlos. *Rastreabilidade em cadeias Agroindustriais: Conceitos e Aplicações*. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/instrumentacao/busca-de-publicacoes/-/publicacao/31555/rastreabilidade-em-cadeias-agroindustriais-conceitos-e-aplicacoes>>. Acesso em 11 de abril, 2014.
- [4] BASSANI, Cláudia, Teresinha. *Um modelo de rastreabilidade na industrialização de produtos derivados de suínos*. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84171/1/85050.pdf?sequence=1>>. Acesso em 10 de junho, 2014.
- [5] MOTA, Rafael Perazzo Barbosa. *RFID - Radio Frequency identification*. São Paulo: Instituto de Matemática e Estatística da USP. Monografia desenvolvida para a disciplina de Computação Móvel do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, 2012.
- [6] MALTA, C. R. C. *RFID: Aplicações e novas tecnologias. Estudo de caso: HP*. Disponível em: <<http://fateczl.edu.br/TCC/2009-2/tcc-216.pdf>>. Acesso em 10 de abril, 2014.
- [7] SANTINI, A. G. *RFID: conceitos, aplicabilidades e impactos*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

- [8] IBM. *Controlando o RFID*. Disponível em: <<http://www.ibm.com/br/ibm/ideasfromibm/rfid/061207/index1.phtml>>. Acesso em 30 de maio, 2014.
- [9] ALMEIDA, Lucas, C. *Aplicações da Tecnologia de identificação por Rádio Frequência - RFID*. Disponível em: <http://www.cgeti.ufc.br/monografias/LUCAS_CAVALCANTE_DE_A_LMEIDA.pdf>. Acesso em 03 de maio, 2014.
- [10] REI, Antonio Jorge Laranjeira. *RFID Versus Código de Barras da Produção à Grande Distribuição*. Porto, Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, 2010.
- [11] SANTANA, Sandra R. Matias. *RFID: Identificação por radiofrequência*. Disponível em: <http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra_santana/rfid_01.html>. Acesso em 29 de março, 2014.
- [12] SARMENTO, Eduardo, Mendes. *Controle de presença utilizando RFID: Estudo de caso utilizando a linguagem Ruby*. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/610/1/MD_COAD_S_2011_1_01.pdf>. Acesso em 29 de maio, 2014.
- [13] NEPOMUCENO, Thiago, A. F. *Sistema de Identificação de Veículos Automotores Utilizando Tecnologia RFID*. Disponível em: <<http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/3198/2/20615267.pdf>>. Acesso em 03 de maio, 2014.
- [14] RIFIDI. *Rifidi Toolkit*. Disponível em: <http://www.rifidi.org/documentation_toolkit.html>. Acesso em 02 de maio, 2014.
- [15] DONG-LIANG WU, W. W. Y. Ng, D. S. Yeung and Hai-Lan Ding, *A brief survey on current RFID applications*. "2009 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Baoding, 2009, pp. 2330-2335.
- [16] ABDELHALIM, E. A. ; EI-KHAYAT, G. A. *A survey on analytical approaches used in RFID based applications*. Computer Applications Technology (ICCAT), 2013 International Conference on, Sousse, 2013, pp. 1-6.