



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

MARCELA PONTES BAQUIT

**ANÁLISE DA APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO POR
RÁDIO FREQUÊNCIA (RFID) EM UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL
LOCALIZADA NO ESTADO DO CEARÁ: UM ESTUDO DE CASO.**

FORTALEZA

2016

MARCELA PONTES BAQUIT

**ANÁLISE DA APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO POR
RÁDIO FREQUÊNCIA (RFID) EM UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL
LOCALIZADA NO ESTADO DO CEARÁ: UM ESTUDO DE CASO.**

Monografia submetida à Coordenação do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção Mecânica.

Orientador: Professor Dr. Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Administração

X123n Baquit, Marcela Pontes.

Análise da Aplicabilidade da Tecnologia de Identificação por Rádio Frequência (RFID) em uma Lavanderia Industrial Localizada no Estado do Ceará: Um Estudo de Caso e / Marcela Pontes Baquit. – 2016.

60 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

Orientador: Professor Dr. Heráclito Jaguaribe.

1. Engenharia. 2. Estudo de Caso 3. Rádio frequência. 4. Industrial. I. Título.

CDD 123.45

MARCELA PONTES BAQUIT

**ANÁLISE DA APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO POR
RÁDIO FREQUÊNCIA (RFID) EM UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL
LOCALIZADA NO ESTADO DO CEARÁ: UM ESTUDO DE CASO.**

Monografia submetida à Coordenação do curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção Mecânica.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

PROFESSOR DR. HERÁCLITO LOPES JAGUARIBE PONTES (ORIENTADOR)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC)

PROF. DR. ANSELMO RAMALHO PITOMBEIRA NETO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

PROF. ALYSSON ANDRADE AMORIM
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus por ser o meu sustento e ter me dado a força e a sabedoria necessárias para superar as dificuldades.

Ao meu orientador, Prof. Heráclito Jaguaribe, pela oportunidade, ensinamentos, apoio e estímulo ao longo desse projeto.

Ao Jefferson, Rodrigo e Felipe por terem aberto as portas da sua empresa para o meu trabalho, sempre solícitos e dispostos a ajudar.

A todos os meus professores, por todo o conhecimento transmitido, paciência e dedicação para tornar-nos profissionais preparados e capacitados.

À minha mãe, Fernanda Baquit, meu exemplo de dedicação e força. Suas palavras de carinho, seu cuidado e sua preocupação foram essenciais na formação da pessoa que sou hoje. Ao meu pai, Marcelo Baquit, por ser meu exemplo de profissional íntegro, honesto e batalhador, o espelho do que um dia sonho ser como profissional. Aos meus irmãos Alberto e Mariana Baquit, pelos anos de companheirismo e incentivo mútuos.

Ao meu avô Fernando, por ser meu exemplo de superação e o dono dos meus risos mais sinceros e à minha avó Maria Augusta, por me ensinar a sorrir sempre e ver que tudo é “felicidade”.

Às famílias Pontes e Baquit, em especial meus padrinhos Cátia e Paulo, por serem um refúgio de alegria e apoio e por acreditarem mais em mim do que eu mesma.

Às amigas da engenharia, em especial Amanda e Leônia, por todas as alegrias e desesperos compartilhados nos corredores da UFC e por terem tornado a graduação mais leve e feliz.

Às amigas do Colégio Santa Cecília, em especial, Luiza, Lívia, Ana Luiza, Lia, Ana Eloisa e Isadora por essa amizade sólida, por sorrirem comigo nas minhas vitórias e serem ombro amigo nas dificuldades.

Aos meus presentes da Centrale, em especial, Henrique, Bárbara, Aline, Maurício, João e Mari, por todos os bons momentos compartilhados e por mesmo na distância continuarem se fazendo presentes na minha vida e torcendo por mim.

Ao grupo Atrium e à Obra Lumen de Evangelização, por serem a alegria dos meus domingos e fonte inesgotável de amor.

“Se as coisas são inatingíveis, ora! Não é motivo para não querê-las.

Que tristes seriam os caminhos se não fora a presença distante das estrelas.”

Mário Quintana.

RESUMO

Nas últimas décadas, os mercados vêm se tornando cada vez mais competitivos e são exigidos das empresas elevados níveis de serviço não apenas no que diz respeito ao seu próprio processo produtivo, mas sim um funcionamento sinérgico com a sua cadeia de suprimentos, de modo que a logística, atrelada à tecnologia da informação, passou a ter papel fundamental e estratégico na sobrevivência das empresas. Nesse contexto, o presente estudo objetivou estudar a utilização da tecnologia de Identificação por Rádio Frequência em uma lavanderia industrial localizada no estado do Ceará, analisando-a quanto à sua aplicabilidade na organização e em sua cadeia de suprimentos como um todo. O estudo é caracterizado como uma pesquisa aplicada de caráter qualitativo, classificado como uma pesquisa descritiva e foram utilizados os procedimentos técnicos de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e estudo de caso, apoiados na utilização do Modelo conceitual para o estudo da adoção de inovação proposto por Nemoto (2009) além da aplicação de questionários e entrevistas. Os resultados mostram que a tecnologia RFID é aplicável, no contexto da empresa estudada e que a sua utilização provou-se eficaz sendo peça chave na integração da cadeia de suprimentos da empresa e contribuindo com a melhoria do nível de serviço.

Palavra-chave: Cadeia de Suprimentos, Logística, Tecnologia da Informação, Identificação por Rádio Frequência, Lavanderia Industrial.

ABSTRACT

In the past decades, the markets is becoming increasingly competitive and it's being required from the companies high service levels not only in terms of their own production process but also a synergic integration with it's Supply Chain, so that the logistics, linked to the information technology, began to play an essential and strategic role in the survival of the enterprises. In this context, the present study aimed to analyze the implementation of the Radio Frequency Identification (RFID) in an industrial laundry located in the state of Ceará, verifying the criteria to be taken into consideration in its adoption, its positive and negative impacts and highlighting how is its practical utilization, from the strategic to the operational level. The research is characterized as a qualitative and applied research, being classified as descriptive research where were used technical procedures, such as bibliographical research, documentary research and case study, supported by the utilization of the conceptual model for the study of innovation adoption, proposed by Nemoto (2009), also combined with the application of questionnaires and interviews. The results show that the RFID technology is applicable in the context of the studied company and that its use has proven to be effective and is a key in the company's Supply chain integration, contributing to the improvement of the service levels.

Keywords: Supply Chain, Logistics, Information Technology, Radio Frequency Identification, Industrial Laundry.

LISTA DE SIGLAS

ALE – *Application Level Events*
CSCMP – *Council Of Supply Chain Management Professionals*
EPC – *Eletronic Product Code*
FIFO – *First in, first out*
GSC – Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos
HF – *High Frequency*
ID – Identificação
ISM – *Industrial Scientific or Medical*
LF – *Low Frequency*
MF – *Microwave Frequency*
PEPS – Primeiro que entra, primeiro que sai
RF – *Radio Frequency*
RFID – *Radio Frequency Technology RX* – Conexão de Recepção
RO – *Read Only*
RW – *Read/Write*
TI – Tecnologia da Informação
UHF – *Ultra High Frequency*
VHF – *Very High Frequency*
WMS – *Warehouse Management System*
WORM – *Write Once Read Many*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estágios em cadeia de suprimentos.	23
Figura 2 - Um modelo do gerenciamento da cadeia de suprimentos.	25
Figura 3 - Agrupamento de tecnologias orientadas à auto-identificação.	28
Figura 4 – Ilustração de sistema que usa RFID.....	29
Figura 5 - Arquitetura RFID.....	30
Figura 6 - Onda Eletromagnética.	30
Figura 7 - Maiores partes do espectro magnético com frequência em Hz mostradas na escala logarítmica.....	31
Figura 8 - Componentes básicos de uma etiqueta.	34
Figura 9 - Exemplos de etiquetas RFID passivas.....	35
Figura 10 - Exemplo de uma etiqueta ativa.....	37
Figura 11 - Estrutura de um etiqueta semi-ativa.	38
Figura 12 - O papel do leitor no processo de coleta de informação.....	40
Figura 13 - Subsistemas de um leitor.	41
Figura 14 - Utilização do Speedpass.	47
Figura 15 - Exemplo de utilização da tecnologia RFID na rede Marks & Spencer.	48
Figura 16 - Leitor RFID instalado em esteiras da Delta Airlines.....	49
Figura 17 - Modelo conceitual para decisão da tecnologia RFID.....	52
Figura 18 - Modelo conceitual para o estudo de barreiras e facilitadores na implementação da tecnologia RFID na manufatura.	55
Figura 19 - Etapas da pesquisa.....	58
Figura 20 - Modelo para decisão de implementação da tecnologia RFID em uma lavanderia industrial.	59
Figura 21 - Modelo para o estudo de barreiras e facilitadores na implementação tecnologia RFID em uma lavanderia industrial.	59
Figura 22 – Primeira etiqueta utilizada pela empresa compatível com a frequência HF (<i>High Frequency</i>).....	68
Figura 23 – Etiquetas RFID utilizadas pela empresa e suas diferentes frequências	69
Figura 24 – Invólucro utilizado para proteção das etiquetas RFID.....	70
Figura 25 – Uniforme equipado com etiqueta RFID e identificador nominal	71

Figura 26 – Antena e Leitor RFID	71
Figura 27 – Esquema do fluxo de produção básico da lavanderia industrial	72
Figura 28 – Antenas RFID presentes na esteira da área suja	73
Figura 29 – Local de manuseio da tecnologia RFID na área da calandra	74
Figura 30 – Interface do sistema de gestão em caso de incompatibilidade entre a etiqueta e o cliente	75
Figura 31 – Interface do sistema de gestão em casos de leitura correta das etiquetas RFID ..	75
Figura 32 – Cabine leitora RFID	76
Figura 33 – Software de gestão: interface de rastreabilidade no processo produtivo	78
Figura 34 – Software de gestão: interface de rastreabilidade nas áreas do hospital.....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparativo entre etiquetas passivas x semi-ativas x ativas.	38
Quadro 2 - Descrição de fatores e subfatores influenciadores de decisão.	53
Quadro 3 - Desdobramento do modelo conceitual para o estudo da adoção da tecnologia RFID.	54
Quadro 4 – Desdobramento do modelo conceitual para o estudo de barreiras e facilitadores na implementação da tecnologia RFID	56
Quadro 5 - Desdobramento do modelo conceitual para o estudo da adoção da tecnologia RFID em uma lavanderia industrial.	60
Quadro 6 -. Desdobramento do modelo conceitual para o estudo das barreiras e facilitadores à implementação da tecnologia RFID em uma lavanderia industrial	62
Quadro 7 - Resultados obtidos com relação à análise dos fatores influenciadores.....	82
Quadro 8 - Resultados obtidos com relação à análise das barreiras e facilitadores	83

SUMÁRIO

1.1	Contextualização	14
1.2	Objetivos	15
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	15
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	15
1.3	Justificativa	16
1.4	Metodologia do trabalho	17
1.5	Limites da pesquisa	20
1.6	Estrutura do trabalho	20
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1	Cadeia de Suprimentos	22
2.1.1	<i>Definições</i>	22
2.1.2	<i>Objetivo da Cadeia de Suprimentos</i>	24
2.1.3	<i>Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos</i>	24
2.2	Tecnologia da Informação	26
2.3	A tecnologia RFID	27
2.3.1	<i>Ondas de Rádio Frequência</i>	30
2.3.1.1	<i>Classificação de Frequências RFID</i>	31
2.3.2	<i>Arquitetura RFID</i>	33
2.3.3	<i>Etiquetas RFID</i>	33
2.3.3.1	<i>Diferenciação baseada na presença de uma fonte de energia</i>	35
2.3.3.2	<i>Diferenciação baseada na capacidade de regravação de informação</i>	38
2.3.4	<i>Leitores RFID</i>	40
2.3.4.1	<i>Antena RFID</i>	42
2.3.5	<i>Middleware RFID</i>	42
2.3.6	<i>EPC – Eletronic Product Code</i>	43
2.4	Benefícios e desafios da tecnologia RFID	43
2.5	Aplicação da tecnologia RFID	45
2.6	Casos práticos da aplicação da tecnologia RFID	46
2.6.1	<i>Wal-Mart</i>	46
2.6.2	<i>Speedpass</i>	46
2.6.3	<i>Marks & Spencer</i>	47

2.6.4	<i>Controle de bagagem – Delta Airlines</i>	49
2.6.5	<i>Supermercado do Futuro – Metro</i>	50
2.7	Modelo Conceitual para adoção da Tecnologia RFID	51
2.7.1	<i>Contexto de adoção do modelo</i>	51
2.7.2	<i>Fatores e subfatores influenciadores na decisão de adoção da tecnologia RFID</i> ..	52
2.7.3	<i>Barreiras e facilitadores na implementação da tecnologia</i>	54
2.7.4	<i>Limitações do modelo</i>	56
3.	ESTUDO DE CASO	57
3.1	Caracterização da empresa	57
3.2	Etapas da pesquisa	57
3.3	Elaboração dos questionários	58
3.3.1	<i>Questionário técnico</i>	62
3.3.2	<i>Questionário para gestores</i>	63
3.3.2	<i>Questionário para operadores</i>	63
3.4	Aplicação dos questionários e entrevistas	64
3.4.1	<i>Aplicação do questionário técnico</i>	64
3.4.2	<i>Aplicação do questionário para gestores</i>	65
3.4.3	<i>Aplicação do questionário para operadores</i>	66
3.5	Análise dos dados coletados	66
3.5.1	<i>Início da aplicação da tecnologia RFID</i>	67
3.5.2	<i>Parâmetros atuais de utilização tecnologia RFID</i>	68
3.5.3	<i>RFID no fluxo produtivo</i>	72
3.5.4	<i>A integração da tecnologia RFID na cadeia de suprimentos</i>	77
3.5	Resultados da tecnologia RFID	80
3.6	Próximos passos com relação à tecnologia RFID	83
4.	CONCLUSÕES	85
4.1	Conclusão	85
4.2	Recomendações para futuros trabalhos	86
4.3	Considerações finais	87
	REFERÊNCIAS	88
	APÊNDICE 1	93
	APÊNDICE 2	95
	APÊNDICE 3	96
	ANEXO 1	98

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Há algumas décadas, o mercado brasileiro vem sendo palco de mudanças significativas. A globalização e os avanços tecnológicos atrelados a um nível de serviço cada vez mais elevado exigido pelo cliente, forçam as empresas a se especializarem e a oferecerem produtos diferenciados ao mesmo tempo em que reduzem seus custos.

As mutações sucessivas que ocorrem na economia, na tecnologia, nos mercados e nos clientes provocam óticas diferentes de análise, e a melhoria de métodos e processos é fator indispensável para reduzir custos e aumentar a possibilidade de entrada em mercados novos. O resultado disso é um aumento considerável na competitividade entre as empresas (GONÇALVES, 2013).

Para a conquista de diferenciais competitivos que garantissem a sobrevivência em longo prazo no mercado, tornou-se essencial o uso estratégico da informação e o desenvolvimento de uma visão holística e integrada dos processos de gestão envolvidos na empresa e da cadeia de suprimentos como um todo. Este interlace de informações permitiu que as empresas tornassem-se mais hábeis e reativas em sua capacidade de planejamento e atendimento ao cliente. A logística, quando atrelada às novas tecnologias surge como um instrumento eficaz para o alcance desse diferencial competitivo.

O progresso crescente em pesquisas em tecnologia da informação e a decorrente diminuição dos custos de fabricação e venda de elementos computacionais propicia a disseminação do uso de sistemas e ferramentas inteligentes na cadeia de suprimentos, através dos quais se busca aprimorar o controle, transporte e armazenagem de mercadorias, diminuindo a margem de erro nesses processos e permitindo que gerentes tenham mais assertividade na tomada de decisão, uma vez que estas serão embasadas em dados concretos e informações precisas.

A identificação por radiofrequência (*Radio-Frequency Identification* – RFID) é uma tecnologia que contribui para a automatização e informatização da coleta de informações. Esta tecnologia é capaz de identificar pessoas ou objetos através de ondas de rádio frequência e, na cadeia de suprimentos, tem como objetivo rastrear objetos sem a necessidade de contato físico ou visual. (MEHRJERDI, 2010).

A tecnologia RFID foi inicialmente pensada como um potencial substituto para os populares códigos de barra. Suas capacidades e benefícios, de fato, vão muito além das funcionalidades dos famosos traços brancos e pretos de seu predecessor. A diminuição da

interferência humana e a ausência de contato, ocasionando uma conseqüente redução de erros nos processos é apenas uma de suas vantagens.

No trabalho em questão, a utilização da tecnologia RFID se dará no contexto de uma lavanderia industrial localizada no município do Eusébio, no estado do Ceará. Com 11 anos de existência, a empresa em questão é especializada na assepsia e produção de materiais de utilização hospitalar como batas e lençóis e conta atualmente com 514 funcionários.

Como método para análise da viabilidade da adoção da tecnologia e de suas barreiras e facilitadores, utilizou-se o modelo conceitual para adoção da tecnologia proposto por Nemoto (2009). O modelo serviu como um guia para a elaboração dos roteiros de entrevistas aplicados bem como para a compilação e análise dos dados adquiridos.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo responder à seguinte pergunta: quais os benefícios e as dificuldades encontradas na implementação desta tecnologia em uma lavanderia industrial Cearense e quais os impactos da sua implementação na cadeia de suprimentos?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho é estudar a utilização da tecnologia de Identificação por Rádio Frequência em uma lavanderia industrial localizada no estado do Ceará, analisando-a quanto à sua aplicabilidade na organização e em sua cadeia de suprimentos como um todo.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Analisar os critérios de nível técnico, gerencial e operacional a serem considerados em decisões sobre a implementação da tecnologia RFID em uma empresa através do modelo conceitual para o estudo de adoção da inovação proposto por Nemoto (2009).
2. Definir os impactos, positivos e negativos, na cadeia de suprimentos da empresa, decorrentes da implementação da tecnologia RFID.
3. Destacar como é dada a utilização, do nível estratégico ao operacional, da tecnologia RFID na cadeia de suprimentos da empresa.

1.3 Justificativa

Segundo Roberti (2016), é um bom momento para se investir em RFID. O autor explica que as empresas produtoras da tecnologia fizeram um bom trabalho no aprimoramento dos seus produtos e a tecnologia funciona bem de um modo geral, mas suas soluções seriam mais rapidamente adotadas se elas tivessem um custo mais acessível, fossem mais robustas e mais fácil implementação. Deste modo, a RFID apresenta-se como uma tecnologia que superou os preconceitos iniciais e provou seu valor, sendo agora o momento de expandir ainda mais sua utilização e elevar os seus patamares de uso e geração de valor.

Ainda assim, muitas organizações ainda não investiram e não tem planos para fazê-lo. De acordo com Hardgrave (2015), existem quatro razões principais que ainda desmotivam os empreendedores a investir em RFID, sendo elas: a cultura da empresa, a estratégia corporativa, o trade-off entre objetivos de curto e longo prazo e o desenvolvimento da tecnologia.

No que diz respeito à estratégia corporativa, Hardgrave (2015) relata que muitas empresas ainda não conseguem encaixar a utilização do RFID em sua cadeia de valor. A aplicação da tecnologia torna-se justificável e até recomendável a partir do momento em que se passa a ser analisada com base no seu valor agregado, não focando apenas do seus custos iniciais de implantação.

Apesar das dificuldades ainda existentes de implementação e aceitação por parte das organizações, os avanços do RFID em termos de aprimoramento da tecnologia e aplicabilidade bem como os casos de sucesso já existentes multiplicam-se no mundo todo. No Brasil, ainda há um longo caminho a ser explorado. Roberti (2012), afirma que “a adoção de RFID no Brasil ainda está atrás dos Estados Unidos e da Europa, mas há alguns grandes projetos em andamento no país”.

Uma vantagem do mercado brasileiro é que há no país um grande conhecimento na área de identificação por radiofrequência. Existe uma diversa gama de soluções desenvolvidas com alto padrão de qualidade, capazes de competir diretamente no mercado internacional e um potencial de entrega reprimido (PERIN, 2016). Todos esses são fatores que endossam a existência de um mercado com imenso potencial a ser explorado no país.

Neste contexto, a tecnologia RFID é um objeto que permite o estudo e análise dos fatores envolvidos no processo de adoção de inovações.

1.4 Metodologia do trabalho

De acordo com Silva e Menezes (2005, p. 9):

A elaboração de um projeto de pesquisa e o desenvolvimento da própria pesquisa, seja ela uma dissertação ou uma tese, necessitam, para que seus resultados sejam satisfatórios, estar baseados em planejamento cuidadoso, reflexões conceituais sólidas e alicerçados em conhecimentos já existentes.

Segundo Prodanov e Freitas (2013), deve-se considerar como método científico todos os processos ou operações mentais que serão empregados na pesquisa, ele molda a forma de estruturar os pensamentos, direcionando a busca da natureza do problema a ser solucionado.

A metodologia é uma excelente ferramenta de mudança do modo de pensar, sentir, agir e comunicar além de possibilitar também a escolha dos melhores caminhos para extrair os melhores resultados de uma pesquisa científica. Consiste analisar, destrinchar e avaliar todos os métodos de possível utilização, levando em consideração as características, limitantes ou não, à sua utilização (RAMOS, 2009).

Silva e Menezes (2005) determinam que a metodologia deve proporcionar um detalhamento da pesquisa, retratando como será executada a pesquisa, seu desenho metodológico, o universo onde será aplicada, como será selecionada a amostra e como serão coletados os dados. Além disso, se deve indicar quais instrumentos de pesquisa serão utilizados bem como a maneira como será feita a tabulação e análise dos dados coletados. Todas as etapas da pesquisa devem ser bem detalhadas a fim de que, ao final do processo, o leitor seja capaz de aplicar a pesquisa, caso o queira fazê-lo. Os autores também estratificam as pesquisas quanto à sua natureza, à forma, aos objetivos e aos procedimentos técnicos.

No que diz respeito à sua natureza, o presente trabalho é definido como uma Pesquisa Aplicada. Uma característica definidora de uma pesquisa aplicada é o fato de seus objetivos visarem a aplicação prática e a solução de problemas existentes. (MATIAS-PEREIRA, 2012). Deste modo, neste trabalho, tem-se como objetivo a aplicação de um questionário, de caráter majoritariamente qualitativo, a respeito da aplicação, vantagens e desvantagens da aplicação da tecnologia RFID em um sistema de produção.

Quanto à abordagem do problema, a pesquisa caracteriza-se como Qualitativa, dado que, segundo Berto e Nakano (2012), tem como objetivo a aproximação a teoria dos

fatos por meio da interpretação de episódios isolados ou únicos. Os autores descrevem que uma das principais características da pesquisa qualitativa é o fato desta privilegiar o conhecimento das relações entre contexto e ação e que é através de análises fenomenológicas e da subjetividade que se alcançam resultados. Um importante elemento que também caracteriza a pesquisa em questão como qualitativa é o fato desta, segundo Prodanov e Freitas (2013), “não utilizar dados estatísticos como o centro do processo de análise de um problema”. Além disso, os autores ressaltam o fato de que “os dados que são coletados nessas pesquisas são descritivos, retratando o maior número possível de elementos existentes na realidade estudada.” A pesquisa Qualitativa manifesta-se principalmente na primeira fase do estudo de caso, quando é aplicado um questionário seguido de uma entrevista com os funcionários da empresa para coletar informações sobre a aplicação e as vantagens da implementação do RFID.

Já com relação aos objetivos, a presente pesquisa é definida como descritiva, uma vez que os fatos observados foram registrados e descritos sem que houvesse interferência externa por parte do pesquisador. (PRODANOV, FREITAS, 2013).

Por fim, ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa utilizou-se os procedimentos técnicos de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e estudo de caso.

A principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente (GIL, 2007, p.45).

Pelo fato da tecnologia RFID ainda não ser amplamente conhecida, principalmente no Brasil, e também por apresentar um aspecto técnico complexo e inovador com relação à tecnologia considerada sua “predecessora”, os códigos de barras, tomou-se o cuidado de abordar, na pesquisa bibliográfica, sua definição e princípios de funcionamento de maneira simples e clara, detalhando seus componentes e funcionalidades de modo a familiarizar os leitores com a tecnologia e prepara-los para a compreensão de suas aplicações.

A pesquisa bibliográfica teve como base para a sua realização o estudo de livros, revistas, artigos científicos e dissertações envolvendo o tema da gestão da cadeia de suprimentos, da tecnologia RFID e de suas aplicações na cadeia produtiva.

Já no que diz respeito à ferramenta de estudo de caso, devemos considerar, segundo Yin (2001), que este pode ser diferenciado em quatro tipos, classificados em função das dimensões da análise. Estas dimensões de análise podem basear-se tanto no número de

casos (que pode ser um caso único ou múltiplos casos) como na quantidade de unidades de análise (também distinta em única ou múltipla). No caso, a presente pesquisa pode ser definida como um estudo de caso único e também com uma única unidade de análise.

O caso analisado teve como base a aplicação de um questionário seguido de entrevistas com gestores e funcionários envolvidos no processo produtivo da empresa. Em paralelo, recorreu-se também recorreu-se à documentação indireta (que engloba a pesquisa bibliográfica) para a obtenção de dados e informações complementares que pudessem endossar o caso.

Para a elaboração do questionário aplicado e para a análise dos dados coletados, utilizou-se como base dois modelos desenvolvidos por Nemoto (2009). O primeiro consiste em um modelo conceitual para decisão de adoção da tecnologia RFID, onde os fatores influenciadores são divididos em quatro macro-grupos principais, que serão detalhados ao longo do trabalho. Já o segundo método consiste em um modelo conceitual para o estudo de barreiras e facilitadores na implementação da tecnologia RFID na manufatura. Adaptações quanto à forma e fatores abordados nos modelos precisaram ser feitas para melhor adequá-los à realidade do presente trabalho.

As perguntas aplicadas nos questionários tinham um caráter qualitativo, sendo algumas essencialmente abertas e em outras sendo empregada a Escala Likert, de acordo com o grau de detalhamento exigido pelas perguntas e o público ao qual eram destinadas.

As perguntas abertas são definidas por Lakatos e Marconi (2010, p.187) como àquelas “que permitem ao informante responder livremente, usando linguagem própria, e emitir opiniões”.

Michel (2009) relata que a Escala Likert é um instrumento importante no campo de pesquisas sociais uma vez que permite a quantificação de opiniões, proporcionando uma análise, quantitativa e qualitativa, mais crítica e detalhada dos dados obtidos. A autora também ressalta que, neste tipo de pesquisa, não são feitas perguntas, e sim frases que fazem afirmativas ou juízos de valor, com as quais o entrevistado deve assinalar se concorda totalmente, concorda, não concorda e nem discorda, discorda ou discorda totalmente. Utiliza-se uma escala de medidas, onde não apenas o entrevistado demonstra sua opinião a respeito de um objeto, mas ressalta seu grau de concordância ou discordância a respeito das afirmações feitas.

É importante ressaltar que a maior parcela das informações coletadas da empresa foram registradas através de gravações de áudio (autorizadas pelos entrevistados). Apesar de ter-se disponível o questionário físico durante as entrevistas, optou-se pelos registros vocais

por questões de tempo e também por este meio possibilitar uma riqueza maior de informações coletadas.

1.5 Limitações da pesquisa

O presente trabalho tem como objetivo uma análise da implementação da tecnologia RFID em uma empresa especializada em lavagem industrial. Por conta do próprio objetivo do trabalho, de critérios de confidencialidade e limitações da empresa, as análises em questão restringiram-se à critérios qualitativos, não sendo utilizados dados números de mensuração dos efeitos e resultados da aplicação da tecnologia.

Outro fator limitador foi a ausência de padrões de comparação no mercado Cearense. A tecnologia RFID ainda é pouco conhecida no estado e a maior parte das implementações existentes são limitadas à armazenagem dos produtos finais, de modo que não existiam parâmetros de comparação de desempenho a serem aplicados para mensurar os resultados extraídos dos questionários.

1.6 Estrutura do trabalho

Este trabalho é dividido em 5 capítulos que serão explanados abaixo:

O capítulo 1 aborda uma visão geral do trabalho. Na introdução, o contexto de aplicação do trabalho é apresentado, bem como seus objetivos gerais e específicos, a metodologia utilizada, a justificativa, as limitações encontradas na elaboração e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 apresenta à revisão bibliográfica e especifica os conceitos de cadeia de suprimentos, seu gerenciamento e tecnologia da informação. O capítulo também aborda, de forma bem detalhada, a tecnologia RFID, descrevendo o seu princípio de funcionamento, componentes, exemplos de aplicações práticas e seus benefícios e possíveis limitações.

O capítulo 3 descreve o modelo conceitual para adoção de inovação, ferramenta adotada para alcançar o primeiro objetivo específico deste trabalho e proposto com Nemoto (2009).

No capítulo 4 tem-se o estudo de caso, onde são descritas como o modelo conceitual para adoção de inovação foi adaptado para sua utilização no presente trabalho, a elaboração dos questionários empregados e sua aplicação. Além disso foram descritos também os resultados observados através da implementação da tecnologia RFID na empresa.

No capítulo 5, encontram-se as conclusões do estudo realizado, suas limitações e as recomendações para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, apresenta-se a revisão bibliográfica necessária à compreensão dos principais conceitos utilizados para desenvolver o estudo.

Primeiramente, são expostos os conceitos de cadeia de suprimentos, suas ramificações e complexidades.

Em seguida, há uma explanação sobre tecnologias da informação, principalmente ligadas à logística, as vantagens e desvantagens de sua utilização.

Dando continuidade é explanada tecnologia RFID, sua origem, definição e mecanismos de funcionamento. Também são detalhados seus componentes e seu meio de comunicação através de ondas eletromagnéticas.

Por fim, são mostradas os benefícios e desafios da aplicação desta tecnologia e são mostrados exemplos de sua aplicação em diversas cadeias produtivas.

2.1 Cadeia de Suprimentos

2.1.1 Definições

Tradicionalmente, a maioria das organizações viam-se como entidades que existiam e atuavam de maneira independente umas das outras para sobreviverem no mercado. Essa filosofia, porém, apoia-se em uma lógica que pode, por muitas vezes, promover a “auto-sabotagem” das empresas, uma vez que determina que é melhor o fracasso à possibilidade de uma cooperação mútua (CHRISTOPHER, 2005).

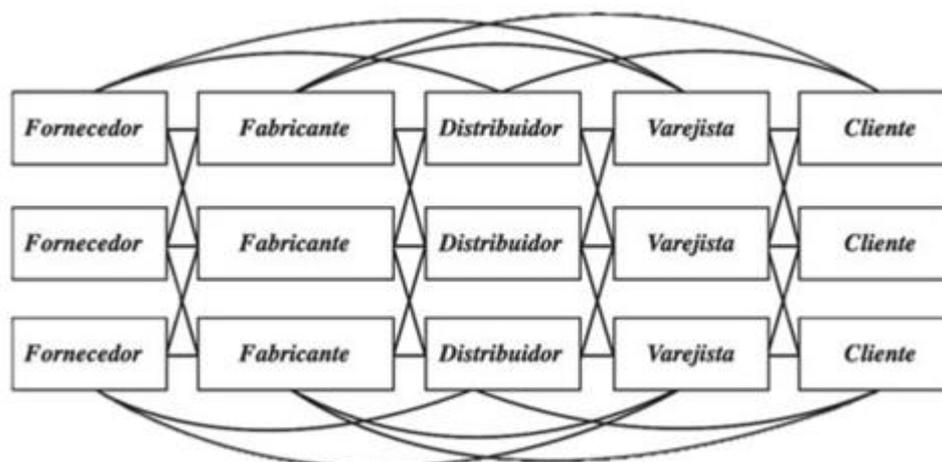
Essa é uma lógica que vem sendo mudada ao longo dos anos. Ao trabalhar-se com o conceito de uma cadeia de suprimentos deve-se partir do princípio que é inviável para uma empresa exercer suas atividades de forma isolada. De acordo com Chopra e Meindl (2016, p. 3),

Uma cadeia de suprimentos consistem em todas as partes envolvidas, direta ou indiretamente, no pedido de um cliente. Ela inclui não apenas o fabricante e os fornecedores, mas também transportadoras, armazéns, varejistas e até mesmo os próprios clientes.

Ballou (2006) segue a mesma linha de raciocínio, ao afirmar que a cadeia de suprimentos é o conjunto de atividades funcionais que se repetem inúmeras vezes ao longo do canal pelo qual matérias-primas vão sendo convertidas em produtos acabados, aos quais se

agrega valor ao consumidor. Na figura 1, pode-se ter uma visão dos estágios em uma cadeia de suprimentos:

Figura 1 - Estágios em cadeia de suprimentos.



Fonte: Chopra e Meindl (2016).

São importantes características de uma cadeia de suprimentos o dinamismo e as constantes variações às quais o sistema está submetido (SIMCHI-LEVI; KAMINSKY; SIMCHI-LEVI, 2010). Através dessas características, busca-se primordialmente a satisfação das necessidades do cliente. As informações são repassadas constantemente com o intuito que o processo seja realizado de maneira eficiente e eficaz, maximizando o valor entregue ao final do processo.

Chopra e Meindl (2016) definem que uma cadeia de suprimentos típica pode envolver uma série de estágios, incluindo: clientes, varejistas, atacadistas ou distribuidores, fabricantes e fornecedores de componentes e matérias primas. Não obrigatoriamente uma cadeia de suprimentos apresentará todos estes estágios, mas é importante para a harmonia da cadeia que cada estágio presente tenha suas funções, interações e entregas bem definidas.

Há uma divergência entre autores sobre o uso da expressão Cadeia de Suprimentos e muitos optam por substituí-lo pelo termo Rede de Suprimentos. Segundo Pires (2014), os dois conceitos distinguem-se por meio de uma diferença básica: enquanto a lógica da cadeia é relacionada a uma sequência linear de processos onde uma sequência pré-definida é seguida de maneira fiel, a lógica da rede é normalmente ligada a estruturas mais complexas onde a linearidade na ordem e execução dos processos é algo incomum. Ambas diferem também no contato com o cliente pois, na lógica da cadeia o contato com o cliente é comumente estabelecido nos elos finais da sequência enquanto na rede o contato não se restringe ao elo final até mesmo por uma dificuldade em estabelecer qual é esse último elo.

Outra definição que surge para aprimorar o conceito da cadeia de suprimentos é o de cadeia de suprimentos integrada, que, segundo Bowersox *et al.* (2014, p.7), “é a colaboração entre empresas dentro de uma estrutura de fluxos e recursos essenciais”. Os autores afirmam que essa perspectiva de cadeia integrada revoluciona as conexões tradicionais dos canais uma vez que as ligações estabelecidas deixam de ser frágeis, entre empresas independentes e que tem entre si apenas uma relação de compra e venda de itens e tornam-se uma iniciativa estrategicamente organizada e implementada com a finalidade impactar positivamente no mercado, na eficiência geral, melhoria contínua e vantagem competitiva.

Chega-se a conclusão, então, que toda empresa que estabelece alguma relação com um produto ou serviço faz parte de uma cadeia de suprimentos e seu sucesso é determinado pelo elo mais frágil dessa cadeia (TAYLOR, 2005).

2.1.2 Objetivo da Cadeia de Suprimentos

Segundo Chopra e Meindl (2016; p.5), “o objetivo de uma cadeia de suprimentos deve ser maximizar o valor geral gerado”, sendo esse valor geral definido como a diferença entre quanto o produto final vale para o cliente e os custos que foram envolvidos e despendidos pela cadeia para proporcionar esse valor ao cliente. Ao trabalhar-se com o conceito de cadeia de suprimentos, assume-se que a busca por esse valor deverá ser um dever não apenas de uma operação isolada, mas um objetivo comum de todas as organizações pertencentes à rede e os esforços para sua potencialização devem ser compartilhados e sinérgicos.

Uma consequência disso é que as disputas de mercado deixaram de ser travadas entre empresas rivais, sendo a nova concorrência real batalha entre as diversas cadeias de suprimentos. Esse fato contribui para aumentar o nível de esforço necessário para ganhar a preferência do cliente, tornando essencial a quebra das barreiras que possam existir entre empresas de uma mesma rede e um olhar atento ao gerenciamento das relações entre elas. (TAYLOR, 2005).

2.1.3 Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos

Uma vez tendo definido o conceito de uma cadeia de suprimentos, pode-se então discorrer sobre seu gerenciamento. Este consiste na cooperação entre diversas empresas e

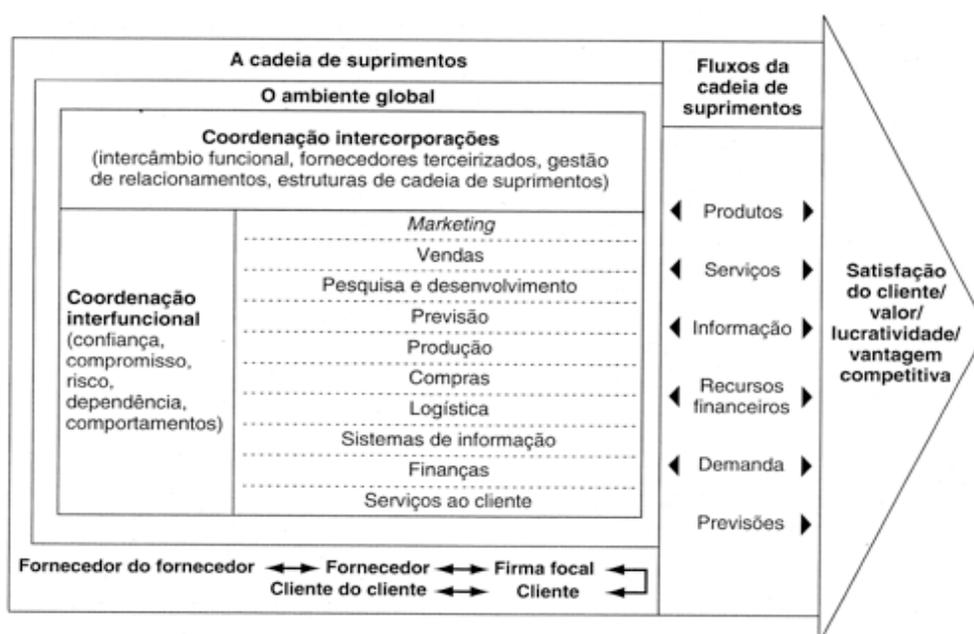
organizações de modo a impulsionar o posicionamento estratégico num fluxo contínuo de melhoria na eficiência dos processos (BOWERSOX *et al.*, 2014).

Para melhor entender o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GSC) é importante ressaltar a sua diferença para o gerenciamento da logística. Segundo Gomes e Ribeiro (2004), enquanto o gerenciamento da logística tem como principal foco a otimização dos fluxos dentro da organização, a GSC entende que apenas a organização interna não é suficiente para garantir um desempenho competitivo. Já a definição do *Council Of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP) estabelece que a gestão logística é a parte do gerenciamento da cadeia de suprimentos que planifica, implementa e controla, de modo eficiente e eficaz, o fluxo e armazenamento de bens, serviços e informações relacionadas, desde o ponto de origem até o momento do consumo, tendo em vista o atingimento dos requisitos dos clientes.

Apesar de apresentarem definições distintas, na prática é difícil a separação entre a gestão da logística empresarial não é tão evidente, visto que, em diversos aspectos, ambas têm uma mesma missão: “colocar os produtos ou serviços certos no lugar certo, no momento certo, e nas condições desejadas, dando ao mesmo tempo a melhor contribuição possível para a empresa.” (BALLOU, 2016, p. 28).

A figura 2, situada abaixo, apresenta um modelo de gerenciamento da cadeia de suprimentos, seus fluxos e áreas envolvidas.

Figura 2 - Um modelo do gerenciamento da cadeia de suprimentos.



Fonte: Ballou (2006).

É importante ressaltar que um o gerenciamento da cadeia de suprimentos, para ser realizado de maneira eficaz, deve ter como objetivo maximizar o excedente total da cadeia, ou seja, aumentar a percepção de valor do cliente e reduzir os custos envolvidos no processo através do gerenciamento de ativos e produtos, informações e fluxo de fundos (CHOPRA; MEINDL, 2016).

O foco do gerenciamento da cadeia de suprimentos, segundo Christopher (2012) deve ser prioritariamente a gestão das relações entre os elementos envolvidos na rede, conciliando os interesses próprios de cada um dos envolvidos em benefício do benefício de toda a cadeia. O autor também destaca que uma gestão eficaz da cadeia de suprimentos deve uma fonte de vantagem competitiva, ou seja, deve impulsionar a rede a estar em uma posição de superioridade duradoura com relação aos seus concorrentes no que diz respeito à escolha do cliente, combinando a excelência do produto com a excelência operacional.

No contexto da sociedade atual, diversas empresas enxergam a consolidação da internet e de outras tecnologias da informação como uma excelente oportunidade para a adoção dessas ferramentas no apoio à reestruturação do fluxo de valor da cadeia, partindo do pressuposto que estas auxiliarão no estabelecimento de fluxos de informação mais confiáveis (FLEURY; WANKE; FIGUEIREDO, 2010).

2.2 Tecnologia da Informação

Para as empresas e organizações atuais, informação não são simplesmente dados agrupados, é um patrimônio e o seu valor aumenta a medida que é usada para a tomada de informações gerenciais. (ROSINI PALMISANO, 2012). Quando se tratando de informação digital a mudança também aconteceu de forma significativa, transformando bytes aglomerados em ferramentas poderosas para que empresas e gestores alcancem seus objetivos.

“A tecnologia da informação é uma das muitas ferramentas que os gerentes utilizam para enfrentar mudanças e complexidade” (LAUDON, 2014, p.16).

Partindo do princípio de que a informação é um patrimônio, um diferencial competitivo e um direcionador para a tomada de decisões, torna-se essencial o uso de recursos tecnológicos de maneira apropriada de modo a potencializar os resultados e a relevância do uso desta informação no negócio.

Segundo Chiavenato (2010), o fluxo de informações que fluem dentro de uma empresa é enorme e, por conta disso, também muito complexo. Para minimizar essa complexidade e facilitar o acesso à informação, estas precisam ser catalogadas e classificadas. Somente assim o sistema será então simplificado, viabilizando o intercâmbio informacional, além do seu processamento, armazenamento e cruzamento.

Deste modo “a TI - tecnologia da informação – representa os processos, as práticas ou os sistemas tanto físicos como conceituais que facilitam o processamento, arquivamento, transporte e divulgação de dados e informações através da empresa” (CHIAVENATO, 2010, p.62).

A tecnologia da informação é uma aliada fundamental da logística. Ao atrelar sua diversa complexidade com a utilização intensiva da crescente gama de novas tecnologias, a logística torna-se uma arma estratégica a ser explorada, revolucionando o mercado mundial (FLEURY; WANKE; FIGUEIREDO, 2010).

2.3 A tecnologia RFID

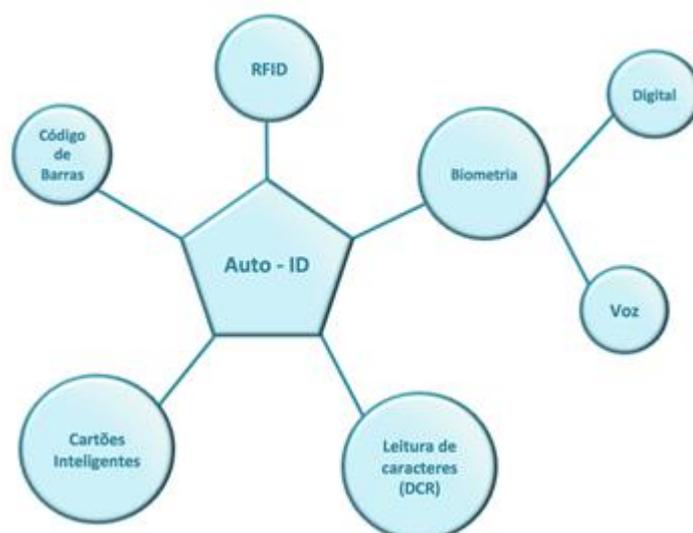
Apesar de sua difusão e ampla utilização ser relativamente recente, tecnologia de identificação por rádio frequência não pode ser considerada nova, uma vez há registros seus estudos e utilizações primitivas desde a Segunda Guerra Mundial. Já na década de 1940, radares eram utilizados para detectar a aproximação de aviões. Estes radares eram utilizados com o intuito de identificar se os aviões rastreados eram inimigos ou aliados e já funcionavam como uma primeira versão do que um dia tornar-se-ia a tecnologia RFID (CURTY *et al.*, 2007)

Um dos fatores limitadores para sua disseminação é o fato desta tecnologia apresentar altos custos iniciais de implementação, o que faz que seja muitas vezes desconhecida das pessoas de modo geral (RIBEIRO; BATALHA; SCAVARDA, 2011).

Apesar de seu conceito ser antigo, os sistemas e aplicações atualmente desenvolvidos são bastante inovadores no que diz respeito à integração e automatização de processos bem como da redução de influência humana nas operações. Na década de 70, a tecnologia RFID foi proposta como uma alternativa para o código de barras mas seu elevado custo, sete vezes maior que o do seu predecessor, inviabilizou sua escolha. (SCHUSTER; ALLEN; BROCK, 2007). A tendência para o futuro desta tecnologia é que, com a intensificação das pesquisas na área, os custos de produção sejam reduzidos, difundindo o acesso às suas funcionalidades e benefícios.

Segundo Lahiri (2006), a tecnologia RFID é considerada como uma subdivisão das tecnologias de auto-identificação (*Auto-Id*), mais precisamente, das de auto-identificação sem fio (*wireless*). Uma tecnologia *Auto-Id* tem como característica principal a capacidade de identificação automática de objetos através de um código específico. Uma tecnologia *Auto-Id* é uma tecnologia de identificação automática, isto é, que identifica pessoas ou objetos automaticamente através de um código específico que, no caso do RFID, é transportado para os leitores por meio de ondas eletromagnéticas. Estes leitores então processam e enviam as informações para os bancos de dados das empresas e estes alimentam seus sistemas de informação.

Figura 3 - Agrupamento de tecnologias orientadas à auto-identificação.

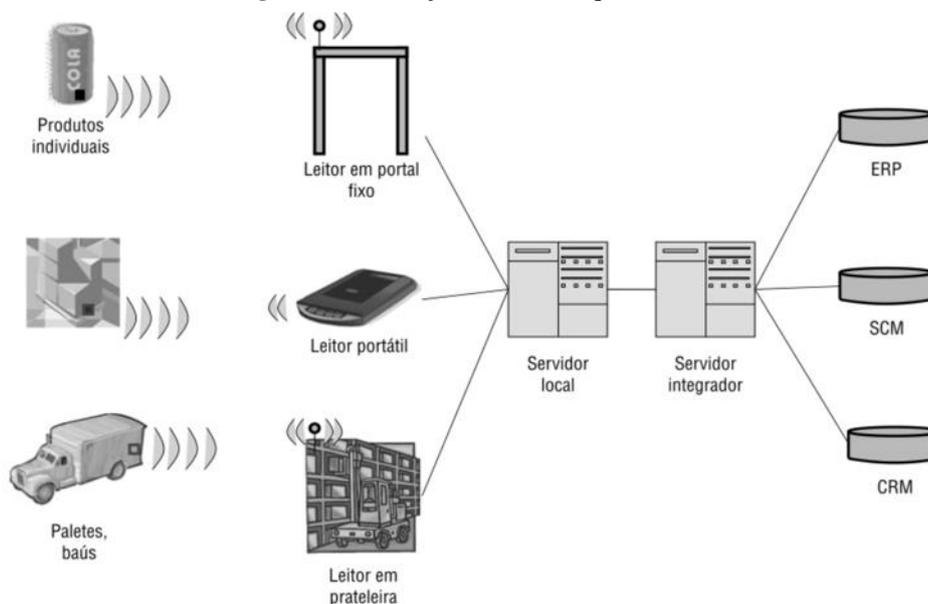


Fonte: Adaptado de Finkenzeller (2003).

Como mencionado acima, o princípio base de funcionamento de sistemas RFID é utilizar radiofrequências de modo a fornecer identificação e localização automáticas de objetos, materiais ou produtos. Para que essa identificação seja possível, é necessário que os itens tenham atrelados a eles “etiquetas” (*tags*) (GRANT, 2014).

As informações específicas com as características do item em questão assim como sua localização ficam gravadas em microchips embutidos nas etiquetas, transmitindo esses dados para os leitores RFID sem a necessidade de estar obrigatoriamente no campo visual deste leitor. Tudo o que estiver identificado dentro do raio de ação será registrado automaticamente. A figura 4 exemplifica um sistema que utiliza a tecnologia RFID.

Figura 4 – Ilustração de sistema que usa RFID



Fonte: Corrêa (2010).

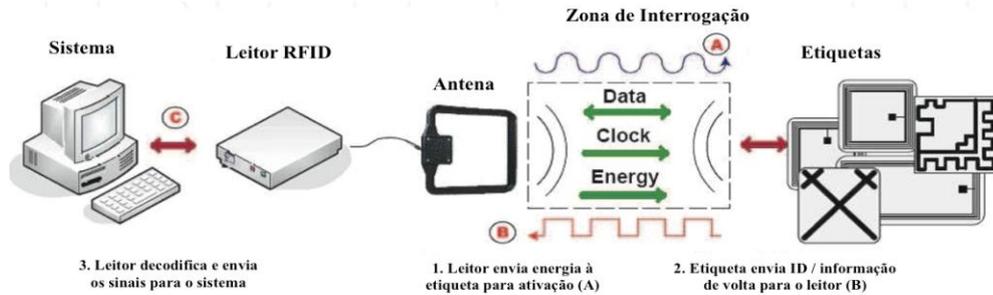
Segundo a empresa IBM (2003), as etiquetas inteligentes utilizadas na RFID estão se tornando o novo código de barras: “*Smart tags: RFID becomes the new bar code*”. A empresa, que diz que as etiquetas RFID são como códigos de barra que funcionam a distância, também acredita que os benefícios dessa tecnologia vão transformar o mercado. A medida que seus custos forem reduzidos, suas aplicações aumentarão drasticamente, impactando diretamente as estratégias empresariais de uso de informação.

A rede americana de supermercados Wal-Mart, foi uma das pioneiras na adoção da tecnologia em sua cadeia de suprimentos e este fato tornou-se um marco para a promoção do RFID. Um dos pontos chave para tal foi o fato da empresa não apenas optar por adotar a tecnologia, mas de exigir que as mercadorias recebidas de mais de cem fornecedores já viessem identificadas com as etiquetas inteligentes (*EPC tags – Eletronic Product Codes*). Segundo a empresa, este requerimento era necessário para que eles próprios não precisassem arcar com este custo, o que implicaria num repasse significativo no preço do consumidor final (WAL-MART, 2003).

Uma vez que esta tecnologia é entendida não como apenas um custo extra mas como um meio para aumentar a eficiência dos processos e o nível de serviço as vantagens de sua aplicação e suas funcionalidades tornam-se evidentes. Mas, para que tal entendimento seja profundo, é necessária uma compreensão de suas partes constituintes. Em sua estrutura básica,

um sistema RFID apresenta os seguintes componentes: uma *tag*, leitor, antenas, sensores e atuadores, infraestrutura de comunicação (*middleware*) e servidores e *software* (LAHIRI, 2006). Estes componentes são retratados na figura 5 e detalhados posteriormente ao longo do trabalho.

Figura 5 - Arquitetura RFID.



Fonte: Adaptado de Glasser *et. al.*, (2007).

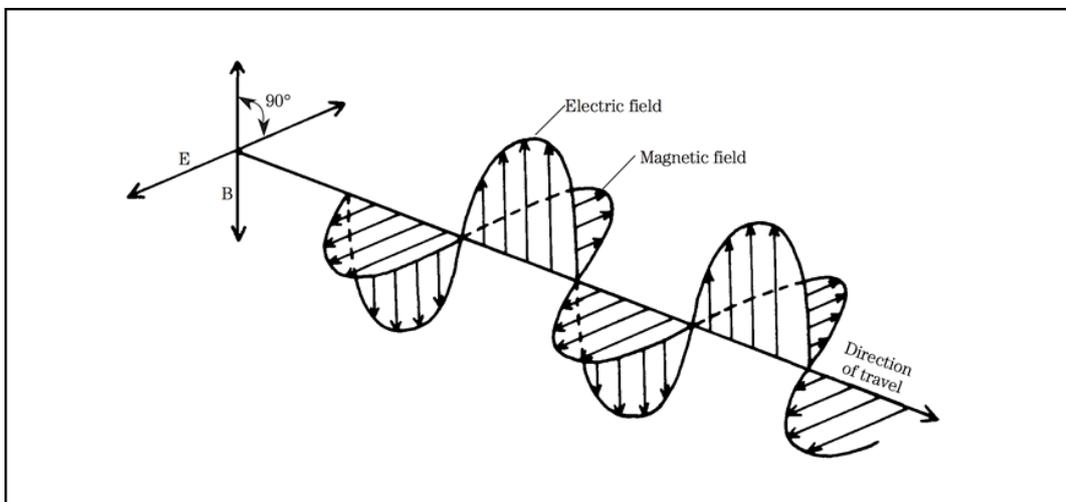
2.3.1 Ondas de Rádio Freqüência

A tecnologia RFID tem como princípio de funcionamento a teoria das ondas eletromagnéticas, mais especificamente de ondas de radiofrequência, usadas como um meio para o transporte e movimentação de informações (PEDROSO, ZWICKER, SOUZA, 2009).

“Ondas transportam energia e quantidade de movimento linear, mas não transportam matéria.” (Tipler, 2009, p.501).

Segundo Tipler (2009, p. 512), as ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio para se propagarem e “são produzidas quando cargas elétricas livres aceleram ou quando elétrons ligados a átomos e a moléculas sofrem uma transição para estados mais baixos de energia”.

Figura 6 - Onda Eletromagnética.



Fonte: Carr (2001).

Segundo Carr (2001), as características das ondas eletromagnéticas alteram-se de acordo com sua frequência (f), ou seja, do número de ciclos por unidade de tempo. Essa frequência é inversamente proporcional ao seu comprimento de onda (λ), que é a distância entre repetições da forma de onda.

A frequência e o comprimento são relacionáveis e resultam na velocidade de propagação da onda (m/s). Esta velocidade é dada pela equação: $v = \lambda \cdot f$. Pelo fato de tanto a luz quanto sinais de rádio serem ondas eletromagnéticas suas propagações são similares e, conseqüentemente, suas velocidades também o são (YOUNG, 2009).

Segundo Finkenzeller (2003, p.112) Considerando a velocidade da luz no vácuo como uma constante c pode-se assumir que a relação entre a frequência e o comprimento de uma onda de rádio frequência é:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

Além da luz visível, também podem ser consideradas ondas eletromagnéticas as ondas de rádio, radiação ultravioleta e raio-x. Esses diferentes tipos de ondas eletromagnéticas diferem entre si através da sua frequência e, conseqüentemente, do seu comprimento de onda. O conjunto de todas as ondas em suas diferentes frequências e comprimentos é chamado de espectro eletromagnético (SANGHERA, 2007).

Figura 7 - Maiores partes do espectro magnético com frequência em Hz mostradas na escala logarítmica.



Fonte: Comer (2016).

2.3.1.1 Classificação de Frequências RFID

A frequência em que se opera um sistema RFID é a frequência transmitida pelo leitor e é um ponto chave no seu funcionamento. Frequências específicas funcionam melhor em determinadas situações de modo que essa variável é essencial para a eficácia do sistema (SHUSTER; ALLEN; BROCK, 2007).

A banda de frequência aplicável pelas tecnologias atuais é limitada pelo ISM (*Industrial Scientific or Medical*) e sua escolha deve levar em considerações fatores como precisão requerida, alcance desejado, rapidez na leitura dentre outros. Tendo isso em vista, pode-se classificar as ondas de rádio frequência em cinco grandes grupo, sendo estes: *low frequency* (LF), *high frequency* (HF), *very high frequency* (VHF), *ultra high frequency* (UHF) e *microwave frequency* (LAHIRI, 2006).

Low Frequency:

- Frequências entre 300kHz e 300KHZ (sendo comumente usadas frequências entre 125KHZ e 134 KHZ);
- Etiquetas passivas são normalmente as escolhidas;
- Apresentam baixas taxas de transferência de informação entre a etiqueta e o leitor;
- Operam bem em ambientes externos insalubres, ou seja, onde pode-se encontrar metais, líquidos, sujeira, neve ou lama.
- É uma frequência aceita mundialmente.

High Frequency:

- Frequências entre 3MHZ e 30MHZ (sendo comumente empregada a frequência 13,56MHZ);
- Usam majoritariamente etiquetas passivas;
- Apresentam baixas taxas de transferência de informação entre a etiqueta e o leitor;
- Tem um desempenho razoável na presença de metais e líquidos;
- É uma frequência aceita mundialmente.

Very High Frequency:

- Frequências entre 30MHZ e 300MHZ;
- Nenhum sistema RFID empregado atualmente opera nesta frequência.

Ultra High Frequency:

- Frequências entre 300MHZ e 1GHZ;
- As frequências mais comumente empregadas variam entre sistemas UHF ativos e passivos. No caso dos passivos, as frequências de operação são

915MHZ nos Estados Unidos e 868 na Europa. Já no caso dos sistemas ativos as frequências são 315MHZ e 433MHZ;

- Pode usar etiquetas tanto ativas quanto passivas;
- Apresentam altas taxas de transferência de informação entre a etiqueta e o leitor;
- Não possuem um bom desempenho na presença de metais ou líquidos;
- Essa faixa de frequência não é aceita mundialmente.

Microwave Frequency:

- Frequências entre maiores que 1GHZ, operando normalmente a 2.45GHZ ou 5.GHZ;
- Pode fazer uso tanto de etiquetas passivas quanto semi-ativas;
- Dentre as faixas de frequência é a que apresenta a maior taxa de transferência de informações entre a etiqueta e o leitor;
- Apresenta desempenho muito baixo na presença de metais ou líquidos;
- A frequência 2.4GHZ é aceita mundialmente.

2.3.2 Arquitetura RFID

Segundo Glover e Bhatt (2006), uma arquitetura pode ser definida como a decomposição de um determinado sistema computacional em componentes individuais com o intuito de retratar como esses componentes atuam individualmente de modo a atingir os requisitos do sistema.

Determinar e investir na correta arquitetura do sistema é crucial para que a implementação da tecnologia RFID seja eficiente e eficaz, de modo que uma arquitetura incorreta ou incompleta pode-se tornar uma barreira para que todos os possíveis benefícios provenientes dessa aplicação sejam explorados (USTUNDAG, 2013).

Para o presente trabalho, serão levados em consideração os seguintes componentes da arquitetura RFID que serão detalhados ao longo desse capítulo: Etiquetas (*tags*), leitores, antena, middleware e EPC (*Eletronic Product Code*).

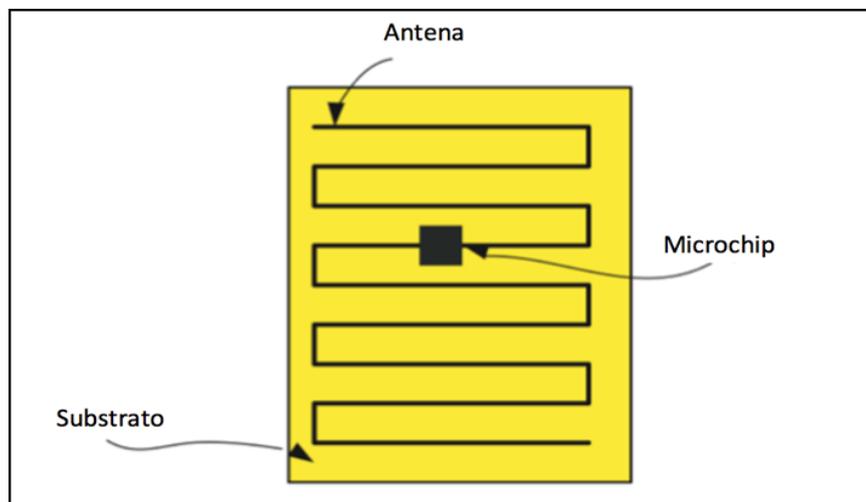
2.3.3 Etiquetas RFID

As etiquetas são uns dos elementos principais que constituem a arquitetura RFID. Estas podem funcionar de duas maneiras distintas: transmitindo sinais de maneira contínua ou sendo ativadas a transmitirem informações ao receberem um sinal predeterminado oriundo de outra fonte (SHUSTER; ALLEN; BROCK, 2007, p.15).

Segundo Sanghera (2007), uma etiqueta RFID é constituída de três componentes principais: microchip, antena e substrato. Estes podem são retratados através da figura 8. De acordo com o autor, o microchip tem como funcionalidade gerar e processar sinais. É um circuito integrado que pode ser subdividido nos seguintes itens:

- Unidade lógica: implementa o protocolo de comunicação usado para a comunicação entre a etiqueta e o leitor.
- Memória: armazena informação.
- Modulador: Modula os sinais que partem do chip e demodula os sinais que são recebidos.
- Controlador de corrente: Converte a potência recebida AC (*Alternating Current* – Corrente Alternada) em DC (*Direct Current* – Corrente Direta) e provê energia para os componentes do chip.

- **Figura 8** - Componentes básicos de uma etiqueta.



- **Fonte:** Adaptado de Sanghera (2007)

Este chip é conectado à antena, que é responsável por que receber o sinal (a demanda de informação) do leitor e transmitir de volta para este um sinal em retorno (informação de identificação). Estas normalmente operam em UHF (*Ultra High Frequencies* – frequências altíssimas) (SANGHERA, 2007).

Por fim, Sanghera (2007) também define o substrato como a camada que abriga o chip e a antena, ou seja, é o suporte estrutural da etiqueta. Os substratos podem ser feitos de diferentes materiais e apresentarem consistências distintas de acordo com o material em que as etiquetas serão afixadas e os processos pelos quais estes passarão.

Os principais aspectos de diferenciação são os dois seguintes: se possuem ou não uma fonte de energia e sobre sua capacidade de suportar regravação de informação.

2.3.3.1 Diferenciação baseada na presença de uma fonte de energia

Neste caso podemos diferenciar as etiquetas em 3 categorias descritas abaixo e comparadas através do quadro 1:

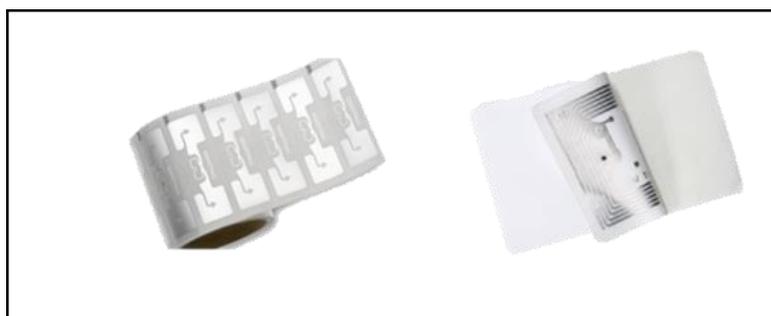
Etiquetas passivas, ativas e semi-ativas.

Etiquetas Passivas

Segundo Fennani, Hamam e Dahmane (2012), o que caracteriza as etiquetas passivas é o fato destas usarem a energia do sinal eletromagnético proveniente do leitor para ativar seu circuito interno e, a partir daí, retornar um sinal de resposta. Este fator limita também seu alcance de leitura e capacidade de memória. Exemplos destas etiquetas podem ser encontrados na figura 9.

Segundo o *RFID Journal Brasil* (2016), em suas “perguntas frequentes”, a maioria das empresas fornecedoras de etiquetas baseiam seus preços no volume vendido, na quantidade de memória e também no revestimento da etiqueta, mas, de um modo geral, as etiquetas passivas possuem um custo de fabricação consideravelmente inferior ao de etiquetas ativas, sendo comercializadas a valores entre 0.07 e 0.15\$ e, por não serem constituídas de uma bateria, são menores e também tem uma maior vida útil, uma vez que a fonte de energia não precisa ser trocada. Estes são fatores chave para explicar o porquê de as etiquetas passivas representarem a maioria entre as etiquetas usadas atualmente em sistemas RFID.

Figura 9 - Exemplos de etiquetas RFID passivas.



Fonte: Smiley (2016)

Etiquetas Ativas:

Segundo Hunt, Puglia e Puglia (2007) as etiquetas são consideradas ativas quando possuem em seu interior uma fonte de energia, tal como uma bateria. Também chamadas de “*smart tags*”, as etiquetas ativas são consideradas inteligentes pois estas independem da energia do leitor para ativar o seu sistema ou criar sinais, podendo fazê-los de forma independente (SANGHERA, 2007).

Apesar de apresentarem grandes avanços e benefícios, as etiquetas ativas apresentam alguns pontos negativos que limitam seu uso, incluindo interferência na transmissão do sinal, custo e vida útil da bateria (SHUSTER, ALLEN e BROCK, 2007, p.19).

As etiquetas ativas, diferentemente das passivas, apresentam um alcance de leitura alto, chegando a conseguir transmitir sinal a longas distâncias. Esse fator, comumente visto como uma vantagem pode funcionar como uma “faca de dois gumes”. O fato de poder ser lida mesmo estando há muitos metros do leitor, aumenta as chances de ocorrerem interferências, ou seja, o sinal das etiquetas “entrar em choque” com o sinal emitido por outros aparelhos que também operam através de ondas eletromagnéticas como telefones celulares ou rádios. Este “choque” pode impedir que o leitor assimilasse o sinal transmitido pela etiqueta, causando inconformidades no processo. Além disso, segundo Shuster, Allen e Brock (2007), o fato de operar a longas distâncias diminui a exatidão na localização da informação, tornando o uso de etiquetas ativas inviável em operações onde a localização exata do item é uma informação crítica.

Segundo Smiley (2016), em se tratando de etiquetas ativas, estas podem ainda ser subdivididas em dois tipos: “*transponders*” e “*beacons*”.

- ***Transponders***: em sistemas onde utilizam-se *tags* ativas do tipo *transponder*, o leitor inicia o processo emitindo o sinal e somente a partir daí a etiqueta irá “devolver” o sinal com a informação requerida. Este tipo de etiqueta é muito eficiente, pois conserva sua bateria em momentos que o leitor não encontra-se em seu alcance.
- ***Beacons***: em sistemas onde utilizam-se *tags* ativas do tipo *beacon*, a etiqueta não esperará o sinal do leitor, enviando informações específicas a cada 3-5

segundos de maneira automática. São muito comuns na indústria petrolífera, assim como na mineração e aplicações de controle de carga.

Como um meio para proteger a bateria da etiqueta e torna-la mais resistente a condições externas mais extremas, como altas temperaturas ou humidade, muitas etiquetas ativas são acompanhadas de um componente exterior sólido, o que as torna também maiores que as etiquetas passivas.

Figura 10 - Exemplo de uma etiqueta ativa.



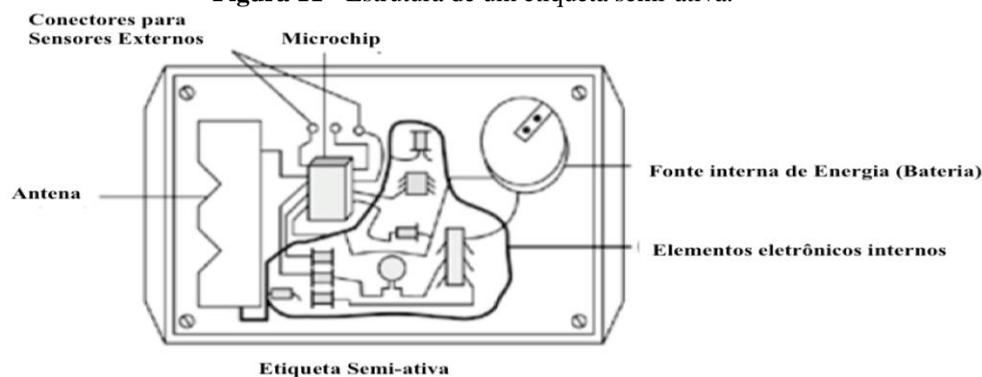
Fonte: Smiley (2016)

Por conta de seu poder de alcance elevado, maior número de opções mais resistentes, maior capacidade de memória, dentre outras funcionalidades, as etiquetas ativas apresentam também um custo mais elevado. Sua faixa de preço é alta, entre \$20 e \$100, variando de acordo com sua capacidade resistência a condições externas extremas e outros fatores chave (SMILEY, 2016).

A utilização de etiquetas ativas é dada normalmente em situações onde um grande volume de dados é requerido, grande quantidade de etiquetas a serem lidas simultaneamente, com baixas taxas de erros de leitura, produtos em alta velocidade etc. Por conta de seu custo elevado, são preferidas em casos de trabalho com bens de alto valor agregado ou onde as etiquetas passivas não são aplicáveis.

Etiquetas Semi-Ativas:

Uma etiqueta “intermediária” às duas anteriormente apresentadas é a “semi-ativa”. Diferentemente da passiva, esta etiqueta possui uma bateria interna usada para alimentar seu circuito integrado de modo que este alcance certo nível de processamento mas o seu modo de transmissão de informações ainda funciona de maneira passiva, utilizando o sinal do leitor para iniciar a comunicação (GLOVER, BHATT; 2006). A figura 11 representa a estrutura de uma etiqueta ativa:

Figura 11 - Estrutura de um etiqueta semi-ativa.

Fonte: Lahiri (2006).

Quadro 1 – Comparativo entre etiquetas passivas x semi-ativas x ativas.

Característica	Tipo de Etiqueta		
	Passiva	Semi-ativa	Ativa
Fonte de Energia	Não possui fonte própria de energia	Possui uma fonte própria de energia (bateria)	Possui uma fonte própria de energia (bateria)
Comunicação	A comunicação deve ser iniciada pelo leitor	A comunicação deve ser iniciada pelo leitor	Pode tanto responder ao sinal do leitor como iniciar sua própria comunicação
Tamanho	Pequena. Pode ter um tamanho mínimo de (0.15mm x 0.15mm) x 7.5µm	Mediana	Maior. Cerca de (1.5 x 3) x 0.5 inch ³
Alcance de leitura	Pequeno. Cerca de alguns metros dependendo da frequência aplicada.	Até 100m	Grande, podendo chegar a até 1km - algumas limitações devem ser consideradas de acordo com padrões e normas reguladoras
Design de memória	Apenas leitura, Gravar uma vez/Ler múltiplas vezes ou Gravação/Leitura	Apenas leitura, Gravar uma vez/Ler múltiplas vezes ou Gravação/Leitura	Apenas leitura, Gravar uma vez/Ler múltiplas vezes ou Gravação/Leitura
Capacidade de Memória	Normalmente limitada a 128bits mas algumas podem ter memória de até 64KB	-	Até 8MB
Custo	Baixo	Intermediário	Alto

Fonte: Adaptado de Sanghera (2007).

2.3.3.2 Diferenciação baseada na capacidade de regravação de informação

Neste caso as etiquetas são classificadas em três grupos distintos:

- Apenas leitura (*Read Only* – RO);
- Gravação única, leitura múltipla (*Write Once, Read Many* – WORM);
- Leitura e Gravação (*Read/Write* – RW).

Etiquetas do Tipo “Apenas Leitura” – RO:

Segundo Lahiri (2006), uma etiqueta do tipo RO, também chamada de “programada em fábrica”, pode ser programada (ou seja, gravada) uma vez durante sua vida útil. As informações são normalmente gravadas ainda durante o processo produtivo das etiquetas, antes mesmo destas saírem das fábricas, e os seus usuários normalmente não possuem nenhum controle sobre estes dados. Nesse aspecto, pode-se dizer que as etiquetas RO são se assemelham aos códigos de barras.

Esse tipo de etiqueta são normalmente programados com uma quantidade extremamente limitada de informações, fornecidas pelo próprio produtor, que tendem a permanecer estáticas. São informações como número de série ou componentes do item em questão (HUNT; PUGLIA; PUGLIA, 2007).

O seu uso é recomendado com limitações, não sendo indicado em casos de grandes volume de dados ou produtos ou onde haja a necessidade de informações diferenciadas ou customizadas.

Etiquetas do Tipo “Gravação única, leitura múltipla” – WORM:

Estas etiquetas são similares às do tipo RO no que diz respeito à necessidade de que a informação gravada seja imutável. Estes dados, entretanto, são normalmente gravados pelo usuário das etiquetas, não vindo registrados desde sua fabricação.

Como explanado anteriormente, na teoria as informações gravadas neste tipo de etiqueta só podem ser registradas uma única vez. Na prática, entretanto, alguns tipos específicos de etiquetas WORM podem ser reescritas múltiplas vezes, chegando até mais de cem em alguns casos. É importante ressaltar que se uma etiqueta for regravada mais do que o seu limite de vezes ela será danificada permanentemente (LAHIRI, 2006).

Lahiri (2006) relata que este tipo de etiqueta é um dos mais usados atualmente por conta do seu bom custo-benefício e por garantir um nível de segurança de informação aceitável.

Etiquetas do Tipo “Leitura e Gravação” – RW:

Etiquetas do tipo RW podem, por definição, ser programadas e reprogramadas inúmeras vezes, podendo chegar até a 100.000 regravações.

Segundo Hunt, Puglia e Puglia (2007), este tipo de etiqueta é sinônimo de uma maior flexibilidade ao seu usuário, sendo capazes de armazenar grandes quantidades de informação e possuindo uma memória facilmente alterável. Esta característica faz com que a etiqueta funcione como uma base de dados móvel, por meio da quais importantes informações são transportadas.

O custo destas etiquetas ainda é consideravelmente superior ao dos dois outros tipos citados. Entretanto, por conta de suas inúmeras aplicações e pelo avanço que ela representa, as pesquisas em meios de viabilizar o acesso a etiquetas RW são crescentes. capaz de gerar inúmeras identificações únicas (GLOVER; BHATT, 2006).

2.3.4 Leitores RFID

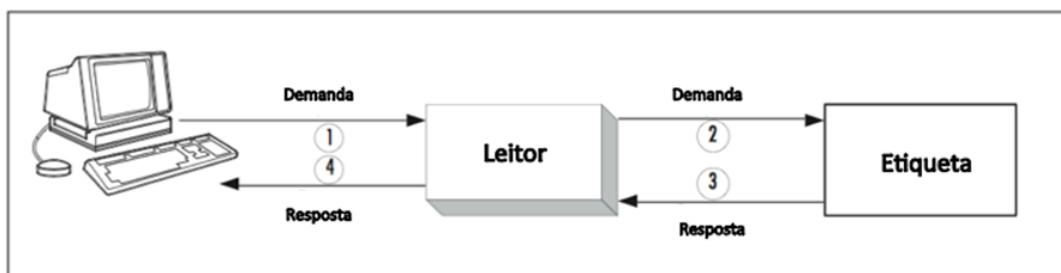
Os leitores RFID, também chamados de *interrogators* (interrogadores), tem como sua principal função assimilar e captar as informações presentes nas etiquetas e transferi-las um determinado sistema (*host system*) (SANGHERA, 2007).

Sanghera (2007) define que o processo de coleta de informação, segundo a perspectiva do leitor, é dado da seguinte maneira:

- 1) O leitor recebe uma demanda de informação do sistema;
- 2) O leitor transfere essa demanda para uma etiqueta presente na sua zona de alcance;
- 3) A etiqueta responde com a informação pedida;
- 4) O leitor envia a informação recebida para o sistema.

A figura 12, presente abaixo, retrata o papel do leitor no processo da coleta de informações em um sistema RFID.

Figura 12 - O papel do leitor no processo de coleta de informação.



Fonte: Adaptado de Sanghera (2007)

Segundo Glover e Bhatt (2006), um leitor RFID é composto dos seguintes subsistemas principais:

Leitor API:

O leitor API é a interface que permite os programas de registrarem e capturarem sinais de leitura de etiquetas RFID. Ele também é responsável por configurar, monitorar e, de certa maneira, gerenciar o leitor.

Comunicadores:

São responsáveis por lidar com as conexões com as outras redes que se relacionam ao sistema RFID.

Gerenciador de eventos:

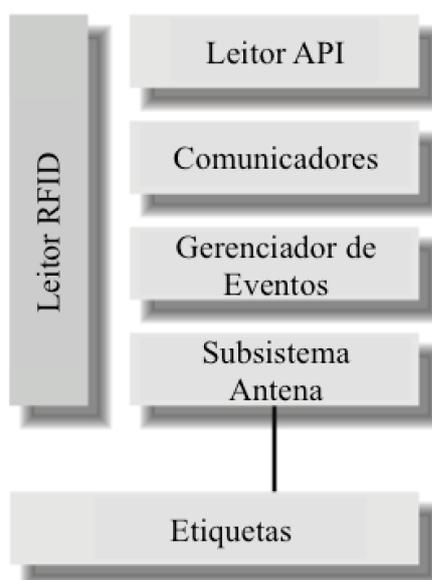
Quando um leitor identifica uma etiqueta, chama-se “observação”. Uma observação que difere da observação precedente é denominada um “evento”. A análise das observações é chamada “filtragem de eventos” e o gerenciamento de eventos definem quais tipos de observações devem ser consideradas eventos e discriminar quais destes são relevantes o suficiente para serem colocados em relatórios.

Subsistema Antena:

O subsistema antena consiste em uma ou mais antenas e à interface de suporte e lógica que permite aos leitores de interrogarem das etiquetas RFID.

Todos esses subsistemas podem ser ilustrados através da figura 13, retratada abaixo:

Figura 13 - Subsistemas de um leitor.



Fonte: Adaptado de Glover e Bhatt (2006).

2.3.4.1 Antena RFID

Como foi brevemente explanado acima, a antena é o meio pelo qual os sensores RFID se comuniquem com as etiquetas por redes sem fio. Trata-se de um dispositivo que fica fisicamente separado do leitor, estando conectado a este em suas portas, por meio de cabos. Segundo Hunt, Puglia e Puglia (2007), o tamanho das antenas vai depender da frequência de operação do sistema RFID em questão, sendo as antenas de sistemas LF e HF bem maiores do que a de sistemas UHF.

2.3.5 Middleware RFID

No que diz respeito à parte de softwares da aplicação de uma tecnologia RFID, pode-se entender o *middleware* como o seu “sistema nervoso”, atuando como uma ponte e gerenciando o fluxo entre as informações captadas pelos leitores e o *host*, ou sistema de dados da empresa (LAHIRI, 2006).

Segundo Hunt, Puglia e Puglia (2007) Suas funcionalidades principais podem ser subdivididas em:

- Coletar dados: responsável pela extração, compilação e filtragem das informações provenientes dos múltiplos leitores que fazem parte do sistema RFID. Seleciona o grande número de informações brutas captadas e retorna um compilado bem mais conciso apenas com as informações relevantes para a empresa.
- Direcionamento de dados: facilita a integração das redes RFID com os softwares e sistemas da empresa através do direcionamento das informações necessárias aos para os sistemas apropriados.
- Gerenciamento de processos: pode ser usado para classificar ocorrências de acordo com padrões pré-estabelecidos.
- Gerenciamento de leitores: também pode ter a função de monitorar e coordenar leitores.

Por ser responsável pela execução de atividades tão essenciais, o middleware é o componente mais importante e complexo dos softwares de um sistema RFID.

Segundo Glover e Bhatt, (2006), existem diversas aplicações dessa interface, mas a especificação ALE (*Application Level Events*), desenvolvida pela EPCglobal, é de utilização

mais comum, possibilitando os clientes obterem observações EPC consolidadas e filtradas a partir de diferentes fontes.

De acordo com os autores, a interface ALE possibilita que os clientes configurem métodos de processamento de eventos e fazer a solicitação dos eventos filtrados em forma de relatórios.

Glover e Bhatt (2006) também determinam diversos benefícios da especificação ALE, dentre eles:

- Estabelecimento de padrões para o gerenciamento de eventos: a interface ALE disponibiliza uma interface neutra para receber, filtrar e agrupar os eventos recebidos pelos leitores RFID.
- Extensibilidade: apesar da especificação ALE ter como foco fontes de eventos EPC ela também permite a criação de extensões para conexão com etiquetas não-EPC ou com outros sistemas que não leitores RFID.
- Separação entre interface e implementação: a especificação ALE providencia uma interface entre os clientes e o sistema middleware ao mesmo tempo em que restringem os detalhes de implementação, como escolhas de plataformas de tecnologia e funções complementares, para os vendedores.

2.3.6 EPC – *Eletronic Product Code*

O EPC, *Eletronic Product Code* (código eletrônico do produto) pode ser entendido com a identidade particular de cada etiqueta. Consiste em um código simples e compacto, mas capaz de gerar identificações únicas. (GLOVER; BHATT, 2006)

O EPC é um número único, de 96-bit ou 64-bit, que é registrado em uma também única etiqueta RFID. Ele divide as informações em 4 partes principais que seguem a respectiva ordem: cabeçalho, que informa como o código está escrito, o fabricante, o lote do produto e, por fim, seu número de série, ou seja, sua identificação única (MYERSON, 2007).

2.4 Benefícios e desafios da tecnologia RFID

Os benefícios que a aplicação da tecnologia RFID pode trazer para uma cadeia produtiva são imensos e diferem bastante de acordo com a cadeia produtiva em questão e em que processo ele será empregado. Entretanto, Myerson (2007) relata que para poder extrair ao máximo esses benefícios não basta apenas o enfoque na tecnologia em si, precisa-se

considerar as pessoas, gerentes e operários, por trás dela. O envolvimento e o comprometimento das pessoas com a tecnologia influem diretamente na postura organizacional, nos processos de negócio e na percepção do consumidor sobre a maneira que a empresa opera sua cadeia de suprimentos.

Por se tratar de uma tecnologia ainda em expansão, seus benefícios em termos econômicos por muitas vezes não são tão evidentes. Contudo, pode-se definir de maneira global algumas vantagens operacionais e de nível de serviço obtidas com a implementação do RFID. Lieshout, Grossi e Spinelli (2007) definem alguns benefícios da adoção da tecnologia RFID tanto para o varejo como para a indústria, sendo alguns deles:

- **Informações de estoque em tempo real:** RFID permite que as organizações tenham informações em tempo real que permitam a prevenção rupturas de estoque e também de excesso de estoque de produtos bem como sua localização física.
- **Diminuição de custos de mão de obra:** Com o controle automático dos estoques, torna-se desnecessária a existência de um funcionário para checar esse estoque, reduzindo custos com mão de obra.
- **Prevenção de perdas, roubos ou inconsistência de inventário:** A tecnologia RFID tem o potencial de emitir alertas no caso de itens removidos de forma ilegal ou alocados incorretamente, além de rastrear a localização do item perdido.
- **Identificação única de objetos:** Cada item possui uma identificação única, permitindo sua localização exata e o registro de características específicas.
- **Economias de consumo:** As economias são dadas pelo fato da tecnologia RFID permitir um melhor alinhamento entre a produção real e a demanda do mercado, permitindo também às empresas a identificação rápidas de quais produtos devem ser substituídos ou descartados.

Além dos benefícios citados, Lahiri (2006) também adiciona a leitura independente de contato visual e a ausência da necessidade de contato entre o leitor e a etiqueta, ambas características que potencializam a gama de utilização da tecnologia RFID.

Como qualquer nova tecnologia, a RFID ainda apresenta alguns desafios que dificultam sua difusão e aproveitamento integral de seus benefícios. Glover e Bhatt (2006), apresentam 3 principais desafios para a sua adoção:

- **Custo:** O custo individual das etiquetas RFID ainda é bastante elevado face ao seu predecessor, o código de barras. Além desse, deve-se levar em consideração também custos como o das mudanças dos sistemas de informação e treinamentos para garantir a funcionalidade da tecnologia. Esse fator pode ser uma barreira para empresas menores adotarem a tecnologia.
- **Precisão:** Muitos dos sistemas RFID atuais ainda precisam ter maior exatidão na leitura das etiquetas, de modo a garantir uma maior exatidão nos dados processados.
- **Implementação:** A introdução do RFID irá alterar a dinâmica do negócio, de modo que esta transição precisa ser bem trabalhada para não gerar ruídos no processo. Além disso, é essencial a integração das informações provenientes do RFID com os sistemas já existentes.

2.5 Aplicação da tecnologia RFID

Glover e Bhatt (2006) dividem as aplicações da tecnologia RFID em cinco macro-grupos. Segundo os autores, é impossível enquadrar todas os possíveis casos de utilização do RFID em apenas cinco grupos mas estes são suficientes para prover um sentido, mesmo que básico, das dificuldades e considerações envolvidas em aplicações RFID típicas.

As subdivisões são as seguintes:

Controle de acesso:

- Identificação e Envio;
- Rastreamento de pallets e caixas;
- Registro e rastreamento;
- Prateleiras Inteligentes.

Glover e Bhatt (2006) também definem alguns direcionamentos para a adoção da tecnologia RFID, sendo eles:

- **Determinar a necessidade do negócio:** Analisar esse aspecto é uma questão de mudança de perspectiva. Trocar a pergunta: “Onde posso usar RFID?” por “Como posso melhorar esse processo?”
- **Avaliar possíveis mudanças:** Ponderar cuidadosamente os custos e benefícios de qualquer potencial mudança.

- **Desenvolver um plano de longo prazo:** Criar uma justificativa de negócios de longo prazo para a adoção do RFID e formular uma visão de como os processos do negócio ficarão após a implementação da tecnologia.
- **Começar pequeno:** Desenvolver uma “aplicação modelo” de baixa escala para validar as teorias criadas.
- **Aplicar a tecnologia em paralelo a sistemas existentes:** Dependendo apenas de uma nova tecnologia apenas quando esta estiver consolidada.
- **Ser flexível:** Estar preparado para se beneficiar dos novos recursos.
- **Compartilhar com parceiros:** Trabalhar com os parceiros da cadeia de suprimentos para melhorar seus processos, aumentando a integração da rede.

2.6 Casos práticos da aplicação da tecnologia RFID

A tecnologia RFID vem sendo implementada em grandes empresas dos mais diversos setores, podendo ser definida como uma ferramenta tecnológica estratégica, redesenhando processos, reduzindo custos e elevando a performance operacional (USTUNDAG, 2013).

2.6.1 Wal-Mart

A rede americana de supermercados *Wal-Mart* foi uma das pioneiras na implementação do RFID. Um dos pontos cruciais para o seu êxito aconteceu em 2005, quando a empresa decretou para seus cem principais fornecedores que todos os pallets enviados para a rede deveriam ter etiquetas RFID anexadas a eles (GLOVER, BHATT; 2006).

De acordo com Roberti (2010), um dos grandes problemas da rede americana ao fazer essa exigência aos seus fornecedores foi o fato destes não perceberem claramente os benefícios do RFID, vendo a tecnologia apenas como um custo extra. Deste modo a estratégia da empresa foi trabalhar com os fornecedores de uma maneira mais próxima ao invés de apenas forçar a utilização do RFID.

2.6.2 Speedpass

Segundo Lahiri (2006), *Speedpass* é uma aplicação da empresa *Exxon Mobil* que consiste em uma “barrinha” contendo uma etiqueta RFID em seu interior.

De acordo com o autor, o *Speedpass* é usado para facilitar o pagamento em postos de gasolina e é utilizado em mais de 8900 postos nos Estados Unidos e 1600 postos no Canadá, Singapura e Japão. Apenas nos Estados Unidos, mais de 6 milhões de aparelhos foram disponibilizados, sem custos para os clientes e com uma taxa de satisfação de mais de 90%.

Seu funcionamento é simples e pode ser ilustrado através da figura 14: o consumidor direciona o objeto próximo à uma área especificada da bomba de combustível e a aplicação inicia e completa a transação sem a necessidade que o cliente digite nenhum código ou assine nenhum recibo (LAHIRI, 2006).

Figura 14 - Utilização do Speedpass.



Fonte: Site da aplicação Speedpass¹

2.6.3 Marks & Spencer

A companhia de varejo britânica é atualmente maior rede de lojas de departamento do Reino Unido e atualmente utiliza a tecnologia RFID na maioria de suas lojas, englobando cerca de 80% de suas mercadorias e buscando aumentar ainda mais esse percentual. A empresa, que foi uma das empresas de varejo pioneiras na utilização do RFID, iniciando os investimentos em etiquetas de UHF em 2001, atingiu a impressionante marca de

¹ Disponível em <<https://www.speedpass.com/how-speedpass-works>>. Acesso em Nov. 2016

100% dos itens de vestuário comercializados possuem etiquetas RFID, retratados na figura 15, com planos de que em 2017 esse resultado se expanda para todos os artigos comercializados pela rede (SWEDBERG, 2015).

Figura 15 - Exemplo de utilização da tecnologia RFID na rede Marks & Spencer.



Fonte: Swedberg (2015)

Segundo o líder do programa de RFID da empresa, Richard Jenkins, “ter o produto certo no lugar certo torna o nosso negócio mais eficiente e é por isso que usamos RFID há tantos anos”. (SWEDBERG, 2015)

Para Swedberg (2015), a empresa aprendeu bastante ao longos dos anos utilizando a tecnologia e um dos grandes ensinamentos foi que a tecnologia quando investida traz mais retorno em alguns produtos que em outros, tendo como fatores determinantes três características: diversidade de tamanhos vendidos, alta média de preço de venda e longo período de vendas. Mesmo que a aplicação das etiquetas em alguns produtos traga benefícios irrisórios a empresa tomou a decisão estratégica que colocá-las em todos os itens vendidos sem discriminação. Os estudos agora consistem em aumentar a exatidão dos estoques e a eficiência nos processos, elevando o nível da experiência de compras do consumidor, diminuindo perdas e aumentando eficiência operacional.

2.6.4 Controle de bagagem – Delta Airlines

Pelo fato de lidarem corriqueiramente com trocas, perdas e extravios de bagagens, diversas companhias aéreas viram a tecnologia RFID como um meio para solucionar, ou pelo menos reduzir, seus problemas.

Segundo McCartney (2016), a empresa *Delta Airlines* foi a pioneira na utilização de etiquetas de bagagem com chips RFID embutidos. A empresa declarou que já foram disponibilizados cerca de 4600 leitores RFID portáteis, 3800 impressoras de etiquetas para bagagem e instalados 600 leitores fixos em áreas de depósito e retirada de bagagem (PRINCE, 2016). Esses investimentos, que chegam a cerca de US\$ 50 milhões, são indicativos de que a empresa está apostando alto na adoção da tecnologia e acredita no seu retorno. A figura 16 retrata um dos tipos de leitores instalados pela companhia aérea americana para controle de bagagem.

Figura 16 - Leitor RFID instalado em esteiras da Delta Airlines.



Fonte: McCartney (2016)

A empresa, que já possui a menor taxa de extravio de malas entre as grandes companhias aéreas dos Estados Unidos pretende, com o apoio da tecnologia, diminuir ainda mais essa taxa nos próximos anos.

Além dessa, outras vantagens podem ser exploradas com o uso do RFID no controle de bagagem. A diminuição de custos com entregas de bagagens na casa de

passageiros e de reembolsos a clientes por bens perdidos trarão economias para a empresa além de um aumento de satisfação dos clientes e sua possível fidelização.

2.6.5 Supermercado do Futuro – Metro

A rede de supermercados Metro, atual terceiro lugar em vendas na Europa e número 1 na Alemanha, encontrou na tecnologia RFID uma oportunidade para estar um passo a frente da concorrência e adiantar em suas lojas o que pode vir a ser o futuro das vendas em varejo. Dessa oportunidade, e do desejo de tornar o ato de fazer compras mais conveniente para o consumidor, surgiu a iniciativa de criar a *Future Store*, ou loja do futuro.

Violino (2003) relata que a primeira *Future Store* foi inaugurada em 2003 em Rheinberg na Alemanha e tem como objetivo testar a aplicação da RFID e outras tecnologias em situações e condições reais de operação para analisar de forma efetiva suas funcionalidades e como os clientes respondem à essas novidades. É importante ressaltar também que a iniciativa não está sendo trabalhada de forma isolada pelo grupo Metro, uma vez que vários fornecedores estão trabalhando em conjunto com o grupo na aplicação de etiquetas inteligentes nos produtos, impactando diretamente toda a cadeia de suprimentos.

O autor também menciona que dentre as diversas tecnologias testadas na “loja conceito” estão: prateleiras inteligentes, sistemas de autosserviço RFID, quiosques, balanças inteligentes dentre outras e que é dada a opção para o cliente de utilizá-las ou realizar suas compras da maneira tradicional.

A implementação de leitores e portais RFID em pontos estratégicos da loja e do armazém central permite localizar uma caixa ou pallet em qualquer ponto da cadeia de suprimentos. Após a atualização dos dados de localização dos produtos no sistema de gerenciamento de mercadorias, é possível saber caso existam casos de sub-abastecimento, produtos enviados em excesso ou itens perdidos (MYERSON, 2007).

Em se tratando do processo de reabastecimento, Violino (2004), coloca que o RFID tem um papel fundamental, uma vez que permite a identificação dos produtos que estão sem estoque e há quanto tempo eles estão em falta. Uma vez que os estoques estão em nível crítico, é feito um alerta para que este seja repostado nas prateleiras. Já em relação ao pagamento das compras, Myerson (2007) relata que os clientes da loja possuem uma facilidade ao optar pelo autosserviço, uma vez que passam todas as suas compras de uma só vez pelo leitor RFID, não sendo necessário o escaneamento item por item.

Violino (2004) também destaca que os próximos passos é a difusão de algumas dessas funcionalidades para outras lojas da rede e testar ainda mais aplicações de tecnologias ligadas ao varejo. A aceitação dos clientes é alta e, mesmo os clientes não selecionando a loja exclusivamente por conta da tecnologia, os benefícios e facilidades provenientes desta são perceptíveis e vêm atraindo cada vez mais consumidores para os pontos de venda do grupo.

2.7 Modelo Conceitual para adoção da Tecnologia RFID

2.7.1 Contexto de adoção do modelo

Foram apresentadas ao longo deste trabalho diversas aplicações práticas da tecnologia RFID. Contudo, principalmente no mercado brasileiro, ainda há um receio muito grande das empresas ao investirem em tecnologia, uma vez que estas por muitas vezes não conseguem ultrapassar a barreira da percepção dos custos despendidos para vislumbrar os horizontes de benefícios que esse investimento pode proporcionar.

Com o objetivo de tornar a informação mais acessível para a população, diversos canais de comunicação foram criados, dentre eles o *RFID Journal*. O veículo de comunicação virtual e impressa foi criado em 2002 como a primeira empresa independente de mídia focada especificamente em identificação por rádio frequência e dispõe de diversos artigos, estudos de caso, notícias, dentre outras informações sobre a tecnologia ao redor do mundo.

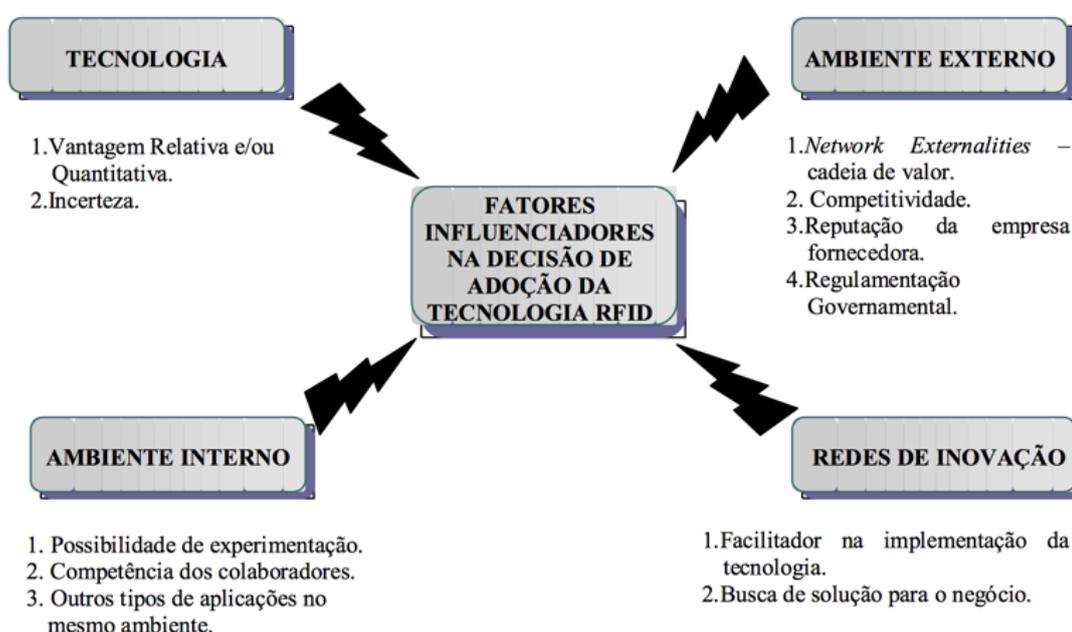
Mesmo com uma maior acessibilidade à informação e sendo cada vez mais difundidos os benefícios da sua adoção, ainda muitos fatores devem ser levados em consideração para a adoção da tecnologia de identificação por rádio frequência. Lahiri (2006) relata que muitos dos benefícios da tecnologia RFID já são perceptíveis com os produtos existentes. Outros, entretanto, permanecem ainda no campo da projeção, uma vez que a tecnologia está passando por rápidas mudanças e está em constante melhoria.

Nessa ótica, sua aplicação deve ser estudada com profundo detalhe, de modo que a decisão de implementação da tecnologia RFID deve levar em consideração uma gama de fatores. Nessa ótica, optou-se por utilizar o Modelo Conceitual para o Estudo da Adoção da Inovação, proposto por Nemoto (2009) como base para o estudo de aplicabilidade da tecnologia de identificação por rádio frequência na empresa estudada.

2.7.2 Fatores e subfatores influenciadores na decisão de adoção da tecnologia RFID

Nemoto (2009) desenvolveu seu modelo partindo da análise de quatro macro-fatores influenciadores de decisão, sendo eles: ambiente externo, ambiente interno, tecnologia e rede de inovação, representados na figura 17. A autora dá prosseguimento ao seu modelo através do desdobramento de sub-fatores que serão detalhados posteriormente.

Figura 17 - Modelo conceitual para decisão da tecnologia RFID



Fonte: Nemoto (2009)

Segundo a autora, os subfatores diretamente ligados ao ambiente externo são aqueles que, mesmo externos à empresa, podem influenciar na decisão da empresa sendo capazes de aumentar o nível de confiança da tecnologia pela empresa interessada. Já os subfatores relativos ao ambiente interno, por sua vez, dizem respeito diretamente ao âmbito interno da própria empresa interessada, como possibilidade de experimentação, competência dos colaboradores, dentre outros. Os subfatores relativos à tecnologia buscam analisar as vantagens quantitativas e qualitativas da tecnologia em relação à sua predecessora, o código de barras. E, por fim, as redes de inovação atuam como facilitadoras para a compreensão e adoção da tecnologia.

No quadro 2, apresentado abaixo, estão detalhados os critérios característicos de cada um dos subfatores apresentados pela autora:

Quadro 2 - Descrição de fatores e subfatores influenciadores de decisão

Fatores	Descrição	Subfatores
Ambiente Externo	Externos à empresa porém capazes de influenciar a adoção da inovação	<ul style="list-style-type: none"> - Competitividade: Exigência de fornecedores ou clientes - <i>Network Externalities</i>: Influência de outras empresas do mercado que já adotaram a tecnologia - Existência de leis governamentais reguladoras do uso da tecnologia - Reputação das empresas fornecedoras da tecnologia
Ambiente Interno	Relacionados ao ambiente interno da empresa e podem influenciar a adoção da inovação	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilidade de testar a tecnologia na empresa - Viabilidade do teste-piloto - Competência técnica dos colaboradores - Existência de diferentes tipos de aplicações RFID que possam beneficiar a empresa
Tecnologia	Vantagens da tecnologia RFID em relação ao código de barras	<ul style="list-style-type: none"> - Vantagens qualitativas - Vantagens quantitativas - Falta de visibilidade de resultados
Redes de Inovação	Facilitador na adoção da tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> - Maior capacidade de compreensão da tecnologia - Busca de soluções para o negócio por meio de parceiros

Fonte: Nemoto (2009)

Para a obtenção dos dados das empresas onde foi aplicado seu estudo, Nemoto (2009) fez uso de questionários e também de entrevistas. Seu modelo foi desdobrado de modo que cada fator e subfator descrito apresentava pelo menos um indicador através do qual este poderia ser mensurado e também cada questão aplicada às empresas estava relacionada à um fator ou subfator. Esse desdobramento pode ser exemplificado através do quadro 3.

Quadro 3 - Desdobramento do modelo conceitual para o estudo da adoção da tecnologia RFID

FATOR / SUBFATOR	INDICADOR	QUESTÕES
AMBIENTE EXTERNO		
- <i>Network externalities</i> : existência de empresas no mercado que adotaram a inovação (RFID)	- Número de empresas que adotaram a tecnologia RFID	- As empresas que já adotaram a tecnologia RFID influenciaram a adoção em sua empresa? Em caso afirmativo, de que forma?
- Competitividade: exigência por parte dos fornecedores ou clientes para que a empresa adote a inovação	- Grau de influência dos fornecedores ou clientes na adoção da tecnologia	- Houve exigência por parte dos clientes ou fornecedores que influenciaram a adoção da tecnologia RFID?
- Reputação das empresas fornecedoras da tecnologia: uma empresa estabelecida no mercado e de boa reputação trará maior segurança e confiança àquela que procura adotar a inovação	- Grau de confiabilidade das empresas nos fornecedores	- A reputação das empresas fornecedoras da tecnologia RFID favoreceu a adoção? Como?

- Regulamentação governamental: existência de leis que regulamentam o uso da inovação em nível nacional ou internacional	- Quantidade de leis que regulamentam o uso a tecnologia	- A existência de leis governamentais que regulamentam o uso da tecnologia influenciou a sua adoção na empresa?
AMBIENTE INTERNO		
- Possibilidade de experimentação: a possibilidade de testar a tecnologia pode ser um fator motivador para sua adoção, em vista dos riscos envolvidos em qualquer projeto. Caso seja possível testá-la de algum modo ou vê-la funcionando, facilita-se o entendimento e visão dos benefícios que podem ser obtidos com a adoção.	- Existência de situações em que se pode observar a tecnologia em operação	- A possibilidade de testar ou o contato direto com a tecnologia RFID operando influenciou sua adoção? Como?
- Competência técnica dos colaboradores	- Número de colaboradores com competência técnica para operar a tecnologia	- A empresa dispunha de competência humana técnica para operar a tecnologia inicialmente?
- Outros tipos de aplicação: possibilidade de utilização da tecnologia RFID em diferentes áreas ou aplicações	- Tipos de aplicação existentes para adoção em outras áreas da empresa - Grau de importância de outras aplicações	- Há outras áreas da empresa que poderiam beneficiar-se da adoção da tecnologia RFID? - Em caso afirmativo, qual a importância dessas outras aplicações para a empresa

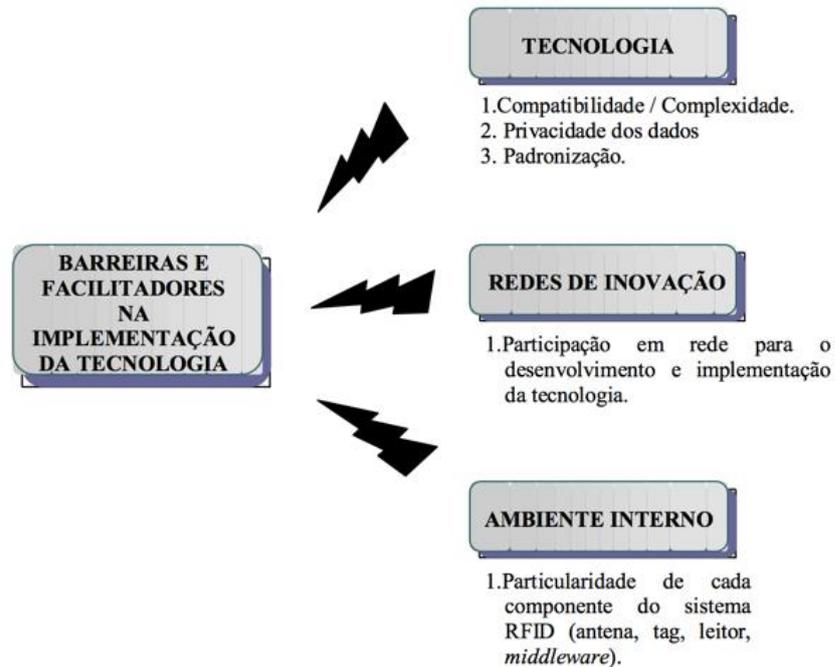
Fonte: Nemoto (2009)

Pode-se perceber que o quadro usado como exemplo acima não engloba o desdobramento de todos os fatores e subfatores apresentados por Nemoto (2009). A continuação do desdobramento pode ser encontrada no **anexo 1**.

2.7.3 Barreiras e facilitadores na implementação da tecnologia

Além do modelo exemplificado acima, Nemoto (2009) também propôs um segundo, desta vez para conduzir o estudo de barreiras e facilitadores à implementação RFID na manufatura. Neste segundo modelo foram levados em consideração apenas 3 fatores, sendo eles: ambiente interno, redes de inovação e tecnologia, retratados na figura 18.

Figura 18 - Modelo conceitual para o estudo de barreiras e facilitadores na implementação da tecnologia RFID na manufatura.



Fonte: Nemoto (2009)

Ainda nesta mesma linha de considerações, a autora nota que o ambiente externo envolve as especificidades de cada elemento do sistema RFID em diferentes cenários. Já as redes de inovação, assim como no modelo anterior, são descritas como facilitadoras na implementação da tecnologia. Por fim, “o fator tecnologia envolve aspectos de compatibilidade de sistemas e *softwares*, complexidade da tecnologia, cautelas com relação à privacidade e padronização dos componentes do sistema”.

Seguindo as mesmas etapas do primeiro modelo apresentado, este também foi desdobrado por Nemoto (2009) em subfatores, indicadores e questões, como pode ser percebido no quadro a seguir:

Quadro 4 - Desdobramento do modelo conceitual para o estudo de barreiras e facilitadores na implementação da tecnologia RFID

FATOR / SUBFATOR	INDICADOR	QUESTÕES
TECNOLOGIA		
- Compatibilidade / complexidade: necessidade de adaptações e modificações no sistema de informação da empresa e infraestrutura	- Modificações necessárias no sistema de informação e infraestrutura da empresa	- Foram necessárias mudanças no sistema de informação da empresa e infraestrutura para compatibilizar o sistema RFID na sua empresa?

- Privacidade: receio quanto à segurança	- Ações tomadas para preservação dos dados	- Sua empresa preocupa-se com a privacidade dos dados ao empregar a tecnologia RFID?
- Padronização	- Dificuldades encontradas quanto à padronização dos componentes do sistema RFID	- Houve dificuldades quanto à padronização de elementos constituintes do sistema RFID?
REDES DE INOVAÇÃO		
- Rede de inovação: utilização da Rede como facilitador na implementação da tecnologia	- Participação em rede para a solução de problemas encontrados na implementação da tecnologia - Busca da melhor solução para o negócio	- Como a participação em rede contribuiu com a solução de problemas técnicos - De que forma a participação em rede contribuiu para as soluções de negócios
AMBIENTE INTERNO		
- Particularidade de cada componente do sistema RFID: dificuldades em função do sistema RFID apresentar diferentes componentes (antena, <i>tag</i> , leitor, <i>middleware</i>). A implementação de cada um deles apresenta particularidades para cada tipo de ambiente e aplicação	- Dificuldades encontradas na implementação dos componentes do sistema RFID	- Quais foram, especificamente, as dificuldades encontradas na implementação dos componentes do sistema RFID (antena, <i>tag</i> , leitor e <i>middleware</i>) em sua empresa

Fonte: Nemoto (2009)

2.7.4 Limitações do modelo conceitual proposto por Nemoto (2009)

Nemoto (2009) ressalta o fato de que o objetivo dos modelos propostos não é apresentar todos os fatores envolvidos no processo de decisão pela adoção da tecnologia RFID. Apesar de relevantes para uma implementação de sucesso, alguns aspectos como resistências humanas à adoção foram desconsiderados por Nemoto (2009) na elaboração desse modelo.

3. ESTUDO DE CASO

O presente capítulo descreve cada etapa de construção do estudo de caso tendo como base os conceitos descritos nos capítulos 2 e 3, a respeito da cadeia de suprimentos, tecnologia RFID e suas possíveis aplicações e do modelo conceitual para adoção da tecnologia RFID.

3.1 Caracterização da empresa

O estudo foi desenvolvido em uma empresa que atua no setor de serviços industriais de lavanderia. Além do processo típico de lavanderia a empresa também produz, em menor escala, enxoval próprio para disponibilizar para seus clientes. Apesar de ser considerada uma prestadora de serviços, uma vez que a cobrança dos clientes é feita não pelo enxoval entregue, mas pelo número de lavagens realizadas daquela peça do enxoval, entende-se que a empresa tem uma forte atuação na transformação dos produtos dos clientes, havendo um consumo relevante de matéria prima. Portanto, será considerada como uma indústria no presente estudo.

A empresa, que completou seus 10 anos de existência em 2015, foi recentemente adquirida pelo segundo maior grupo de lavanderias do mundo. Seu foco é a prestação de serviços de lavagem industrial para hospitais, em sua maioria públicos, sendo esse também o processo detalhado nesse estudo. Entretanto, pode-se somar também ao portfólio de serviços a confecção e higienização de uniformes industriais.

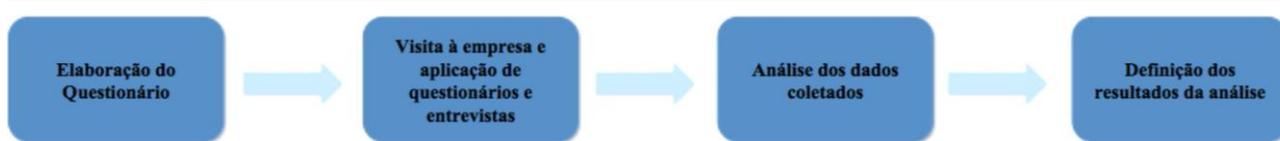
Os investimentos feitos em tecnologia são fruto inicial do entusiasmo do fundador da empresa com inovação. O que surgiu, no princípio, como uma paixão por novidades e lançamentos tecnológicos, hoje vem dando resultados à empresa, que conta com equipamentos e processos modernos e é pioneira no estado na aplicação da tecnologia RFID no setor de lavanderias. Todos esses investimentos tem alavancado resultados expressivos no que diz respeito à satisfação dos clientes e em seu crescimento acelerado.

Atualmente, a empresa encontra-se em fase de expansão. Mesmo em um cenário econômico desfavorável no país, aumentou o número de funcionários em mais de 20 pessoas e conta hoje com 514 funcionários que trabalham em três turnos distintos.

3.2 Etapas da pesquisa

As etapas do desenvolvimento da pesquisa encontram-se detalhadas na figura abaixo. O presente trabalho foi estruturado baseando-se em 4 etapas principais: Elaboração do questionário, visita à empresa e aplicação do questionário, análise dos dados coletados e definição dos resultados da análise.

Figura 19 - Etapas da pesquisa



Fonte: Autora (2016)

3.3 Elaboração dos questionários

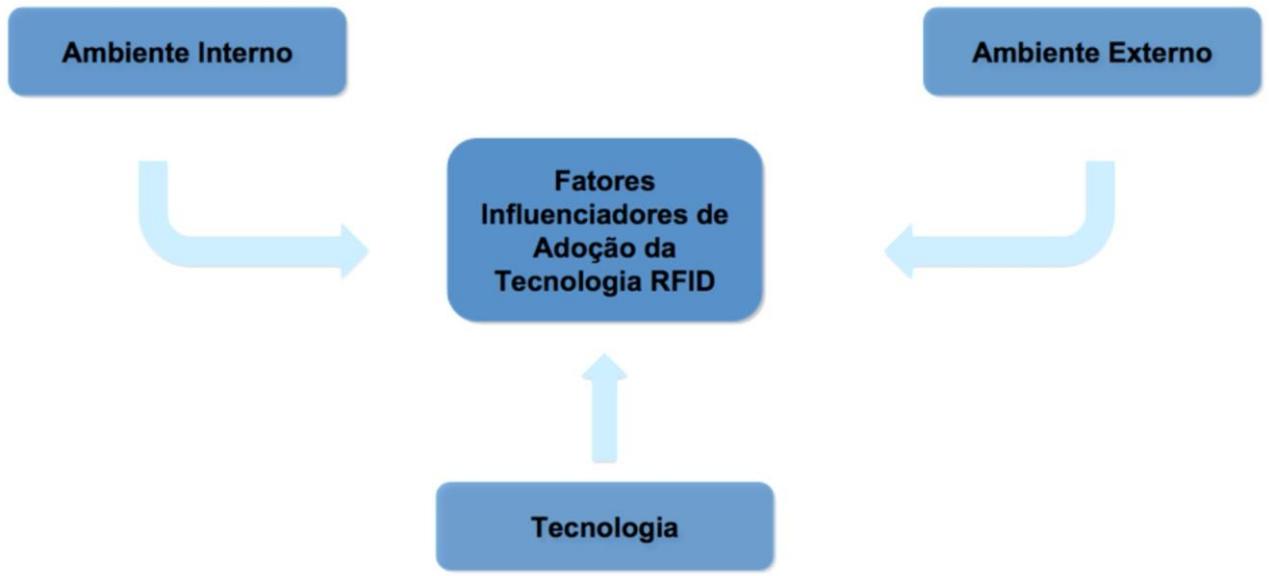
Para levantamento de dados e informações, optou-se pela elaboração de questionários que seriam aplicados presencialmente com funcionários da empresa. Para fins de análise e para direcionar melhor as perguntas que seriam feitas para cada funcionário da empresa, os questionários foram divididos em três tipos distintos, de acordo com o cargo do funcionário ao qual ele seria aplicado: **questionário técnico, questionário para gestores e questionário para operadores.**

Todos os três questionários possuíam uma parte comum com duas perguntas introdutórias a respeito da função do funcionário e seu tempo de trabalho na empresa e, posteriormente, diferenciavam-se tanto em relação às perguntas quanto também ao formato utilizado.

Para a elaboração das questões aplicadas em cada um dos questionários, tomou-se como base os modelos propostos por Nemoto (2009). É importante ressaltar que algumas adaptações precisaram ser feitas em relação aos modelos originais para que melhor adequá-los ao trabalho em questão. Uma vez que os questionários foram aplicados apenas em uma empresa e que esta não faz parte de uma rede de compartilhamento de conhecimentos e informações, os fatores relativos às redes de informação não foram levados em consideração.

Agrupando as informações obtidas com a aplicação dos três questionários, e baseando-se primeiramente no Modelo conceitual para decisão de adoção da tecnologia, descrito no tópico 3.3 deste trabalho, montou-se um panorama de análise dos fatores influenciadores de adoção da tecnologia RFID divididos em: **tecnologia, ambiente interno e ambiente externo**, relatados na figura 20:

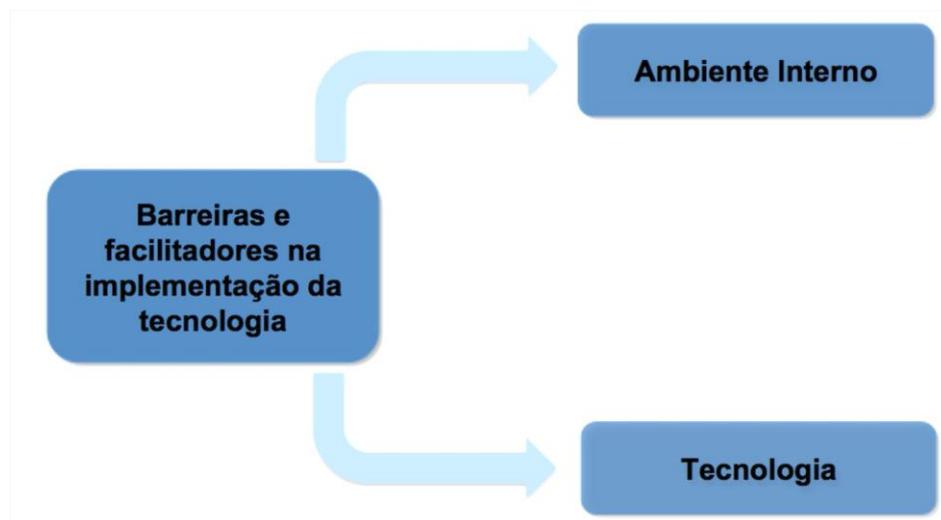
Figura 20 - Modelo para decisão de implementação da tecnologia RFID em uma lavanderia industrial.



Fonte: Autora (2016)

Além da análise dos critérios de decisão procurou-se colocar também perguntas nos três questionários que fornecessem insumos quanto aos benefícios e desafios da implementação da tecnologia RFID para a empresa. Para a definição dos fatores tomou-se como base o segundo modelo proposto por Nemoto (2009), detalhado no tópico 2.7.4: Barreiras e facilitadores na implementação da tecnologia. Nesta análise, os dados foram divididos em dois fatores: **ambiente interno** e **tecnologia**, retratados pela figura 21.

Figura 21 - Modelo para o estudo de barreiras e facilitadores na implementação tecnologia RFID em uma lavanderia industrial.



Fonte: Autora (2016)

O desdobramento de cada um dos dois modelos em indicadores e questões está retratado nos quadros 5 e 6. É importante ressaltar que os questionários não foram elaborados com o intuito de abordar isoladamente todos os fatores, tanto influenciadores como barreiras e facilitadores, de modo que estes foram contemplados na união dos três questionários e dos dados assimilados após todas as entrevistas.

Quadro 5 – Desdobramento do modelo conceitual para o estudo da adoção da tecnologia RFID em uma lavanderia industrial

Fator/Subfator	Indicador	Questões	Questionário Correspondente
AMBIENTE EXTERNO			
- <i>Network externalities</i> : existência de empresas no mercado que adotaram a inovação (RFID)	- Existência de outras empresas que adotaram a tecnologia RFID	- As empresas que já adotaram a tecnologia RFID influenciaram a adoção em sua empresa?	- Questionário Técnico
- Competitividade: exigência por parte dos fornecedores ou clientes para que a empresa adote a inovação	- Grau de influência dos fornecedores ou clientes na adoção da tecnologia	- Houve alguma exigência dos fornecedores ou clientes para a adoção da tecnologia?	- Questionário Técnico
- Reputação das empresas fornecedoras da tecnologia: uma empresa estabelecida no mercado e de boa reputação trará maior segurança e confiança àquela que procura adotar a inovação	- Grau de confiabilidade das empresas nos fornecedores	- Existiu algum critério técnico inicial para a seleção das empresas fornecedoras da tecnologia RFID?	- Questionário Técnico
AMBIENTE INTERNO			
- Competência técnica dos colaboradores	- Número de colaboradores com competência técnica para operar a tecnologia	Na sua percepção, os operários da base entendem o que é a tecnologia e percebem as suas vantagens? - Você foi bem treinado em relação à tecnologia? - Você se sentiu apto a operar a tecnologia após o treinamento?	- Questionário para Gestores - Questionário para Operadores - Questionário para Operadores
- Outros tipos de aplicação: possibilidade de utilização da tecnologia RFID em diferentes áreas ou aplicações	- Tipos de aplicação existentes para adoção em outras áreas da empresa	- De onde surgiu a necessidade e a ideia de implementação da tecnologia RFID? Para quais tipos de aplicação ela está sendo usada?	- Questionário Técnico

TECNOLOGIA			
<p>- Vantagens qualitativas ou quantitativas da tecnologia RFID em relação ao código de barras, que podem ser obtidas pela empresa caso adote a tecnologia na manufatura</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo de produção - Eficiência dos processos - Visibilidade no processo de produção - Confiabilidade dos dados - Qualidade - Controle de volume de produção - Armazenamento de dados - Visibilidade na cadeia de suprimentos - Custo 	<ul style="list-style-type: none"> - De que maneiras você percebe que a tecnologia agrega valor ao seu serviço? - Houve redução no tempo total do processo? (desde a chegada das roupas até a sua distribuição) - Houve redução nas perdas de materiais e no controle dos estoques? - A implementação da tecnologia provocou mudanças na quantidade de mão de obra e em seu custo? - Houveram vantagens para a empresa com relação ao armazenamento de dados após a adoção do RFID? - Mudanças de <i>layout</i> precisaram ser feitas para melhor "absorver" a tecnologia? - Com o uso da tecnologia, sua atividade está sendo desenvolvida mais rápido? - Com o uso da tecnologia, sua atividade está sendo desenvolvida com mais qualidade? 	<ul style="list-style-type: none"> - Questionário para Gestores - Questionário Técnico - Questionário Técnico - Questionário Técnico - Questionário Técnico - Questionário para Operadores - Questionário para Operadores
<p>- Vantagens qualitativas ou quantitativas da tecnologia RFID em relação ao código de barras que podem ser obtidas pela empresa cliente caso a empresa foco adote a tecnologia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo de produção - Eficiência dos processos - Visibilidade no processo de produção - Confiabilidade dos dados - Qualidade - Controle de volume de produção - Armazenamento de dados - Visibilidade na cadeia de suprimentos - Custo 	<ul style="list-style-type: none"> - Existe uma percepção de valor da tecnologia pelo cliente? - Na sua percepção, de que maneiras a tecnologia é um diferencial competitivo para a empresa face aos concorrentes? 	<ul style="list-style-type: none"> - Questionário para Gestores - Questionário para Gestores
<p>- Incerteza: dificuldade em visualizar resultados</p>	<p>- Parâmetros para mensurar resultados</p>	<p>- Quais foram os parâmetros usados para mensurar os resultados advindos da adoção?</p>	<p>- Questionário Técnico</p>

Fonte: Autora (2016)

Quadro 6 – Desdobramento do modelo conceitual para o estudo das barreiras e facilitadores à implementação da tecnologia RFID em uma lavanderia industrial

Fator / Subfator	Indicador	Questões	Questionário Correspondente
TECNOLOGIA			
- Compatibilidade / complexidade: necessidade de adaptações e modificações no sistema de informação da empresa e infraestrutura.	- Modificações necessárias no sistema de informação e infraestrutura da empresa.	- Mudanças de layout precisaram ser feitas para melhor "absorver" a tecnologia?	- Questionário Técnico
- Padronização	- Dificuldades encontradas quanto à padronização dos componentes do sistema RFID.	- Houve uma preocupação quanto à padronização de elementos constituintes do sistema RFID? Em caso positivo, houve dificuldade nessa padronização?	- Questionário Técnico
AMBIENTE INTERNO			
- Particularidade de cada componente do sistema RFID: dificuldades em função do sistema RFID apresentar diferentes componentes (antena, tag, leitor, middleware). A implementação de cada um deles apresenta particularidades para cada tipo ambiente e aplicação.	- Dificuldades encontradas na implementação dos componentes do sistema RFID.	- Quais foram os maiores desafios operacionais da implementação da tecnologia? (Em relação aos operadores, maquinário, treinamentos..)	- Questionário para gestores
		- Quais foram os maiores desafios técnicos da implementação da tecnologia?	- Questionário Técnico

Fonte: Autora (2016)

Observa-se que as perguntas aplicadas nos questionários não ficaram restritas às aquelas desdobradas nos dois modelos. Perguntas complementares foram feitas para enriquecer a pesquisa e facilitar o entendimento da dinâmica de uso da tecnologia RFID na empresa.

3.3.1 Questionário técnico

Este questionário foi pensado para suprir necessidades de informações técnicas sobre a implementação e utilização da tecnologia RFID na empresa. A sua aplicação foi destinada para a análise de algumas características mais específicas a respeito da implementação e dos resultados da tecnologia que possivelmente não seriam de conhecimento de todos os gestores ou funcionários da empresa.

O questionário técnico é o mais extenso dos três, sendo constituído de dezessete perguntas abertas, sendo as duas primeiras comuns aos outros questionários e as quinze restantes específicas.

O questionário técnico em sua completude está representado no **apêndice 1**.

3.3.2 Questionário para gestores

O questionário em questão tem como público alvo gestores da empresa que não apresentam no escopo da sua função a gestão da tecnologia RFID, ou seja, são funcionários que podem ou não lidar com a tecnologia RFID no seu dia a dia, mas não são os principais responsáveis por sua implementação e utilização.

A sua aplicação foi destinada primordialmente para uma análise de percepção de valor da tecnologia, dentre outros aspectos. Optou-se pela elaboração de um questionário distinto para esse público para obter-se uma visão sistêmica dos efeitos da aplicação da tecnologia na cadeia de suprimentos, sem que as informações ficassem tendenciosas à uma análise exclusiva de um funcionário que possui “intimidade” com a tecnologia RFID e seus potenciais benefícios.

Todas as questões levantadas no questionário para gestores foram de caráter qualitativo e este era composto de duas perguntas introdutórias e de caráter padrão para todos os relatórios e oito outras perguntas específicas.

O relatório aplicado, em seu formato integral, encontra-se no **apêndice 2**.

3.3.2 Questionário para operadores

O terceiro e último questionário aplicado é destinado aos operadores de base da empresa, ou seja, aqueles que estariam lidando com a tecnologia no seu dia a dia e em seu aspecto mais operacional. O intuito principal do questionário para operadores é a obtenção de informações a respeito do desdobramento e dos impactos da implementação da tecnologia na base da empresa, onde, mesmo que os funcionários não apresentem, de um modo geral, níveis de instrução técnica muito elevados, eles são os que mais apresentam contato direto com a tecnologia no ambiente de produção.

O questionário em questão, assim como o questionário para gestores, também apresentava dez perguntas, sendo duas padrão e as demais oito, específicas. Apesar de ter sido aplicado na mesma empresa dos demais, o questionário em questão apresenta uma estrutura distinta dos demais nas suas oito perguntas específicas, nas quais foi usado o conceito de escala de Likert.

Por ser destinado a operadores de base, tornou-se necessária uma atenção maior quanto à linguagem utilizada nas perguntas e à maneira como essas seriam aplicadas, de modo a extrair o máximo de informações possível. Por conta do tempo limitado para resposta e por

uma ausência de compreensão da importância do questionário aplicado, partiu-se do princípio que, caso as perguntas seguissem o mesmo modelo aberto empregado nos outros dois questionários, as respostas básicas seriam apenas “sim” e “não”, impedindo uma análise mais profunda das questões propostas.

Com o intuito de “fugir” dessas respostas binárias, a escala de Likert foi a estratégia empregada na elaboração das questões. Ao invés de perguntas, optou-se por fazer afirmações ao operador e a escala utilizada é composta de cinco pontos que deverem ser assinalados pelo operador com relação à sua opinião a respeito da afirmação feita: concordo totalmente, concordo, nem concordo nem discordo, discordo e discordo totalmente. É importante ressaltar que, mesmo as respostas seguindo um padrão pré-estabelecido, a escala fornece uma profundidade maior de dados ao mesmo tempo em que ainda existe facilidade na marcação das opções. Caso o operador deseje aprofundar-se em alguma das afirmações propostas, foi colocado, de forma complementar, um espaço para comentários abaixo de cada escala.

O questionário aplicado encontra-se de forma completa no **apêndice 3**.

3.4 Aplicação dos questionários e entrevistas

Os três questionários foram aplicados presencialmente, de maneira oral e os registros foram feitos prioritariamente por meio de gravações de áudio, autorizadas pelos funcionários da empresa.

As entrevistas possuíam inicialmente a finalidade de complementar os questionários aplicados, por conta da profundidade das informações obtidas através desse método. Como estes foram aplicados de maneira oral, pode-se entender que atuaram como direcionadores para as entrevistas realizadas. Essas entrevistas foram efetuadas em três momentos distintos de acordo com o tipo de questionário que estava sendo aplicado.

Ao longo da realização das entrevistas, algumas limitações estruturais nos questionários foram percebidas, principalmente pelo fato de não ter existido uma “aplicação-teste” para a sua validação, de modo que algumas perguntas ficaram mal alocadas entre eles.

3.4.1 Aplicação do questionário técnico

O questionário técnico foi respondido pelo gerente responsável pelos setores de Tecnologia da Informação e controladoria da empresa com participação do auxiliar

operacional em tecnologia da informação. O gestor entrevistado trabalha há cerca de seis anos na empresa e suas atividades envolvem o gerenciamento do sistema de gestão da empresa, softwares e dos projetos em RFID, tendo como braço de apoio nessas atividades, seu auxiliar operacional, funcionário da empresa há cerca de três anos. No escopo das atividades do auxiliar está a participação nos testes e nas novas implementações da tecnologia RFID na empresa, bem como a elaboração de relatórios com dados integrados entre o software do RFID e o sistema de gestão da empresa e treinamento dos usuários com relação à tecnologia.

Durante a entrevista, o roteiro elaborado no questionário não foi seguido de maneira rigorosa, uma vez que os entrevistados mostraram-se extremamente solícitos e abertos em suas respostas, por vezes adiantando assuntos que seriam abordados em perguntas posteriores mesmo antes de serem questionados sobre o tema. Esse fato, contudo, não prejudicou a aplicação do questionário, uma vez que todas as perguntas previstas foram eventualmente respondidas, mesmo que em uma ordem diferente da inicialmente planejada.

Um fato importante na aplicação deste questionário foi o fato de que os entrevistados não possuíam informações sobre algumas perguntas realizadas (referentes principalmente aos impactos da tecnologia em termos de melhoria de desempenho operacional) de modo que, mesmo tendo sido planejadas para o questionário técnico, as seguintes questões precisaram ser repetidas no questionário para gestores:

- **“Houve redução no tempo total do processo?”**
- **“Houve redução de perdas de materiais? E melhoria no controle dos estoques?”**
- **“A implementação da tecnologia provocou mudanças na quantidade de mão de obra e em seu custo?”**

3.4.2 Aplicação do questionário para gestores

O questionário para gestores, por sua vez, foi respondido pelo gerente de produção com participação do coordenador da produção. Suas atividades estão basicamente ligadas ao processo de lavagem industrial, desde a fabricação do enxoval que será disponibilizado para os clientes, até a sua distribuição, controlando o nível de serviço, as taxas de ocupação das máquinas e eficiência do processo de lavagem industrial como um todo. Por conta da tecnologia RFID estar intimamente presente no processo produtivo da empresa, entende-se que ela impacta diretamente nas funções dos funcionários em questão, mesmo que estes não sejam os principais responsáveis pela implementação e gestão direta da tecnologia.

Assim como na aplicação do questionário anterior, o fluxo das questões perguntadas na entrevista não foi executado de maneira integralmente fiel ao que estava planejado. Mais uma vez, a razão primordial para que o fluxo não fosse rigorosamente seguido foi o fato da entrevista ter sido conduzida em um formato de conversa, na qual os entrevistados colocavam vários pontos considerados relevantes de forma agrupada, sem se restringirem essencialmente apenas ao que foi perguntado. Além das dez perguntas programadas inicialmente para a entrevista, foram adicionadas também as três questões provenientes do questionário técnico e detalhadas no tópico 4.4.1.

3.4.3 Aplicação do questionário para operadores

A última entrevista realizada foi com o um funcionário da operação da calandra, processo onde os lençóis são, após estarem lavados e secos, passados. O operador em questão trabalha na empresa há cerca de dois anos, é o líder do seu processo e lida diretamente com a tecnologia RFID para a execução do seu trabalho.

Dentre as três entrevistas realizadas esta foi a que seguiu de maneira mais fiel ao roteiro e à ordem das questões propostas no questionário. Pelo fato de ter sido realizada no próprio local da operação, ou seja, no “chão de fábrica”, o alto nível de ruídos impossibilitou a gravação da entrevista por meio de áudios de modo que os dados foram compilados por meio de anotações. Apesar de ter sido uma barreira para o registro das informações, o fato da coleta dos dados ter sido feita no local de trabalho do operador também permitiu que o uso da tecnologia também fosse visto em tempo real, agregando mais valor às percepções de sua utilização.

3.5 Análise dos dados coletados

Através da aplicação dos três questionários por meio de entrevistas, pôde-se realizar uma análise crítica dos fatores a serem levados em consideração nas decisões sobre a implementação do RFID na empresa. Além disso, os dados coletados serviram de insumo para a definição dos impactos dessa adoção na cadeia de suprimentos da empresa e também para o detalhamento da sua utilização.

3.5.1 Início da aplicação da tecnologia RFID

As pesquisas a respeito da tecnologia RFID na empresa e sua implementação tiveram início no ano de 2010, influenciadas primordialmente por uma iniciativa particular do diretor da empresa na época, um gestor visionário e entusiasta por tecnologia, que conheceu o RFID através da participação de feiras no exterior.

O setor responsável por esta implementação foi primordialmente o de Tecnologia da Informação, tendo sido fortemente amparado pelo setor da Produção, que é principal interessado nos possíveis benefícios provenientes da identificação por rádio frequência. A implementação do sistema em si, no que diz respeito à aquisição das antenas, sistemas e etiquetas deu-se em um período de meses, mas as adaptações e incrementos ocorrem até hoje.

A empresa foi pioneira na adoção do RFID no setor de lavanderias no estado, de modo que não foi motivada por nenhuma exigência externa do mercado, seja de clientes ou de fornecedores.

Nas primeiras tentativas de adoção da tecnologia, utilizava-se a frequência HF (*high frequency*). Ao utilizar-se essa frequência, percebeu-se que ela não era a mais adequada para as necessidades do sistema de produção da empresa, uma vez que as antenas empregadas não tinham uma capacidade de leitura suficientemente elevada e, para que houvesse uma taxa de leitura aceitável era necessário que a linha de produção reduzisse bastante a sua velocidade, diminuindo então a sua produtividade em níveis inaceitáveis.

Outra dificuldade encontrada com a tecnologia HF era a etiqueta utilizada (chamada pelos funcionários da empresa de *chips*). Anteriormente, eram empregadas etiquetas passivas, de formato circular e consistência mais rígida, como apresentado na figura 22. Apesar dessa rigidez proporcionar uma maior resistência às etiquetas, estas, ao serem costuradas nos uniformes e enxovais, tornavam-se “pontos de impacto”, de modo que, durante o processamento dos itens, essas costuras por muitas vezes rasgavam e as etiquetas eram perdidas. Além disso, por serem facilmente identificáveis no tecido, muitos chips eram literalmente arrancados pelos pacientes ou funcionários dos hospitais para onde as roupas e os enxovais eram enviados.

É importante frisar que não houve um estudo prévio sobre as funcionalidades dos diferentes tipos de etiqueta quanto à existência de uma fonte de energia, de modo que a etiqueta do tipo passiva foi escolhida principalmente por conta do seu menor custo em comparação às demais (ativa e semi-ativa).

Figura 22 – Primeira etiqueta utilizada pela empresa compatível com a frequência HF (*High Frequency*)



Fonte: Autora (2016)

Outro ponto importante quanto à implementação inicial da tecnologia RFID na empresa foi o fato desta possuir um extenso enxoval a ser rastreado e da sua maior parte estar nas mãos do cliente, sendo as peças repassadas para a empresa apenas para a higienização. A retirada de todos os itens que estavam em posse dos clientes e em circulação no processo produtivo requereria muito tempo e um custo muito elevado, inviabilizando a possibilidade de aplicação das etiquetas em todo o enxoval de uma só vez, de modo que a estratégia adotada pela empresa foi de colocar as etiquetas em todas as novas peças que fossem produzidas e disponibilizadas pelos clientes e, naquelas peças já em circulação, as *tags* seriam colocadas de maneira gradativa. Apesar de ser uma alternativa muito boa em termos de tempo e custos, a estratégia adotada possui como contrapartida o fato de que ao mesmo tempo em que existirão simultaneamente peças em circulação com e sem a *tag* de modo que o controle RFID não será completamente fiel à realidade.

No que diz respeito ao *layout* da planta produtiva, não foram necessárias mudanças significativas para melhor acolher a tecnologia, com exceção do espaço destinado à cabine leitora do tipo u-DOOR, instalada na área limpa, que será detalhado mais à frente.

3.5.2 Parâmetros atuais de utilização tecnologia RFID

As dificuldades encontradas na implementação inicial do RFID na empresa não foram relacionadas a fatores humanos, de *softwares* ou mesmo de incompatibilidade do fluxo de produção da empresa com a tecnologia e sim a uma decisão equivocada a respeito da frequência na qual esta deveria ser utilizada.

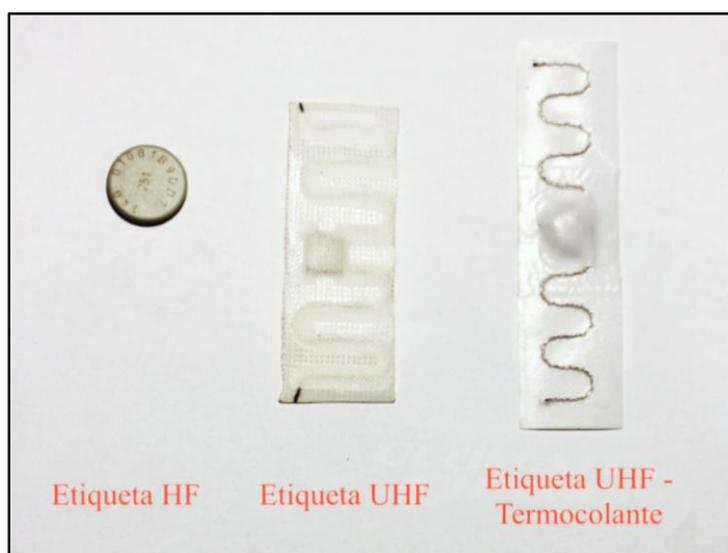
Percebeu-se, de acordo com as necessidades do processo produtivo da empresa, que uma mudança de frequência de HF para UHF facilitaria a integração da identificação por rádio frequência na operação, suprimindo os *gaps* deixados pela antiga frequência nos quesitos capacidade de leitura e velocidade da linha de produção. Essa mudança iniciou-se cerca de dois anos após o início da implementação do RFID, entre o final de 2012 e o início de 2013.

Para que essa mudança fosse feita, foi necessária a troca tanto das etiquetas utilizadas como também de outros componentes do sistema RFID, que antes operavam na frequência HF.

Com relação à etiqueta, houve não apenas uma mudança com relação à frequência mas também com relação à sua forma, consistência e material. Por conta dos problemas apresentados anteriormente, de rasgo do material durante o processo de lavagem e por extração indevida, optou-se por etiquetas de formato retangular e feitas de tecido, próprias para lavanderia. As etiquetas atualmente utilizadas pela empresa ainda são passivas, mas possuem características específicas em termos de flexibilidade, maleabilidade, espessura e facilidade de fixação, tornando-as adequadas ao processo de uma lavanderia industrial. As etiquetas podem ser compradas online e seu custo unitário varia de acordo com o tamanho do lote adquirido.

A figura 23 coloca em paralelo os três modelos de etiquetas RFID que já foram ou estão sendo utilizados pela empresa.

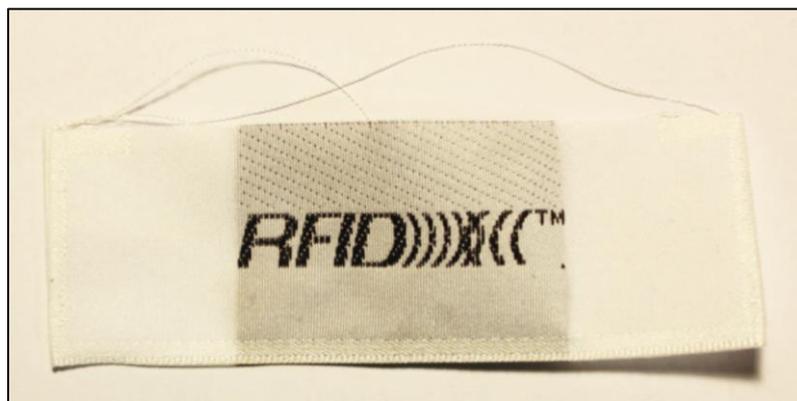
Figura 23 – Etiquetas RFID utilizadas pela empresa e suas diferentes frequências



Fonte: Autora (2016)

As aplicações das etiquetas nos lençóis, uniformes e outros itens trabalhados são feitas de duas maneiras, de acordo com o tipo de etiqueta utilizado. Algumas eram costuradas nas peças e protegidas pelo invólucro de tecido mostrado na figura 24 enquanto outras eram aplicadas diretamente nas peças por meio de um processo de termo fixação, sendo esta última maneira a mais vantajosa para a empresa pelo fato da aplicação ser mais rápida e prática.

Figura 24 – Invólucro utilizado para proteção das etiquetas RFID



Fonte: Autora (2016)

É relevante observar que, em alguns casos, a vida útil da etiqueta ultrapassa a vida útil da própria peça do enxoval e, para que estas etiquetas não fiquem inutilizadas existe a possibilidade de reutilizar através da ré associação dos dados da peça correspondente no sistema. Esse processo precisava ser feito manualmente no sistema e demandava um alto custo de tempo e esforço operacional para a remoção da etiqueta (costurada ou termofixada), provando não apresentar um bom custo benefício para a empresa de modo que cada *tag* é destinada exclusivamente a um item do enxoval.

Além da etiqueta RFID, os uniformes industriais também são identificados com um identificador nominal do funcionário e coordenadas especificando o armário e a gaveta própria do “dono” daquele uniforme, como retratado na figura 25:

Figura 25 – Uniforme equipado com etiqueta RFID e identificador nominal



Fonte: Autora (2016)

Os componentes do sistema são, de modo geral, adquiridos online em sites estrangeiros e não há uma padronização nos componentes utilizados. A figura 26 retrata, em paralelo, uma das antenas utilizadas pela empresa e um leitor, produzidos por fornecedores distintos.

Figura 26 – Antena e Leitor RFID



Antena RFID

Leitor RFID

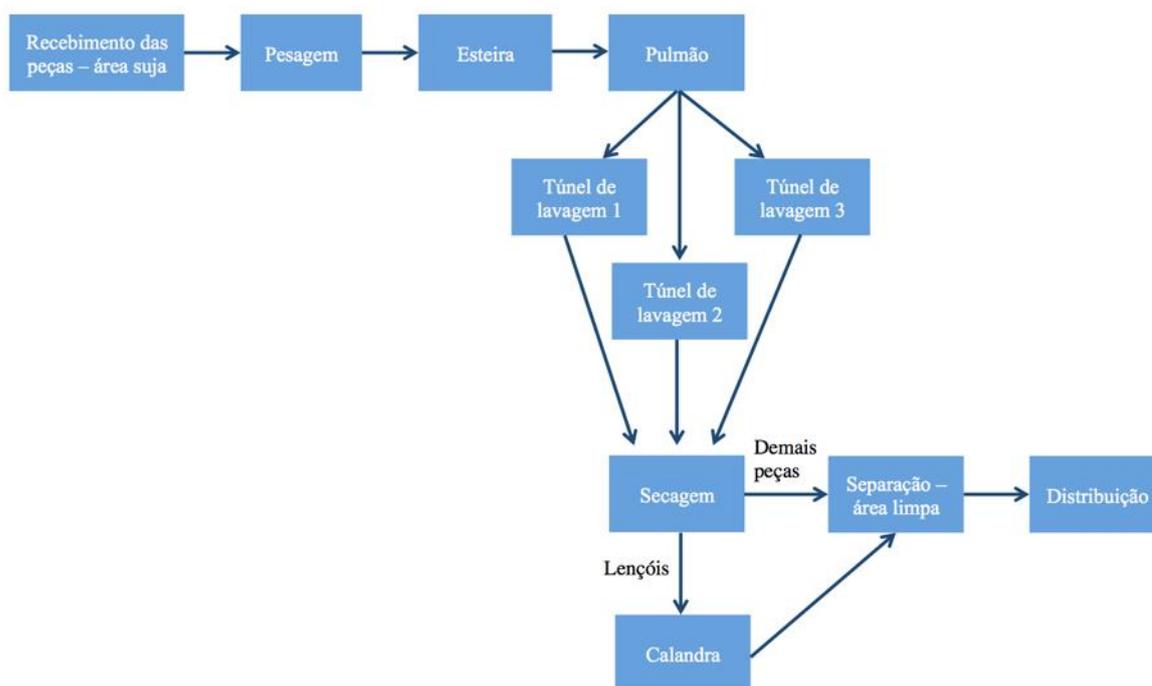
Fonte: Autora (2016)

Os custos envolvidos na adoção da tecnologia RFID são elevados, devido aos seus muitos componentes e por ser uma tecnologia ainda em difusão, principalmente no mercado brasileiro. Este fato que pode vir a ser uma barreira para a sua adoção, sendo necessário que se abstraia um pouco a necessidade de um retorno financeiro imediato e o enfoque seja colocado nas melhorias futuras que a tecnologia poderá proporcionar para a empresa. Atualmente, já existem fornecedores brasileiros de componentes da tecnologia RFID, sinal de certo aumento da sua acessibilidade e indicador de potencial redução de custos para compra de material no país.

3.5.3 RFID no fluxo produtivo

O fluxo detalhado na figura 27 é o fluxo principal de recebimento, lavagem e redistribuição de enxoval entre a empresa e seus clientes. Nesse fluxo não são levados em consideração os uniformes industriais, pois estes representam um volume relativo pequeno face aos demais e possuem um processo de esterilização e lavagem próprios. É importante ressaltar que, com exceção dos uniformes, tanto hospitalares como industriais, a empresa possui um sistema de *pool* para a distribuição, ou seja, não existe distinção de enxoval entre os clientes de modo que esse é distribuído de acordo com a necessidade da empresa.

Figura 27 – Esquema do fluxo de produção básico da lavanderia industrial

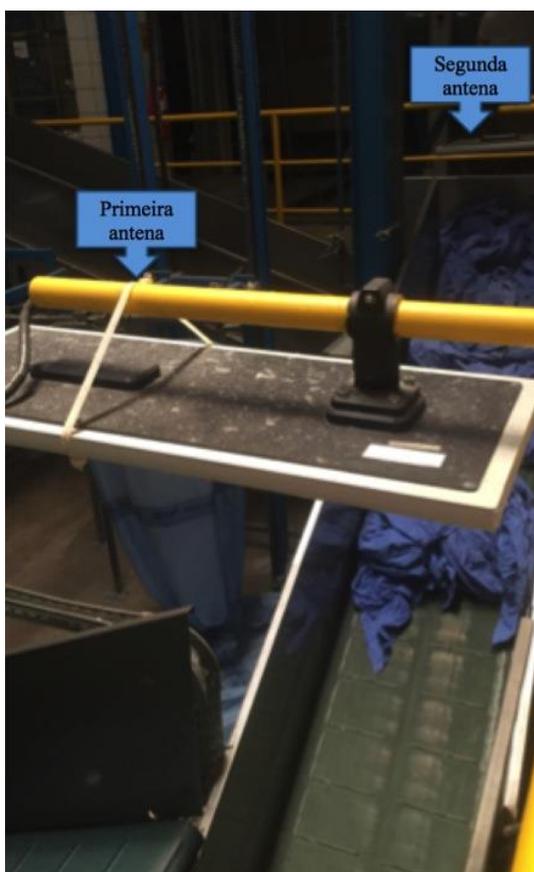


Fonte: Autora (2016)

A ordem de priorização é primordialmente do tipo FIFO (*First in, First out*) ou, em português, PEPS (Primeiro que entra, Primeiro que sai), ou seja, os primeiros itens a sair da fila de produção deve ser aquele que chegou primeiro. Exceções a essa regra para priorização de lotes específicos podem ser feitas, mas prejudicam muito a logística do processo produtivo de modo que só são realizadas em último caso.

O fluxo inicia-se com o recebimento dos enxovais e uniformes sujos na área denominada “área crítica”. Esses enxovais são pesados para dimensionar a quantidade correta que deve ser colocada em cada lote e, posteriormente, separados de acordo com o seu grau de sujidade e cor. Após a separação, os “lotes de produção” passam por uma esteira onde estão presentes duas antenas RFID, distantes cerca de dois metros uma da outro, como mostra a figura 28.

Figura 28 – Antenas RFID presentes na esteira da área suja



Fonte: Autora (2016)

A partir do momento em que as peças contendo as *tags* passam por essa esteira e as etiquetas são lidas, o sistema entende como se essas peças que estavam sob posse do cliente passassem a estar sob posse da empresa. O posicionamento de duas antenas quase simultâneas

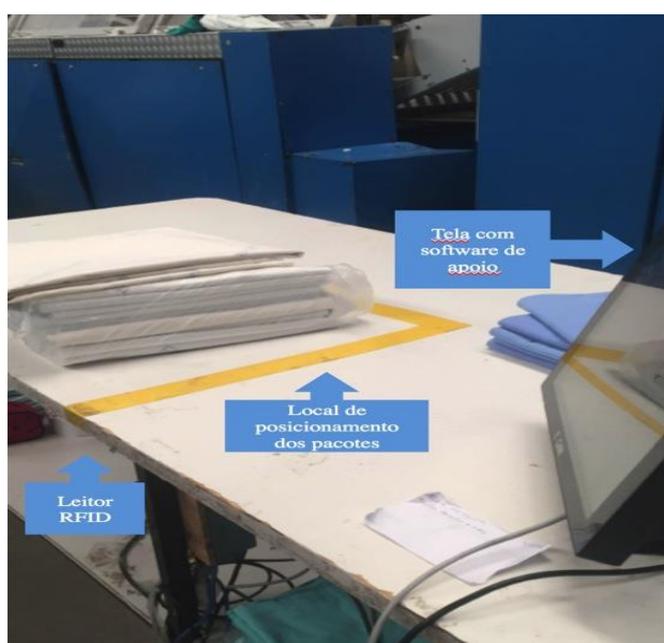
tem como objetivo minimizar possíveis erros de leitura, uma vez que a etiqueta que por algum motivo não for captada pela primeira antena provavelmente será lida pela segunda.

Após a passagem pelas esteiras, os lotes de enxoval são colocados em grandes bolsas ou reservatórios e mantidos em espera em um pulmão. O pulmão é uma área destinada a alocar os lotes que estão a espera da liberação dos túneis para a lavagem. Cada túnel de lavagem é destinado a um tipo específico de enxoval lavado, sendo estas diferenciadas em: enxovais com sujeiras pesadas, enxovais de cor verde e enxovais de cores brancas.

Em seguida à lavagem, cerca de 3% das peças são enviadas para relavagem por não estarem em um nível de qualidade aceitável e as demais seguem o fluxo para o processo de secagem. Após a secagem, os lençóis passavam pela calandra, em um processo adicional, onde eram engomados. Durante a visita, pôde-se verificar visualmente como era a utilização do RFID na área da calandra. O operador entrevistado era o líder dessa operação e, em seu relato, deixou claro o papel essencial que a tecnologia RFID possuía no processo.

Uma das etapas do processo executado na calandra é o agrupamento em pacotes e a passagem pelo leitor RFID para que este reconheça o pacote e diminua-o do pedido total cliente. O leitor fica localizado na parte de baixo da mesa de conferência e o sistema detecta automaticamente, pela etiqueta das peças, se elas estão registradas para o cliente correto e, em caso positivo, esse pacote é reduzido da quantidade que falta ser executada para suprir a necessidade do cliente. A figura 29 é relativa ao local onde está o leitor RFID na área da calandra.

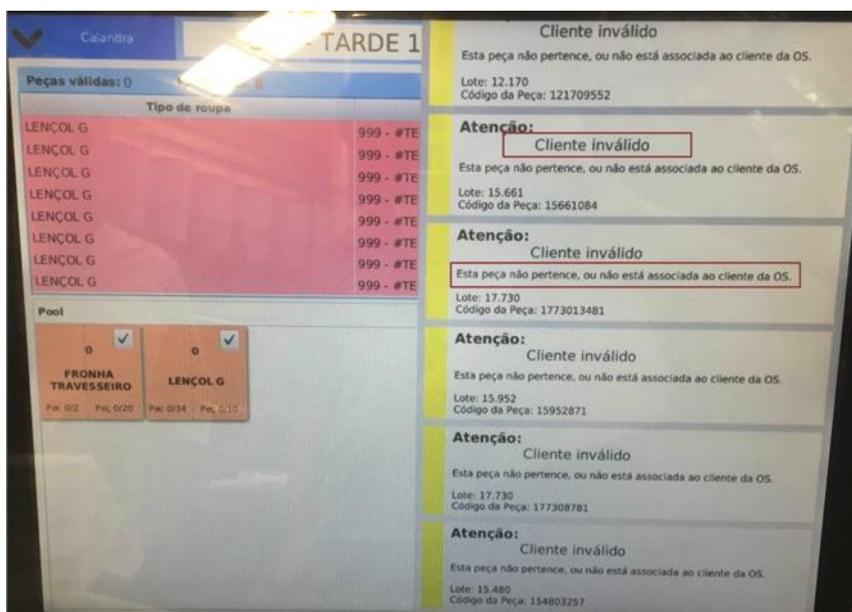
Figura 29 – Local de manuseio da tecnologia RFID na área da calandra



Fonte: Autora (2016)

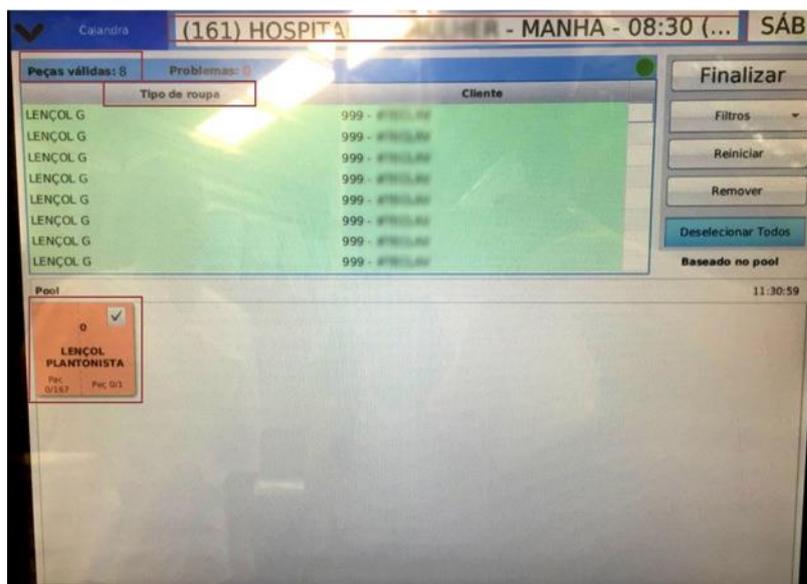
As figuras 30 e 31, por sua vez representam, respectivamente, o sistema em um caso em que o pacote é incompatível com o cliente registrado e um caso de sucesso em que o pacote foi reconhecido e contabilizado.

Figura 30 – Interface do sistema de gestão em caso de incompatibilidade entre a etiqueta e o cliente



Fonte: Autora (2016)

Figura 31 – Interface do sistema de gestão em casos de leitura correta das etiquetas RFID



Fonte: Autora (2016)

Já na área limpa, os pacotes com os diversos itens do enxoval são separados de acordo com o cliente para o qual serão enviados em “gaiolas metálicas”. Cada gaiola contém um código de barras que a identifica. Esse código de barras é lido e logo em seguida a gaiola com os produtos é colocada em uma balança para ser pesada. O peso da gaiola é registrado no

sistema e só então ela é colocada na cabine leitora do tipo u-DOOR, onde todas as peças que possuem as etiquetas RFID são lidas em questão de segundos e de forma simultânea, sendo automaticamente registradas no sistema e é emitido um relatório de entrega de roupas com o tipo de roupa, a quantidade informada nos pacotes e as quantidades indicadas pelo leitor RFID. É importante ressaltar que podem existir diferenças entre os dois números indicados, uma vez que a empresa ainda não possui 100% do enxoval equipado com as *tags* RFID. Na figura 32 está retratada a cabine leitora utilizada na empresa.

Figura 32 – Cabine leitora RFID



Fonte: Autora (2016)

Após a conferência dos itens, estes eram direcionados, ainda dentro das gaiolas, para a expedição. Antes de alocadas nos caminhões, as gaiolas eram lidas por meio de um código de barras, indicando no sistema que aquele enxoval havia sido expedidos.

É importante ressaltar que nem todos os operários da empresa trabalham em contato direto com funções da tecnologia RFID. Em sua maioria, eles têm consciência da existência da etiqueta nas peças, mas apenas aqueles que trabalham diretamente com o RFID no seu dia-a-dia percebem suas funcionalidades e benefícios.

Em entrevista, questionou-se os funcionários quanto ao seu treinamento em relação à tecnologia e sobre o seu entendimento e, através das respostas obtidas, percebeu-se que eles foram bem treinados em relação à função que precisam executar com relação ao RFID, sentiram-se aptos a executar suas funções e que percebem a melhora que ela

proporciona ao seu processo de trabalho de forma pontual mas que os benefícios da tecnologia de modo global para a empresa e para o fluxo como um todo ainda não estavam claros para os operadores.

Outro ponto ressaltado pelo entrevistado foi o fato de que com o RFID, as suas atividades estão sendo desenvolvidas de maneira mais rápida e com um certo aumento de qualidade, uma vez que os dados coletados são mais precisos, aumentando o controle do processo. Apesar dessa melhora ser perceptível para o operador, não há uma mensuração dos dados nem análises comparativas que comprovem numericamente esse evolução.

3.5.4 A integração da tecnologia RFID na cadeia de suprimentos

Um dos fatores primordiais para o sucesso da aplicação da tecnologia na empresa foi a sua integração com a sua cadeia de suprimentos, principalmente no que diz respeito aos clientes.

A lavanderia industrial analisada pelo presente trabalho é a responsável pela implementação de todas as *tags* RFID usadas em seu enxoval, não atribuindo esse requisito aos seus fornecedores. Apesar de esses investimentos representarem um custo considerável para a empresa, eles são retornados como forma de aumento do nível de serviço ao cliente.

Apesar de estar inserida em um ambiente industrial, pode-se entender que o produto oferecido pela empresa aos seus clientes é, na realidade um serviço de lavagem do enxoval. Estas peças são distribuídas aos clientes, de acordo com a sua demanda, sendo cobrado um valor apenas pelo serviço de higienização aplicado, de modo que as perdas de enxoval são extremamente onerosas para a empresa.

Desse modo, além de investir na tecnologia RFID em seu próprio processo produtivo, a empresa também optou por estender essa aplicação aos seus clientes, considerados seus “parceiros”. A ideia da empresa é colocar leitores e sensores também nos hospitais, como forma de controlar o estoque dos seus clientes e, conseqüentemente, a sua demanda.

O sistema de softwares, desenvolvido por uma empresa terceira, utilizado permite que a empresa saiba, em tempo real, quantas peças no total cada cliente possui em seu estoque e, mais detalhadamente, para qual setor do hospital essas peças foram alocadas. Essa informação é acessível tanto para a empresa quanto para o cliente, que também possui acesso ao software e, conseqüentemente, às diversas informações fornecidas. Abaixo, retratadas pelas figuras 33 e 34, encontram-se duas telas extraídas do sistema de gestão da empresa,

sendo a primeira relativa ao status das peças no processo de produção e a segunda mostrando o status da quantidade de peças presentes em cada setor do hospital.

Figura 33 – Software de gestão: interface de rastreabilidade no processo produtivo

TIPO DE ROUPA	TICA	RECIB. UNIFORME	EXPEDIÇÃO	EM TRANSPORTE	RELAVAGEM	CLASSIFICAÇÃO ENX	CONserto ENX	PENDÊNCIAS	CONserto - TECLAV	TOTAL
Especial Ambulatório Pediátr...	0	0	7383	0	1247	0	0	0	63	20634
Especial Industrial...	0	0	17	0	0	0	0	0	1	29
Total	0	0	7400	0	1247	0	0	0	64	20663

Fonte: Autora (2016)

Figura 34 – Software de gestão: interface de rastreabilidade nas áreas do hospital

TIPO DE ROUPA	TICA	RECIB. UNIFORME	EXPEDIÇÃO	EM TRANSPORTE	RELAVAGEM	CLASSIFICAÇÃO ENX	CONserto ENX	PENDÊNCIAS	CONserto - TECLAV	TOTAL
Especial Ambulatório Pediátr...	0	0	7383	0	1247	0	0	0	63	20634
Especial Industrial...	0	0	17	0	0	0	0	0	1	29
Total	0	0	7400	0	1247	0	0	0	64	20663

Fonte: Autora (2016)

Esse tipo de informação que é repassado é benéfico por dois motivos principais: tanto permite à empresa e aos clientes saberem onde está alocado o estoque de modo a prever a demanda de forma mais eficaz como também dá ao hospital uma visão da rotatividade e do nível de evasão do enxoval em um nível mais detalhado. Esses dados são extremamente importantes para embasar decisões estratégicas de demanda como em casos de expansão de uma área do hospital ou previsões em períodos de sazonalidade além de permitirem uma atuação focada no controle de perdas em setores mais críticos.

Além de atuar como um parceiro dos clientes, essas informações permitem que a empresa detenha certo controle sobre a demanda de seus clientes, pois os dados também servem para embasar uma crítica nos pedidos feitos e evitando a alocação em excesso de enxoval em alguns clientes em detrimento de outros. Através de dados históricos, pôde-se determinar qual é a necessidade padrão dos clientes por dia de cada peça e, tendo também os dados do estoque ainda disponível para uso, a empresa atua com enfoque na reposição das peças que faltam para que aquela necessidade seja atendida.

Por terem em seu portfólio de clientes muitos hospitais públicos, acontecem frequentemente casos de pacientes terem sido transferidos entre os hospitais utilizando o enxoval da empresa e isso ocasiona uma inconsistência nas informações de estoque. O fato de o próprio cliente também ter acesso ao sistema, permite que a definição das responsabilidades a respeito do estoque estejam melhores estabelecidas, proporcionando a visualização de forma concreta de quem está em posse das com quem as peças e permitindo que não hajam divergências entre as informações do cliente e da empresa.

O sistema de *softwares* atualmente utilizado permite à empresa uma visão gerencial detalhada sobre seu nível de estoques tanto interno quanto externo. Entretanto, um dos pontos relatados é que suas funcionalidades ainda não satisfazem todas as necessidades da empresa em termos de relatórios e estratificação de dados. Um dos meios encontrados para sanar essas dificuldades foi a elaboração de relatórios em paralelo, por meio de planilhas de Excel. Estes relatórios são, posteriormente, repassados à empresa fabricante dos softwares para que esta incorpore as análises requeridas no sistema. Apesar de exigir um maior esforço por parte da empresa, para elaboração das análises e extração de informações, esse fluxo garante que os modelos implementados no sistema estarão de acordo com as suas necessidades.

Hoje esse nível de detalhamento está em fase de teste em um dos hospitais clientes da empresa. Cerca de 12 kits contendo computadores, antenas e leitores RFID já foram adquiridos e o próximo passo é a implementação desse sistema em alguns clientes,

primeiramente os de menor porte e que já possuem uma estrutura mais organizada para receber a tecnologia, para depois expandir as aplicações para todos os demais clientes.

3.5 Resultados da tecnologia RFID

Os resultados e benefícios da implementação da tecnologia RFID são perceptíveis, em diferentes níveis de profundidade, pelos mais diversos colaboradores da empresa, desde a gerência até os operários. Por questões de confidencialidade e também de foco da pesquisa, os resultados encontrados serão expostos de forma qualitativa.

Percebeu-se em entrevista com o gestor responsável pela tecnologia RFID que o fato de, na época de sua adoção inicial, os fornecedores da tecnologia se restringirem essencialmente a empresas estrangeiras não foi, no caso da empresa, um fator limitador para a adoção, de modo que os gestores chegaram a viajar para o exterior para compreender de forma plena os princípios de funcionamento do RFID e também para conhecer e criar laços com os seus fornecedores.

Como descrito no tópico 3.5.1, a frequência inicial de adoção da tecnologia era incompatível operacionalmente com o fluxo produtivo da empresa. Pelo fato de ser pioneira na utilização do RFID em seu setor no estado, a falta de parâmetros de comparação existentes pode ter facilitado a adoção equivocada de frequência. Acredita-se que, caso existissem outras empresas no mercado que adotassem a tecnologia, essa dificuldade inicial poderia ter sido evitada ou, pelo menos, percebida mais rapidamente, evitando gastos financeiros e de tempo desnecessários.

No nível gerencial, os resultados da implementação da tecnologia são percebidos essencialmente em termos de melhoria do nível de serviço oferecido aos clientes. Hoje não há, quantitativamente, resultados comparativos a respeito da satisfação dos clientes com relação ao serviço antes e depois da implementação do RFID de modo que esse aumento no nível de serviço é percebido em termos de volume de atendimento, uma vez que o faturamento é obtido através do volume de roupa lavada.

Uma das respostas fornecidas por um dos gestores entrevistados, que será mantido anônimo por questões de confidencialidade, ressalta a afirmação feita acima: “não se pode dizer, atualmente, que a empresa cresceu X% através do RFID, isso é muito complicado. Mas que, se pensarmos em volume de atendimento, o retorno financeiro vem como consequência”.

Além disso, a implementação da tecnologia RFID trouxe ganhos nos aspectos de previsão de capacidade, gerenciamento de demanda e redução de perdas e evasão de enxoval.

Já no nível operacional, o maior benefício encontrado foi o maior controle proporcionado pela implementação do RFID. Relatou-se, tanto pelos gerentes quanto pelo próprio operador entrevistado que a tecnologia era “vista como um trabalho a mais”, sendo olhada, inicialmente, com “maus olhos” pelos operadores, mas que, com o tempo, provou-se ser uma ferramenta de apoio à sua função, minimizando erros de registros de dados e automatizando processos antes manuais.

Atualmente, como registrado através da entrevista com o operário, “não dá pra fazer o trabalho sem o *chip*”. A afirmação do funcionário, na verdade, não relata a completa inviabilidade da realização de suas funções sem a tecnologia RFID mas demonstra que esta está tão integrada e traz benefícios tão visíveis para o trabalho do operador que, aos seus olhos, o RFID é indispensável. Esse fato ressalta a importância do treinamento adequado àqueles que lidarão diretamente com a tecnologia, pois quanto mais rápido este operador perceber os benefícios provenientes da utilização adequada do RFID, mais rápido ele passará a vê-la como aliada em seu trabalho.

Em todas as entrevistas foi deixada clara a necessidade da tecnologia para o atual processo produtivo da empresa, de modo que não apenas os operários, mas também os gerentes demonstram que a identificação por rádio frequência está tão integrada no processo produtivo da empresa que todos deixam claro que, sem os “chips”, o processo não flui de maneira eficiente e eficaz.

Já com relação aos clientes, os benefícios da tecnologia também são perceptíveis, principalmente pelos clientes privados. Estes, por já apresentarem um controle maior sobre o seu enxoval valorizam ainda mais as melhorias em gestão de evasão e de fornecimento de dados provenientes do RFID. Os hospitais públicos, por sua vez, percebem os benefícios, mesmo que de maneira mais discreta. Isso fica claro ao passo que alguns já começaram a exigir a tecnologia RFID como requisito para contratação em suas licitações.

Além desses benefícios citados, há também a questão da segurança da informação, garantindo dados a respeito de entrega de produtos e assegurando aos clientes que todos os dados repassados são exatos e confiáveis. Esse fator, segundo os próprios gestores, faz toda a diferença em uma empresa de serviços, em que a percepção dos clientes é um dos parâmetros principais de qualidade.

Com relação aos dois modelos propostos por Nemoto (2009) e adaptados para aplicação neste trabalho, os resultados podem ser descritos em dois quadros. O **quadro 7**

resume os resultados das análises a respeito dos fatores influenciadores da adoção do RFID na lavanderia industrial enquanto o **quadro 8** apresenta os resultados das análises com relação às barreiras e facilitadores à implementação da tecnologia RFID em uma lavanderia industrial.

Quadro 7 - Resultados obtidos com relação à análise dos fatores influenciadores

FATOR	Indicador	Resultados
Ambiente Externo	- <i>Network externalities</i> : existência de empresas no mercado que adotaram a inovação (RFID)	- Não houve influência por parte de empresas concorrentes que já haviam adotado a tecnologia uma vez que a empresa foi pioneira nessa adoção em seu setor no estado.
	- Competitividade: exigência por parte dos fornecedores ou clientes para que a empresa adote a inovação	- Não houve, inicialmente, nenhuma exigência formal de clientes e fornecedores para a adoção da tecnologia.
	- Reputação das empresas fornecedoras da tecnologia: uma empresa estabelecida no mercado e de boa reputação trará maior segurança e confiança àquela que procura adotar a inovação	- Foram feitas várias pesquisas e visitas em feiras internacionais para seleção dos equipamentos. Optou-se por fornecedores de fora do Brasil por estes apresentarem mais opções e possuírem mais experiência no mercado
Ambiente Interno	- Competência técnica dos colaboradores	- Os colaboradores não possuíam treinamento adequado para operar a tecnologia inicialmente, Precisou-se capacitar, tanto os gerentes quanto os operários.
	- Outros tipos de aplicação: possibilidade de utilização da tecnologia RFID em diferentes áreas ou aplicações	- A implementação da tecnologia RFID surgiu da iniciativa do Diretor da empresa, apaixonado por tecnologia. Atualmente o RFID é usado desde o recebimento da matéria prima até sua distribuição.
Tecnologia	- Vantagens qualitativas ou quantitativas da tecnologia RFID em relação ao código de barras, que podem ser obtidas pela empresa caso adote a tecnologia na manufatura	- A ausência da necessidade de contato torna a utilização da tecnologia RFID mais adaptável ao fluxo de produção da empresa - Foram percebidas vantagens em termos de redução de evasão do enxoval, controle de dados, previsão eficiente da capacidade e da demanda e melhora no nível de serviço.
	- Vantagens qualitativas ou quantitativas da tecnologia RFID em relação ao código de barras que podem ser obtidas pela empresa cliente caso a empresa foco adote a tecnologia.	- Melhoria na gestão do enxoval presente no estoque do cliente, maior controle das peças.
	- Incerteza: dificuldade em visualizar resultados	- Não existem hoje parâmetros específicos para a mensuração dos resultados RFID.

Fonte: Autora (2016)

Quadro 8 - Resultados obtidos com relação à análise das barreiras e facilitadores

Fator	Indicador	Questões
Tecnologia	- Compatibilidade / complexidade: necessidade de adaptações e modificações no sistema de informação da empresa e infraestrutura.	Não houve necessidade de mudanças de layout relevantes para a adoção do RFID.
		Adotou-se um novo sistema de gestão terceirizado para gerir as informações provenientes da implementação do RFID. Adaptações ainda vêm sendo feitas no software utilizado.
	- Padronização	- Não há uma preocupação com a padronização dos fornecedores da tecnologia. A maioria dos itens é analisada de forma individual para então ser testada a compatibilidade dos itens entre si.
Ambiente Interno	- Particularidade de cada componente do sistema RFID: dificuldades em função do sistema RFID apresentar diferentes componentes (antena, tag, leitor, middleware). A implementação de cada um deles apresenta particularidades para cada tipo ambiente e aplicação.	- A maior dificuldade foi a adoção inicial de uma frequência incompatível com as necessidades do sistema. Por conta disso, entre a transição da frequência HF para a UHF precisou-se trocar muitos equipamentos.
		- O custo dos equipamentos e o fato desses precisarem ter sido importados funcionou como uma barreira para a adoção da tecnologia.

Fonte: Autora (2016)

Em termos de layout, relatou-se que muito poucas mudanças precisaram ser feitas e percebeu-se que os elementos adquiridos foram inseridos de forma harmônica no fluxo de produção, fator bastante positivo no que diz respeito à implementação da identificação por rádio frequência.

Por fim, com relação às dificuldades quanto à implementação da tecnologia, relatou-se em entrevista que, após a implementação da tecnologia com a frequência adequada, os maiores desafios encontrados com relação ao fluxo interno da empresa foi a seleção de um software adequado, para extrair o máximo de informações possíveis além da implementação das etiquetas em todo o enxoval, uma meta ainda a ser batida pela empresa.

3.6 Próximos passos com relação à tecnologia RFID

É importante ressaltar que, também por conta da alteração da frequência da utilizada cerca de dois anos após o início da implementação da tecnologia, muitos dos resultados estão começando a serem percebidos recentemente. Percebeu-se que os ganhos operacionais, como redução de tempo de processo e possíveis reduções de mão de obra, ainda

não estão sendo explorados, uma vez que não são analisados no detalhe e, por vezes, nem mensurados, de modo que aparecem como oportunidade para a ação da tecnologia.

Além da difusão do sistema RFID para toda a gama de clientes, pretende-se expandir a tecnologia na própria empresa, através, por exemplo, no aumento da quantidade de peças equipadas com as tecnologias RFID. Com isso, um maior controle e exatidão de informações é esperado obtendo-se, conseqüentemente, um maior nível de serviço.

Além disso, pretende-se investir ainda mais no sistema de gestão especializado em uniformes de modo que a distribuição nominal destes itens possa ser feita de maneira mais eficiente.

4. CONCLUSÕES

Este capítulo tem como finalidade esclarecer os resultados percebidos bem como abordar as recomendações para futuros trabalhos e considerações finais.

4.1 Conclusão

. O presente trabalho teve como objetivo o estudo a utilização da tecnologia de Identificação por Rádio Frequência em uma lavanderia industrial localizada no estado do Ceará, realizando uma análise quanto à sua aplicabilidade na organização e em sua cadeia de suprimentos como um todo. Para isso, usou-se como base o modelo conceitual para adoção da tecnologia RFID, por meio da aplicação presencial de questionários e entrevistas com gestores e operadores da empresa.

Foi apresentado todo o embasamento teórico necessário para que os assuntos abordados nesse estudo de caso pudessem ser entendidos tanto para o leitor como também para o pesquisador. Discorreu-se sobre a cadeia de suprimentos, seus objetivos e seu gerenciamento. Foram apresentados também o conceito de tecnologia da informação para então aprofundar-se na tecnologia RFID, o foco deste estudo de caso. No que diz respeito à tecnologia RFID, explorou-se seu princípio de funcionamento, seus componentes e especificações, bem como casos práticos de sua aplicação e benefícios e desafios a respeito de sua implementação.

Tomou-se como base para análise de viabilidade da aplicação da tecnologia o modelo proposto por Nemoto (2009), que serviu como guia para a elaboração dos questionários aplicados nas entrevistas exploratórias e também para a análise dos resultados obtidos.

Pôde-se observar que a implementação da tecnologia RFID proporcionou à empresa e seus clientes, além de benefícios operacionais, uma mudança de cultura. Desde o nível gerencial até o operacional, eram perceptíveis os benefícios advindos da adoção da identificação por rádio frequência e estes eram reconhecidos pelos colaboradores da empresa.

Cada um dos três objetivos específicos do presente trabalho foram alcançados através da aplicação dos questionários, entrevistas e visitas realizada na empresa estudada.

O primeiro objetivo específico, relativo à análise dos critérios a serem considerados em decisões sobre a implementação da tecnologia RFID foi destrinchado através

das respostas dadas nos três questionários para as perguntas propostas em relação aos três fatores principais de decisão: ambiente externo, ambiente interno e tecnologia.

Já o segundo objetivo, referente aos impactos positivos e negativos na cadeia de suprimentos da empresa foram percebidos principalmente com as entrevistas com o responsável técnico da tecnologia RFID e o gestor de produção, uma vez que estes apresentaram uma visão dos impactos da tecnologia além das paredes da empresa, passando também por seus clientes e fornecedores.

O terceiro objetivo de desempenho, por sua vez, foi alcançado também por meio da aplicação dos três questionários e entrevistas, mas foi fortemente complementado pela visita nas dependências da fábricas onde pôde-se analisar de maneira concreta os efeitos do RFID no processo produtivo.

Ao fim do estudo foram mostradas as análises feitas com relação ao modelo para análise da viabilidade da adoção do RFID e apresentaram-se também os próximos passos a serem dados a respeito da tecnologia.

Como principais dificuldades encontradas no estudo de caso, pode-se destacar a elaboração dos questionários de modo que estes fossem abrangentes, contemplando todos os aspectos necessários ao entendimento da implementação e utilização da tecnologia, mas ao mesmo tempo enxutos, de modo a preservar o entrevistado.

Através deste estudo de caso, pôde-se atestar a viabilidade da utilização da tecnologia RFID no ambiente de uma lavanderia industrial, mostrando que os benefícios da sua adoção superam as dificuldades encontradas ao longo do processo e retratando a total integração da tecnologia na cadeia de suprimentos.

4.2 Recomendações para futuros trabalhos

Como considerações para futuros trabalhos sugere-se uma aplicação prévia dos questionários utilizados para que as perguntas feitas sejam melhores distribuídas entre eles de acordo com entrevistado ao qual são destinados.

Como sugestão também pode-se citar a aplicação de questionários e entrevistas também nos clientes e fornecedores da empresa estudada, de modo a obter diretamente suas percepções a respeito dos benefícios percebidos com a implementação do RFID.

4.3 Considerações finais

A utilização da tecnologia RFID mostrou-se eficaz e a sua importância para a empresa em estudo e sua cadeia de suprimentos era clara, de acordo com os dados coletados nas análises. As análises de viabilidade a respeito da tecnologia devem ser feitas de forma constante, a medida que novos investimentos são feitos, e deve-se buscar sempre explorar de maneira integral todas as suas possíveis funcionalidades.

REFERÊNCIAS

- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BATALHA, M. O.; SCAVARDA, A. J. (Orgs.). **Implementando RFID na cadeia de negócios: tecnologia a serviço da excelência**. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2011, v. 1. p. 261-27 .
- BERTO, R. M. V, S.; NAKANO, D, N. **A produção científica nos anais do encontro nacional de engenharia de produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa**, Prod., vol.9, n.2, São Paulo, Jul-Dez. 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v9n2/v9n2a05.pdf>> Acesso em: Setembro de 2016.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B.; BOWERSOX, J. C. **Gestão logística da cadeia de suprimentos**. 4. ed. Porto Alegre, McGraw Hill Education, 2014.
- CARR, J.J. **Practical Antenna Handbook**. 4ed. Blacklick, OH, USA: McGraw-Hill, 2001. Disponível em: <http://www.apparentlyapparel.com/uploads/5/3/5/6/5356442/____practical_antenna_handbook_fourth_edition_carr.pdf>. Acesso em: Agosto de 2016.
- CHIAVENATO, I. **Iniciação a Sistemas, Organização e Métodos – SO&M**. São Paulo: Manole, 2010.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: estratégia, planejamento e operações**. 6.ed. São Paulo: Pearson Education, 2016.
- CHRISTOPHER M. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. Tradução da 4ª edição norte-americana, 3a ed. São Paulo: Cengage Learning Editores, 2012.
- CHRISTOPHER, M. **Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-Adding Networks**. 3.ed. Edinburg Gate, UK: PEARSON EDUCATION LIMITED, 2005.
- COMER, D. E. **Redes de Computadores e Internet**. 6a ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.
- CORREA, H. L. **Gestão de redes de suprimento : Integrando cadeias de suprimento no mundo globalizado**. Ed. São Paulo, SP: Atlas 2010.
- Council Of Supply Chain Management Professionals (CSCMP). **CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary**. Disponível em <https://cscmp.org/imis0/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossery_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921> Acesso em Outubro de 2016.
- CURTY, J-P.; DECLERCQ, M.; DEHOLLAIN, C.; JOEHL, N. **Design and Optimization of Passive UHF RFID Systems**. Ed. Springer, 2007.

EUROBAROMETER. **European Union Citizen's Views about Privacy**. Special Eurobarometer, 2003.

FELURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. **Logística Empresarial: A perspectiva Brasileira**. 1.Ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010.

FENNANI, B., HAMAM, H.; DAHMANE, A.O., **RFID Overview**. 2012.

FINKENZELLER, K. **RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification**. Munique: Wiley, 2003.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GLASSER, D. J. ; GOODMAN, K. W.; EINSPRUCH, N. G., 2007 **Chips, Tags and Scanners: Ethical Challenges for Radio Frequency Identification**. *Ethics and Information Technology*, Em: *Ethics and Information Technology*, Vol. 9, No. 2, 01.07.2007, p. 101-109.

GLOVER, B. BHATT, H. **RFID Essentials**. O'Reilly, 2006.

GOMES, C.F. S; RIBEIRO, P. C. C. **Gestão da Cadeia de Suprimentos Integrada à Tecnologia da Informação**. 2a ed. Rio de Janeiro: Senac, 2014.

GONÇALVES, P.S. **Logística e Cadeia de Suprimentos: O essencial**. 1. ed. Barueri: Manole, 2013.

GRANT, D. B. **Gestão de Logística e Cadeia de Suprimentos**. 1.ed. São Paulo: Saraiva 2014.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física - Vol. 4 - Óptica e Física Moderna**. 9ª edo. São Paulo, LTC, 2012.

HARDGRAVE, B. **Why Isn't Everyone Doing It?**. *RFID Journal*, Dezembro de 2015. Disponível em: < <http://www.rfidjournal.com/articles/view?13880> > Acesso em Setembro de 2016.

HUNT, V. D.; PUGLIA, A.; PUGLIA, M.; **RFID: A Guide to Radio Frequency Identification**. Ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2007.

IBM. **Smart tags: RFID becomes the new bar code**. Executive Tek Report. 2003.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**, 7a ed. São Paulo, SP: Editora Atlas. 2009.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de Informações Gerenciais**. 11.ed. São Paulo: Pearson Education, 2014.

LAHIRI, S. **RFID Sourcebook**. 2006, IBM Press. Disponível em: <<http://flylib.com/books/en/1.585.1.4/1/>> Acessado em: Julho de 2016.

LIESHOUT, M. V.; GROSSI, L.; SPINELLI, G. **RFID Technologies: Emerging Issues, Challenges and Policy Options**. JRC Scientific and Technical Reports, 2007. Disponível em: <<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC36957/eur22770en.pdf>>. Acesso em: Novembro de 2016.

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica (Livro Digital)**. 3a Ed. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2012. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522477302/>>. Acesso em: Outubro de 2016.

MCCARTNEY, S. **Companhias aéreas adotam rastreadores de bagagem**. Wall Street Journal, Agosto de 2016. Disponível em: <<http://br.wsj.com/articles/SB10545754388814383509304582274143939406810?tesla=y>> Acesso em: Outubro de 2016.

MEHRJERDI, Y. Z. (2010). **RFID-enabled healthcare systems: risk-benefit analysis**. International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing, Vol.4 , No. 3, pp. 282-300.

MYERSON, J. M. **RFID in The Supply Chain – A guide to Selection and Implementation**. Ed. Auerbach Publications, 2007. Disponível em: <[http://files.tdplus.com.ua/RFID/Books/RFID%20in%20the%20Supply%20Chain%20-%20Guide%20to%20Selection%20and%20Implementation%20-%20J%20Myerson%20\(Auerbach,%202007\).pdf](http://files.tdplus.com.ua/RFID/Books/RFID%20in%20the%20Supply%20Chain%20-%20Guide%20to%20Selection%20and%20Implementation%20-%20J%20Myerson%20(Auerbach,%202007).pdf)> Acesso em: Setembro de 2016.

MICHEL, M. H. **Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais**. 2a ed. São Paulo, SP: Editora Atlas. 2009.

NEMOTO, M. C. M. O. **Inovação tecnológica: Um estudo exploratório de adoção do RFID (Identificação por Radiofrequência) e redes de inovação internacional**. 2009. Tese (Doutorado em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Ciências Contábeis, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

PEDROSO, M. C.; ZWICKER, R.; SOUZA, C. A. **Adoção de RFID no Brasil: um estudo exploratório**. RAM, Rev. Adm. Mackenzie (Online), São Paulo, v. 10, n. 1, p. 12-36, Feb. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-69712009000100002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: Setembro de 2016.

PERIN, E. **RFID entra nos planos de negócios brasileiros**. RFID Journal Brasil, Junho de 2016. Disponível em: <<http://brasil.rfidjournal.com/notas-do-editor/vision?14679>> Acesso em 09 de Setembro de 2016.

PINHO, P. T.; ROCHA, A. D.; PEREIRA, J. F. R. **PGOE - Propagação Guiada de Ondas Eletromagnéticas**. São Paulo: LTC, 2014.

PIRES, S. R. I. **Gestão da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management): Conceitos, Estratégias, Práticas e Casos**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2014.

PRINCE, P. **Delta Gives Green Light to RFID Baggage Tracking**. RFID Journal, Abril de 2016. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?14439>>. Acesso em 19 Out. 2016.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2a ed. Novo Hamburgo: Universidade FEEVALE, 2013. Disponível em: <<http://www.faatensino.com.br/wp-content/uploads/2014/11/2.1-E-book-Metodologia-do-Trabalho-Cientifico-2.pdf>>. Acesso em: 06 Set. 2016.

RAMOS, A. **Metodologia da Pesquisa Científica: Como uma monografia pode abrir o horizonte de conhecimento (livro digital)**. São Paulo: Atlas, 2009. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522465989/cfi/3!/4/4@0.00:0.00>> Acesso em: Setembro de 2016.

RFID JOURNAL BRASIL. **Perguntas Frequentes**. Disponível em: <<http://brasil.rfidjournal.com/perguntas-frequentes>> Acesso em: Setembro de 2016.

RIBEIRO, P. C. C. **Proposição de um método de avaliação de tecnologia de identificação: o caso RFID na cadeia de carne bovina no Brasil e nos EUA. 2009**. 244 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

ROBERTI, M. **Investors Are Redesccovering RFID**. Editor's Notes, RFID Journal, 2016. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?14669>> Acesso em: Setembro de 2016.

ROBERTI, M. **RFID no Brasil**. RFID Journal Brasil, Dezembro de 2012. Disponível em: <<http://brasil.rfidjournal.com/notas-do-editor/vision?10179/1>> Acesso em: Setembro de 2016.

ROBERTI, M. **Wal-Mart Takes a New Approach to RFID**. RFID Journal, Julho de 2010. Disponível em: <<https://www.rfidjournal.com/articles/view?7756>> Acesso em Setembro de 2016.

ROSINI, M. A; PALMISANO, A. **Administração de Sistemas de Informação e a Gestão do Conhecimento**. 2a ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

SANGHERA, P. **RFID+ Study Guide and Practice Exams**. Ed. Rockland, MA, USA: Syngress, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/book/9781597491341>>. Acesso em: Setembro de 2016.

SHUSTER, E.W.; ALLEN, S. J.; BROCK, D.L. **Global RFID – The Value of the EPCglobal Network™ for Supply Chain Management**. 1ed. Springer, 2007.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação**. 4a ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. Disponível em: <https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf>. Acessado em: Setembro 2016.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Cadeia de Suprimentos, Projeto e Gestão: Conceitos, Estratégia e Estudo de Caso**. 3a. Ed. São Paulo, SP: Artmed, 2010.

SMILEY, S. **Active RFID vs. Passive RFID: What's the Difference?**. RFID Insider, Março de 2016. Disponível em: < <http://blog.atlasrfidstore.com/active-rfid-vs-passive-rfid> > Acessado em: Maio de 2016.

SPEEDPASS. **Exemplo de utilização do Speedpass**. Disponível em: < <https://www.speedpass.com/how-speedpass-works>> Acesso em: Novembro de 2016.

SWEDBERG, C. **Marks & Spencer Expects to Achieve 100 Percent**. RFID-Tagging by 2017. RFID Journal, Maio de 2015. Disponível em: < <http://www.rfidjournal.com/articles/view?13028/>>. Acesso em: Setembro de 2016.

TAYLOR, D. A. **Logística na cadeia de suprimentos: uma perspectiva geral**. 1. Ed. São Paulo, SP: Pearson Education 2005.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros, volume 1: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica** 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ. **História do RFID**. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/10_1/rfid/historia.html>. Acesso em: Setembro de 2016.

USTUNDAG, A. (ed.). **The Value of RFID: Benefits vs. Costs**. Springer-Verlag London 2013.

VIOLINO, B. **Metro Future Store. Editor's Notes**, RFID Journal, 2004. Disponível em < <http://www.rfidjournal.com/articles/view?889>>. Acesso em: Novembro de 2016.

VIOLINO, B. **Metro Opens 'Store of the Future**. Editor's Notes, RFID Journal, 2003. Disponível em < <http://www.rfidjournal.com/articles/view?889>> Acesso em: Novembro 2016.

WALMART (2003). **Wal-Mart draws line in the sand**. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?462>>. Acesso em: Junho 2016.

YIN, R. K. **Estudo de Caso - Planejamento e Métodos**. 2 Ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2001.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física III – Eletromagnetismo**. 12 Ed. São Paulo: Pearson Education, 2009.

APÊNDICE 1

Questionário Técnico



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

O presente questionário visa analisar o impacto da aplicação da tecnologia de Identificação por Rádio Frequência na cadeia de suprimentos de uma lavanderia industrial localizada no estado do Ceará. As informações extraídas foram usadas para elaboração de monografia em Engenharia de Produção Mecânica da UFC, sobre o tema de Adoção do RFID no mercado cearense. Agradeço imensamente a atenção e colaboração de todos os envolvidos.

1 - Qual a sua função na empresa?

2 - Há quanto tempo você trabalha na empresa?

3 - Há quantos anos a empresa utiliza a tecnologia RFID?

- Menos de um ano, entre 1 - 2 anos, entre 3 - 4 anos, entre 5 e 6 anos, mais de 6 anos?

4 - De onde surgiu a necessidade e a idéia de implementação da tecnologia RFID?

Para quais tipos de aplicação ela está sendo usada?

4 - A existência de empresas que adotaram a tecnologia RFID influenciaram a adoção em sua empresa?

5 - Quanto tempo de preparação e pesquisa foi necessário antes da real implementação do RFID?

6 - Quais foram os maiores desafios técnicos da implementação da tecnologia?

7 - Qual a frequência utilizada? (MGHZ, GHZ)

8 - Qual o tipo de etiqueta (*tag*) utilizado? (*Ativa, Passiva, Semi Ativa*)

9 - Existiu algum critério técnico inicial para a seleção das empresas fornecedoras da tecnologia RFID?

Questionário Técnico (continuação)

- 10 - Houve uma preocupação quanto à padronização de elementos constituintes do sistema RFID?
Em caso positivo, houve dificuldade nessa padronização?

- 11 - Quais são os departamentos da empresa e quais deles foram responsáveis pela implementação do RFID?
EX: Produção, TI, P&D, Engenharia

- 12 - Houve alguma exigência dos fornecedores ou clientes para a adoção da tecnologia?

- 13 - Quais são os parâmetros usados para mensurar o retorno da tecnologia?

- 14 - Houve redução no tempo total do processo? (desde a chegada das roupas até a sua distribuição)

- 15 - Houve redução nas perdas de materiais? E melhoria no controle dos estoques?

- 16 - Mudanças de layout precisaram ser feitas para melhor "absorver" a tecnologia?

- 17 - A implementação da tecnologia provocou mudanças na quantidade de mão de obra e em seu custo?

- 18 - Houveram vantagens para a empresa com relação a armazenamento de dados após a adoção do RFID?

- 19 - Depois de quanto tempo houve um retorno sobre o capital investido na adoção da tecnologia?

APÊNDICE 2

Questionário para Gestores



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

O presente questionário visa analisar o impacto da aplicação da tecnologia de Identificação por Rádio Frequência na cadeia de suprimentos de uma lavanderia industrial localizada no estado do Ceará. As informações extraídas foram usadas para elaboração de monografia em Engenharia de Produção Mecânica da UFC, sobre o tema de Adoção do RFID no mercado cearense. Agradeço imensamente a atenção e colaboração de todos os envolvidos.

1 - Qual a sua função na empresa?

2 - Há quanto tempo você trabalha na empresa?

3 - De onde surgiu a necessidade e a idéia de implementação da tecnologia RFID?

4 - Você percebe claramente as vantagens da implementação da tecnologia RFID na empresa? Se sim, quais são?

5 - De que maneiras você percebe que a tecnologia agrega valor ao seu serviço?

6 - Na sua visão, os operários da base entendem o que é a tecnologia e percebem suas vantagens?

7 - Quais foram os maiores desafios operacionais da implementação da tecnologia?

(Em relação aos operadores, maquinário, treinamentos..)

8 - Existe uma percepção de valor da tecnologia pelo cliente?

9 - Na sua percepção, de que maneiras a tecnologia é um diferencial competitivo para a empresa frente aos concorrentes?

10 - Quais são os próximos passos a serem dados com relação a tecnologia?

APÊNDICE 3

Questionário para Operadores



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA**

O presente questionário visa analisar o impacto da aplicação da tecnologia de Identificação por Rádio Frequência na cadeia de suprimentos de uma lavanderia industrial localizada no estado do Ceará. As informações extraídas foram usadas para elaboração de monografia em Engenharia de Produção Mecânica da UFC, sobre o tema de Adoção do RFID no mercado cearense. Agradeço imensamente a atenção e colaboração de todos os envolvidos.

1 - Qual a sua função na empresa?

2 - Há quanto tempo você trabalha na empresa?

3 - Você acha que essa tecnologia facilita seu trabalho?

- Concordo Totalmente
 Concordo
 Nem concordo nem discordo
 Discordo
 Discordo Totalmente

Comentários

4 - Você entende a utilidade da tecnologia?

- Concordo Totalmente
 Concordo
 Nem concordo nem discordo
 Discordo
 Discordo Totalmente

Comentários

5 - Você foi bem treinado em relação à tecnologia?

- Concordo Totalmente
 Concordo
 Nem concordo nem discordo
 Discordo
 Discordo Totalmente

Comentários

6 - Você está apto a operar a tecnologia após o treinamento?

- Concordo Totalmente
 Concordo
 Nem concordo nem discordo
 Discordo
 Discordo Totalmente

Comentários

7 - Na sua visão, **todos** operários da base entendem o que é a tecnologia?

- Concordo Totalmente
 Concordo
 Nem concordo nem discordo
 Discordo
 Discordo Totalmente

Comentários

Questionário para Operadores (continuação)

8 - Na sua visão, **todos** operários da base percebem vantagens com utilização da tecnologia?

- Concordo Totalmente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo Totalmente

Comentários

9 - Com o uso da tecnologia, sua atividade está sendo desenvolvida mais rápido?

- Concordo Totalmente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo Totalmente

Comentários

10 - Com o uso da tecnologia, sua atividade está sendo desenvolvida com mais qualidade?

- Concordo Totalmente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo Totalmente

Comentários

ANEXO 1

Continuação do desdobramento do modelo conceitual para o estudo da adoção da tecnologia RFID proposto por Nemoto (2009)

FATOR / SUBFATOR TECNOLOGIA	INDICADOR	QUESTÕES
- Vantagens qualitativas ou quantitativas da tecnologia RFID em relação ao código de barras, que podem ser obtidas pela empresa foco caso adote a tecnologia na manufatura.	<ul style="list-style-type: none"> o Tempo de manufatura; o Eficiência dos processos; o Visibilidade no processo de produção; o Confiabilidade dos dados; o Qualidade; o Controle de volume de produção; o Armazenamento de dados; o Visibilidade na cadeia de suprimento; o Custo. 	<p>- Que benefícios a sua empresa pode obter com a adoção da tecnologia RFID, em comparação ao código de barras, com respeito aos parâmetros abaixo?</p> <ul style="list-style-type: none"> o Tempo de manufatura; o Eficiência dos processos; o Visibilidade no processo de produção; o Confiabilidade dos dados; o Qualidade; o Controle de volume de produção; o Armazenamento de dados; o Visibilidade na cadeia de suprimento; o Custo.
- Vantagens qualitativas ou quantitativas da tecnologia RFID em relação ao código de barras que podem ser obtidas pela empresa cliente caso a empresa foco adote a tecnologia.	<ul style="list-style-type: none"> o Tempo de manufatura; o Eficiência dos processos; o Visibilidade no processo de produção; o Confiabilidade dos dados; o Qualidade; o Controle de volume de produção; o Armazenamento de dados; o Visibilidade na cadeia de suprimento; o Custo. 	<p>- Que benefícios a sua empresa pode obter com a adoção da tecnologia RFID, em comparação ao código de barras, com respeito aos parâmetros abaixo?</p> <ul style="list-style-type: none"> o Tempo de manufatura; o Eficiência dos processos; o Visibilidade no processo de produção; o Confiabilidade dos dados; o Qualidade; o Controle de volume de produção; o Armazenamento de dados; o Visibilidade na cadeia de suprimento; o Custo.
- Incerteza: dificuldade em visualizar resultados.	- Parâmetros para mensurar riscos.	- Quais foram os parâmetros usados para mensurar os riscos da adoção?
REDES DE INOVAÇÃO		
- Facilitador na decisão de adoção da tecnologia.	<ul style="list-style-type: none"> - Participação em rede para o desenvolvimento e compreensão da tecnologia; - Busca de solução para o negócio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Como a participação em rede contribuiu para o entendimento da tecnologia? - De que forma a participação em rede contribui para a solução de negócios?