



Universidade Federal de Ouro Preto  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas  
Departamento de Engenharia de Produção



## **Trabalho de Conclusão de Curso**

# **Análise de viabilidade econômica da implantação da tecnologia RFID em um armazém de uma siderúrgica**

**Izabela de Oliveira Santos**

**João Monlevade, MG  
2019**

**Izabela de Oliveira Santos**

**Análise de viabilidade econômica da  
implantação da tecnologia RFID em um  
armazém de uma siderúrgica**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção pelo Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Augusto de Oliveira Silva

Coorientador: Prof. Marco Antonio Bonelli Junior

**Universidade Federal de Ouro Preto  
João Monlevade  
2019**

S237a

Santos, Izabela de Oliveira.

Análise de viabilidade econômica da implantação da tecnologia RFID em um armazém de uma siderúrgica [manuscrito] / Izabela de Oliveira Santos. - 2019.

53f.: il.: color; grafs; tabs; Quadros.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Augusto de Oliveira Silva.  
Coorientador: Prof. MSc. Marco Antonio Bonelli Junior.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Sistemas de identificação por radiofrequência. 2. Usinas siderúrgicas - Almojarifados. 3. Estudos de viabilidade. I. Silva, Thiago Augusto de Oliveira. II. Bonelli Junior, Marco Antonio. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

Catálogo: [ficha.sisbin@ufop.edu.br](mailto:ficha.sisbin@ufop.edu.br) CDU: 658.5

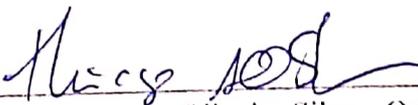


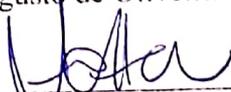
ATA DE DEFESA – ATV030

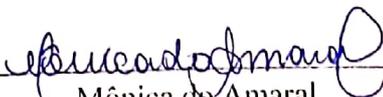
Aos 16 dias do mês de julho de 2019, às 19h20 horas, na sala H203 deste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso pelo (a) aluno (a) **Izabela Oliveira Santos**, Matrícula **14.1.8046** sendo a comissão examinadora constituída pelos membros: **Thiago Augusto de Oliveira Silva (Orientador)**, **Alexandre Teixeira Cotta (Arcelor-Mittal)**, **Mônica do Amaral** e **Wagner Ragi Curi Filho**.

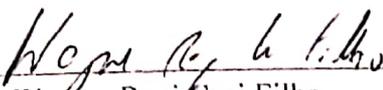
O (a) aluno (a) apresentou o trabalho intitulado: **Análise de viabilidade econômica da implantação da tecnologia RFID em um armazém de uma siderúrgica**. A comissão examinadora deliberou, pela: () Aprovação; ou () Aprovação com Ressalva - Prazo concedido para as correções: \_\_\_\_\_; ou () Reprovação com Ressalva, com prazo para marcação da nova banca de: \_\_\_\_\_; ou () Reprovação do(a) aluno(a), com a nota 9,0. Na forma regulamentar e seguindo as determinações da Resolução COEP 05/2018 foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pelo (a) aluno(a).

João Monlevade, 16 de julho de 2019.

  
\_\_\_\_\_  
Thiago Augusto de Oliveira Silva - Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Alexandre Teixeira Cotta

  
\_\_\_\_\_  
Mônica do Amaral

  
\_\_\_\_\_  
Wagner Ragi Curi Filho

  
\_\_\_\_\_  
Izabela Oliveira Santos

# Agradecimentos

Primeiramente, agradeço à Deus, por ter me permitido chegar até aqui, pelo seu zelo e carinho.

Aos meus pais Rosana e Geraldo, por terem feito além do que podiam para que essa conquista se tornasse possível. Ao meu irmão Lucas e minha cunhada Jaqueline, por me apoiarem. À Bianca, por ser minha maior incentivadora. À minha tia Lilia, pelo amor e generosidade.

Agradeço à Universidade Federal de Ouro Preto, pela qualidade de ensino que me foi concedida, aos professores, amigos e colaboradores que tive a honra de conhecer.

Agradeço ao professor dr. Thiago Augusto de Oliveira Silva, por aceitar orientar o presente trabalho, mesmo com um período para desenvolvimento curto. Ao Marco Bonelli, pela amizade e, mesmo à distância, por toda a disponibilidade e suporte necessários.

À república Rainhas de Copos, meu segundo lar, por me acolher, apoiar, incentivar em momentos bons e ruins e compartilhar momentos especiais.

Ao Maurício, pela motivação e carinho.

Por fim, agradeço à equipe de Suprimentos da ArcelorMittal, pelos ensinamentos e pela oportunidade de estágio, me proporcionando desenvolvimento pessoal e profissional.

À todos que contribuíram para a realização desse sonho, muito obrigada. Gratidão.

# Resumo

Diante da necessidade mercadológica de aumentar a eficiência dos processos, os avanços tecnológicos se mostram necessários para as empresas que desejam competir no mercado interno e com concorrentes estrangeiros. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade econômica da implantação da RFID em um armazém de uma siderúrgica. Para a construção do método, é realizada uma pesquisa sobre os custos envolvidos no projeto e os principais ganhos esperados na implantação. O estudo apresenta dois cenários para o projeto: o primeiro demonstra ser inviável, enquanto o segundo aponta para a viabilidade econômica da RFID. Por meio dos métodos valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), *payback* descontado e índice de lucratividade (IL), são estimados os ganhos e o tempo de recuperação do projeto para o segundo cenário. Em seguida, analisa-se a sensibilidade de duas variáveis-chave e os limites da viabilidade do projeto são identificados. Por fim, são discutidos os benefícios a serem alcançados no processo pela implantação da tecnologia.

**Palavras-chave:** RFID, armazém, viabilidade.

# Abstract

Given the market economy of increasing the efficiency of processes, the technological vectors are important for companies that wish to compete in the domestic market and with foreign competitors. In this sense, the objective of this work is an economic analysis of the implantation of RFID in a warehouse of a steelworks. For the construction of a method, a survey is made of the costs involved in the project and the main resources expected in the implementation. The first test is the first to be done, while the second is directed to the economic viability of RFID. Through the net present value (NPV), internal rate of return (IRR), discounted payback and profitability index (PI) methods, the gains and the recovery time of the project are estimated for the second scenario. Then a variable of two key variables is analyzed and the feasibility limits of the project are identified. Finally, the benefits to be achieved in any process by technology deployment are discussed.

**Keywords:** RFID, warehouse, feasibility

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Funcionamento do sistema RFID . . . . .	17
Figura 2 – RFID em empilhadeiras . . . . .	30
Figura 3 – Modelo de etiqueta utilizada para identificação do material . . . . .	31
Figura 4 – <i>Big-bag</i> sobre um <i>pallet</i> . . . . .	31
Figura 5 – Galpões de armazenagem de materiais . . . . .	32
Figura 6 – Processos do armazém . . . . .	33
Figura 7 – Custos semestrais com ajustes de inventário . . . . .	35
Figura 8 – Portal RFID . . . . .	37
Figura 9 – Sensibilidade do VPL para reposição de etiquetas . . . . .	44
Figura 10 – Sensibilidade da TIR para reposição de etiquetas . . . . .	45
Figura 11 – Sensibilidade do VPL para ajustes de inventário . . . . .	46
Figura 12 – Sensibilidade da TIR para ajustes de inventário . . . . .	46

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Estrutura do FCL para análise de projetos de investimento . . . . .	25
Tabela 2 – Ajustes semestrais . . . . .	35
Tabela 3 – Dispêndios de capital . . . . .	36
Tabela 4 – FCL do investimento - cenário 1 . . . . .	39
Tabela 5 – FCL do investimento - cenário 2 . . . . .	41
Tabela 6 – Cálculo do <i>payback</i> descontado . . . . .	42
Tabela 7 – Sensibilidade da reposição de etiquetas . . . . .	43
Tabela 8 – Sensibilidade dos ajustes de inventário . . . . .	45

# Lista de quadros

1	Métodos usados na literatura para análise de viabilidade da RFID . . . . .	23
---	--	----

# Lista de abreviaturas e siglas

EBITDA	Lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FCL	Fluxo de Caixa Livre
IFF	<i>Identify Friend or Foe</i>
IL	Índice de Lucratividade
IoT	<i>Internet of Things</i>
IR	Imposto de Renda
Km	Kilômetro
Lajir	Lucro antes de juros e imposto de renda
ONU	Organização das Nações Unidas
PLC	Controlador Lógico Programável
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
ROI	Retorno sobre investimento
SAP	<i>Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung</i>
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UHF	<i>Ultra-high Frequency</i>
VAL	Valor Atual Líquido
VPL	Valor Presente Líquido

# Sumário

	<b>Lista de ilustrações</b>	<b>5</b>
	<b>Lista de tabelas</b>	<b>6</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>11</b>
1.1.1	Objetivos gerais	11
1.1.2	Objetivos específicos	12
<b>1.2</b>	<b>Justificativa e relevância do trabalho</b>	<b>12</b>
<b>1.3</b>	<b>Organização do trabalho</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Gestão da armazenagem</b>	<b>14</b>
2.1.1	Problemas de gerenciamento da armazenagem	15
2.1.2	Custos de estoques e armazenagem	15
<b>2.2</b>	<b>A RFID</b>	<b>16</b>
2.2.1	O surgimento, os componentes da tecnologia e a RFID no Brasil	16
2.2.2	A RFID na indústria 4.0	18
2.2.3	Vantagens operacionais da RFID na armazenagem	19
2.2.4	Ganhos em redução de custos	20
2.2.5	Dificuldades na implantação da tecnologia RFID	20
<b>2.3</b>	<b>Trabalhos correlatos</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Fluxo de caixa livre (FCL)</b>	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>Métodos para avaliação de investimentos de capital</b>	<b>25</b>
3.2.1	Valor presente líquido (VPL)	25
3.2.2	Taxa interna de retorno (TIR)	26
3.2.3	<i>Payback</i> descontado	26
3.2.4	Índice de lucratividade (IL)	26
3.2.5	Análise crítica dos métodos de avaliação de investimentos	27
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA CIENTÍFICA</b>	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>Coleta de dados</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>CASO PRÁTICO ESTUDADO</b>	<b>30</b>
<b>5.1</b>	<b>Conceitualização do processo</b>	<b>30</b>

5.2	Hipótese . . . . .	33
6	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES . . . . .</b>	<b>38</b>
6.1	<b>Cenário 1 . . . . .</b>	<b>38</b>
6.2	<b>Cenário 2 . . . . .</b>	<b>40</b>
6.3	<b>Análise de sensibilidade . . . . .</b>	<b>43</b>
6.3.1	Reposição das etiquetas . . . . .	43
6.3.2	Ajustes de inventário . . . . .	44
6.4	<b>Análise qualitativa . . . . .</b>	<b>46</b>
7	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .</b>	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>51</b>

# 1 Introdução

Em virtude das necessidades mercadológicas influenciadas pela indústria 4.0, estudos mostram que as empresas brasileiras têm forte expectativa de digitização, ou seja, uma transformação das organizações pelas ferramentas digitais. Por conseguinte, os avanços tecnológicos tornam-se necessários para que as empresas consigam competir internamente, bem como com concorrentes estrangeiros (PWC, 2016).

Esse contexto econômico incentiva as organizações a otimizar seus processos e buscar soluções tecnológicas a fim de reduzir custos, melhorar a eficiência operacional e ampliar as possibilidades de receita. De acordo com a pesquisa realizada pela PWC (2016) com 32 indústrias brasileiras, 57% delas esperam obter ganhos adicionais de receitas provenientes da digitização superiores a 10% até 2020.

Neste sentido, a tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID, do inglês *Radio Frequency Identification*) surge como uma ferramenta tecnológica capaz de melhorar o desempenho operacional e o poder competitivo da organização em um mercado concorrente em razão da acurácia das informações fornecidas pelo sistema (TAO et al., 2016). Segundo Fan et al. (2015), a identificação por radiofrequência é uma tecnologia-chave amplamente usada, considerada um pré-requisito ou um elemento essencial da Internet das coisas (IoT).

O uso da RFID na cadeia de suprimentos pode automatizar o rastreamento de paletes, caixas, produtos unitários, bem como ativos reutilizáveis, como caixas e contêineres. A contribuição da RFID para as cadeias de suprimento não é apenas aumentar a eficiência dos sistemas, mas também melhorar a rastreabilidade do produto e a visibilidade entre as cadeias, sendo o armazenamento um dos subconjuntos que mais pode se beneficiar da tecnologia em seus processos (SARAC; ABSI; DAUZÈRE-PERES, 2010; TAJIMA, 2007).

Mediante os temas apresentados, a aplicabilidade da tecnologia RFID será estudada em uma empresa que atua no setor siderúrgico. A proposta da presente pesquisa é analisar a viabilidade econômica da implantação da tecnologia no armazém de estocagem de matérias primas da organização, tendo em vista a necessidade de otimizar os processos operacionais para garantir a eficácia e a eficiência da gestão do armazenamento.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivos gerais

O trabalho proposto busca analisar a viabilidade econômica de implantação da tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) no armazém de matérias-primas de uma indústria siderúrgica de grande porte.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Identificar os possíveis benefícios gerados pela utilização da tecnologia para a empresa e os impactos e riscos provenientes da implantação;
- ✓ Elaborar o fluxo do processo de recebimento, armazenagem e expedição de matérias-primas no armazém;
- ✓ Diferenciar os custos dos processos sem e com a tecnologia RFID;
- ✓ Realizar o fluxo de caixa envolvido na implantação da RFID;
- ✓ Analisar a viabilidade econômica da implantação da RFID no armazém da siderúrgica.

## 1.2 Justificativa e relevância do trabalho

As empresas lidam diariamente com a sobrevivência no mercado de elevada competição. Por essa razão, são desenvolvidas tecnologias capazes de otimizar a produção e oferecer soluções cujos ganhos permitam ultrapassar os resultados dos concorrentes. A empresa em questão tem enfrentado, entre outros, os seguintes problemas no portfólio local de matérias primas: são dispendidos longos tempos para realização de inventários periodicamente; durante o processo de inventariar os itens em estoque, é realizado o bloqueio da movimentação dos materiais, impedindo a realização de atividades rotineiras nesse período, como recebimento e expedição; altos custos de ajustes de estoques, realizados quando encontram-se discrepâncias entre o estoque físico e o estoque do sistema. Há, ainda, um alto custo envolvido na falta da matéria prima, visto que qualquer material do portfólio em questão é considerado crítico e sua ausência pode resultar na parada da produção.

Quando se refere à abastecimento de insumos, é imprescindível a boa atuação do setor de suprimentos para a manutenção do sistema produtivo, permitindo que os requisitos do mercado sejam atendidos. Dessa forma, torna-se necessário o desenvolvimento e a aplicação de ferramentas e/ou tecnologias que melhorem os processos continuamente e que permitam criar e sustentar uma vantagem competitiva.

A empresa busca constantemente otimizar as atividades operacionais e, atualmente, busca projetos relacionados à indústria 4.0 para compor seus investimentos. Sendo assim, será analisada a viabilidade da implementação da RFID na organização visando os benefícios que o uso da tecnologia pode propiciar ao processo, como a redução no tempo dispendido para realização de inventários e, conseqüentemente, nos custos envolvidos e uma maior acurácia da quantidade de materiais em estoque.

No entanto, até o presente momento, ainda não encontramos na literatura pesquisada estudos sobre a RFID na gestão de armazenagem no setor de siderurgia. Por essa razão, o trabalho contribui para o conhecimento apresentando um caso prático sobre um armazém de matérias primas de uma siderurgia de grande porte, juntamente com uma proposta de análise da

viabilidade econômica da implantação da RFID. Portanto, o trabalho tem como valor fomentar a discussão sobre o investimento na tecnologia RFID no setor siderúrgico.

### 1.3 Organização do trabalho

O estudo do presente trabalho está desmembrado em sete tópicos. Inicialmente, elaborou-se uma introdução ao tema a ser tratado no decorrer do trabalho. Nessa seção, dispôs-se de maneira clara os objetivos gerais e específicos, a justificativa e a relevância do assunto abordado. Na seção subsequente, realiza-se uma revisão da literatura, na qual são abordados os tópicos relativos à gestão da armazenagem e à RFID, e trabalhos correlatos são discutidos. A fundamentação teórica é exposta na terceira seção, na qual são expostos os métodos para avaliação de investimentos. Na quarta seção, tem-se a metodologia de pesquisa e como ocorreu a coleta de dados. Apresenta-se, na quinta seção, o caso prático estudado e a hipótese a ser analisada. Na sexta seção, tem-se exposto os resultados e discussões da pesquisa. Por fim, na sétima seção, são apresentadas as conclusões do trabalho e as propostas para pesquisas futuras.

## 2 Revisão da literatura

### 2.1 Gestão da armazenagem

Estoques podem ser definidos como acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em produção e produtos acabados. Naturalmente, podem ser encontrados em armazéns, pátios e no chão de fábrica (BALLOU, 2006).

De acordo com Arnold (2006), as empresas mantêm estoques com o intuito de vender ou fornecer insumos ou matérias-primas para o processo de produção. Conforme descrito por Ballou (2006), os benefícios de manter estoques são: melhorar o serviço ao cliente, mediante a disponibilidade de produtos ou serviços imediatos às solicitações e; reduzir custos operacionais devido à compras e transportes de maiores volumes, operações de produção mais equilibradas, compras antecipadas que poderiam custar mais no futuro, inconstância dos prazos de produção e transporte entre os elos da cadeia de suprimentos e, por fim, precaução aos riscos que podem afetar a logística, como greve trabalhista e desastres naturais.

Nesse contexto, Bowersox, Closs e Cooper (2007) expõem que "o estoque tem valor limitado até que esteja posicionado no momento certo e local certo para apoiar a transferência de propriedade ou criação de valor agregado". Por outro lado, os estoques podem gerar altos custos de aquisição e manutenção, visto que o capital dispendido poderia ser designado à outros investimentos. Além disso, podem esconder problemas de qualidade e isolar elos do canal de suprimentos, prejudicando a coordenação em conjunto (BALLOU, 2006).

De fato, conforme explanado por Chopra e Meindl (2011), as instalações para onde os estoque são enviados tornam-se um fator-chave no desempenho da cadeia de suprimentos, tendo em vista a eficiência e a responsividade que se pode obter na manufatura e no depósito.

Os estoques na manufatura, de acordo com Bowersox, Closs e Cooper (2007), são posicionados para apoiar o processo durante o fluxo de produção. Dessa maneira, é necessário dispôr os estoques de materiais, componentes e produtos inacabados em tempo hábil, nas quantidades e nos locais específicos, a fim de cumprir a programação mestre de produção.

No que tange à gestão do depósito, Guarnieri et al. (2006) afirmam que as organizações devem utilizar as melhores práticas, visto que a rentabilidade das empresas é afetada diretamente pela eficiência do processo de armazenagem. Nesse sentido, Ballou (2006) sugere que o custo de manutenção dos estoques pode representar de 20% a 40% do seu valor anual. Por essa razão, é estritamente importante a cautelosa administração dos níveis de estoques em virtude dos custos decorridos.

A armazenagem possui quatro atividades básicas, que são descritas por Guarnieri et al. (2006) sendo: recebimento, estocagem, administração de pedidos e expedição. Além delas, existem atividades que apoiam o gerenciamento do armazém, como inspeção e controle de

qualidade, endereçamento, separação, embalagem carregamento, transferências, inventários e emissão de relatórios. Agindo de forma integrada, elas permitem evitar falhas e maximizar os recursos da empresa.

Conforme exposto por Bowersox, Closs e Cooper (2007), a área de suprimentos é responsável pela administração da aquisição e movimentação dos estoques de materiais, peças e/ou produtos acabados de fornecedores para as lojas, montadoras ou armazéns.

### 2.1.1 Problemas de gerenciamento da armazenagem

Na gestão da armazenagem, diversos problemas podem ser encontrados e discutidos na literatura. O problema de encolhimento de estoque foi abordado pelos autores Srivastava (2004), Lee e Özer (2007), Dai e Tseng (2012), Tajima (2007), Fan et al. (2014), Fan et al. (2015), Roper, Sedehi e Ashuri (2016), Tao et al. (2016); os problemas de extravios foram apontados pelos autores Fan et al. (2015), Tao et al. (2016); o problema da inacurácia das informações foi abordado pelos autores Roper, Sedehi e Ashuri (2016), Tajima (2007) e Dai e Tseng (2012) prosseguiu com o tema, abordando os impactos gerados quando existem as distorções de informações, como o efeito chicote; o problema no manuseio de materiais foi citado por Tajima (2007) ; por fim, as faltas de estoque são problemas abordados por Lee e Özer (2007), Ballou (2006), Tajima (2007).

O encolhimento de inventário pode-se ocorrer por meio perda direta de valor do produto devido à fatores como contaminação, danos, desperdícios, deterioração, roubos ou obsolescência, resultando em custos de retrabalho ou fornecimento (BALLOU, 2006). O encolhimento de estoque leva à perda permanente de estoque, enquanto o extravio é temporário e pode ser recuperado pela auditoria física (FAN et al., 2015)

Dai e Tseng (2012) sugere que a distorção de informações, além de prejudicar na gestão de estoques e controle de processo em um estágio, se propaga pela da cadeia de suprimentos, resultando em um efeito chicote.

### 2.1.2 Custos de estoques e armazenagem

Conforme descrito por Ballou (2006), há três classes de custos relevantes na gestão dos estoques: os custos de aquisição, de manutenção e de falta de estoques.

Os custos de aquisição englobam os custos relacionados ao processamento, preparação, transmissão, manutenção e pedido de compra. Alguns são considerados fixos, visto que não variam conforme tamanho do pedido. Outros, variam de acordo com a quantidade, como o transporte e manuseio dos materiais (BALLOU, 2006).

Ainda de acordo com Ballou (2006), os custos de manutenção são relativos ao armazenamento dos materiais durante determinado período. Neles, estão contemplados os custos referentes ao espaço utilizado para a estocagem, ao capital imobilizado em estoques, aos serviços de estocagem relativos à seguros e impostos e aos riscos de estocagem, como roubos e danos.

Por fim, os custos de faltas de estoques são compostos pelo custo de venda perdida, quando o cliente cancela o pedido, e pelo custo de pedidos atrasados, quando o cliente adia a compra enquanto aguarda o pedido ser atendido. Ballou (2006) argumenta que esses custos são extremamente difíceis de serem mensurados.

Chopra e Meindl (2011) afirma que um nível maior de estoque pode facilitar a redução nos custos de produção e de transporte, em virtude da economia em escala. Porém, há um acréscimo nos custos de manutenção de estoque.

## 2.2 A RFID

O surgimento da tecnologia RFID nos últimos anos trouxe grandes expectativas devido ao alto potencial na logística, no gerenciamento da cadeia de suprimentos e em sistemas de resposta rápida (ZHU; MUKHOPADHYAY; KURATA, 2012). O autor afirma que a RFID pode ser usada na cadeia de suprimentos para identificar e rastrear contêineres e itens nos armazéns, nas rotas de embarque e para controlar eficientemente os estoques.

Para (YAN et al., 2008), a RFID permite transmitir informações sem a necessidade de o *hardware* estar voltado em direção ou na linha de visão do item, como ocorre com o código de barras, que exige que todos os itens estejam com a informação voltada para o sistema de leitura. Uma grande vantagem da RFID é a capacidade de escrever mais informações sobre o item em sua etiqueta, mesmo quando a *tag* possui pequeno tamanho físico. Já o código de barras deve possuir um tamanho igual ou maior ao tamanho da informação a ser armazenada.

A tecnologia RFID, de acordo com Srivastava (2004), permite uma operação confiável mesmo em ambientes operacionais agressivos, com exposição à poeira, neve, neblina, corrosão, vibração e choques.

### 2.2.1 O surgimento, os componentes da tecnologia e a RFID no Brasil

O sistema RFID utiliza ondas de rádio, que são um tipo de onda eletromagnética. Sendo assim, a origem da RFID pode ser atribuída aos descobridores da onda eletromagnética Michael Faraday, James Maxwell e Heinrich Hertz, por volta da metade do século XIX. Durante a segunda guerra mundial, um tipo de sistema RFID, chamado *Identify Friend ou Foe* (IFF) foi usado pelos britânicos para distinguir aviões amigos dos aviões inimigos. Hoje, sistemas parecidos ainda são aplicados (YAN et al., 2008).

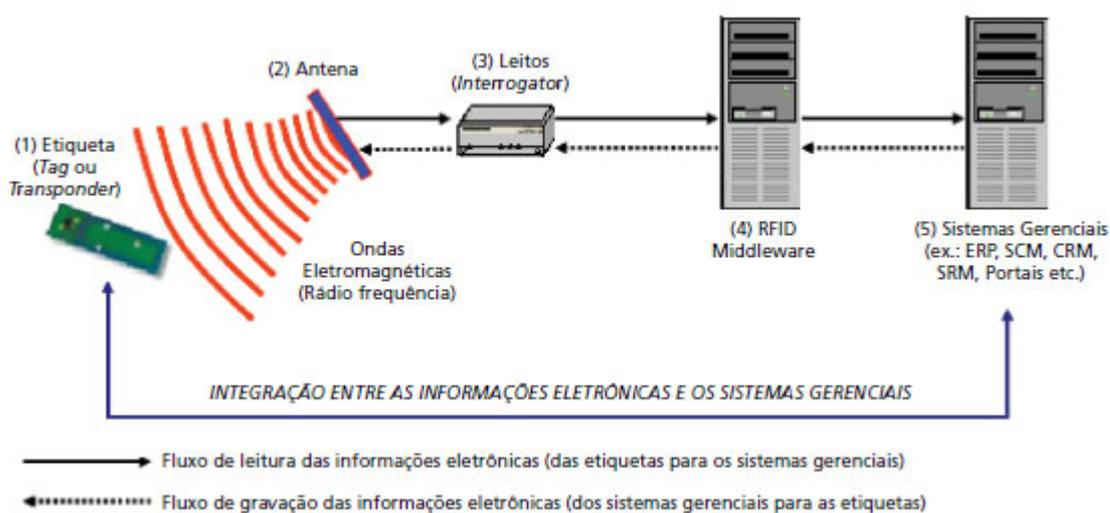
Os avanços da tecnologia continuaram nos próximos anos. De acordo com Roberti (2005), nos anos 50 e 60 as empresas começaram a comercializar sistemas anti-roubo que usavam ondas de rádio para determinar se um item havia sido pago ou não. Na década de 90, os engenheiros da IBM desenvolveram um sistema RFID de frequência ultra-alta (UHF, do inglês *Ultra-high Frequency*), que oferecia maior alcance de leitura e maior rapidez na transferência de dados. A partir de 1999, dois professores do Massachusetts Institute of Technology, David Brock e Sanjay

Sarma, em busca de reduzir o preço das etiquetas, deram um passo importante transformando a RFID em uma tecnologia de rede, que liga objetos à internet por meio da *tag*.

Os componentes do sistema RFID, de acordo com Chopra e Meindl (2011), são, basicamente, uma etiqueta, do inglês *tag*, e um leitor/emissor de informações por radiofrequência. A etiqueta RFID consiste em um microchip que armazena informações sobre o item ao qual está conectado e a antena é responsável por coletar os dados em tempo real e transmiti-los por meio de ondas de rádio. As ondas de radiofrequência são capturadas e convertidas em dados pelo leitor e redirecionados à um computador. Além disso, existem *tags* que permitem a gravação de informações por meio do leitor (SRIVASTAVA, 2004; ZHU; MUKHOPADHYAY; KURATA, 2012; TAJIMA, 2007).

A Figura 1 mostra o funcionamento do sistema RFID. As informações sobre os itens ou ativos são gravadas nas etiquetas RFID (1) e estas *tags* são colocadas em pallets, caixas, containers, pessoas, ativos, etc. Através das antenas (2) e dos leitores (3), as informações contidas nas *tags* são lidas por meio da radio frequência. Estes sensores podem estar localizados, por exemplo, em docas de recebimento, de expedição, em pontos de controle nos centros de armazenagem e distribuição, em portarias, operações de pesagem, entre outros. A partir disso, o fluxo de informações lidas pelas antenas e pelos leitores é gerenciadas por meio do banco de dados chamado RFID *middleware* (4). Este componente identifica os eventos associados às informações, processa e trata essas informações e as entrega aos sistemas gerenciais da empresa (5) de forma otimizada (PEDROSO; ZWICKER; SOUZA, 2009).

Figura 1 – Funcionamento do sistema RFID



Fonte: Pedroso, Zwicker e Souza (2009)

As etiquetas RFID podem ser categorizadas como ativas ou passivas. Geralmente, as *tags* ativas são alimentadas por uma fonte de bateria interna, têm um intervalo de leitura mais longo e são usadas em aplicativos nos quais o leitor não pode ser localizado próximo à *tag*, como na cobrança eletrônica de pedágio. As etiquetas passivas são mais leves, menores e mais baratos

de produzir, e extraem energia dos leitores. Elas podem durar por um longo tempo e geralmente operam em alcance próximo de leitura - de uma fração de polegada a alguns pés (SRIVASTAVA, 2004).

O principal fator determinante do alcance da RFID é a frequência. A solução pode operar em três bandas de frequência: *tags* de baixa frequência são usadas em aplicações em que o alcance e a taxa de transferência de dados são baixos, como no controle de acesso; as *tags* de alta frequência são usados em áreas de poucos metros, como em bibliotecas; *tags* de UHF são usadas em aplicações como pagamento de pedágio, em que a leitura em alta velocidade é vital e as distâncias podem chegar a vários metros. Geralmente, à medida que a frequência aumenta, as etiquetas e os leitores ficam mais caros (SRIVASTAVA, 2004; YAN et al., 2008).

Diante dos benefícios a serem obtidos através da implantação das novas tecnologias, a realidade da base industrial no Brasil parece ainda ter um longo caminho a ser trilhado. De acordo com Sugimura (2018), é necessário que as lideranças da indústria sejam capazes de visualizar a importância desse tipo de investimento para atingirmos um nível de maturidade expressivo. A implantação, conforme descrito, deve ser feita passo a passo, de maneira modular e escalável, visando oferecer retorno de investimento atrativo, servindo, assim, como incentivo e garantindo mais oportunidades de competição no mercado atual.

Aos poucos, a tecnologia RFID vem sendo implantada no Brasil. A Brascol, por exemplo, é uma empresa atacadista e distribuidora de moda bebê e infante-juvenil. Conforme Perin (2015), após a implantação da RFID, a empresa passou a ter total visibilidade dos produtos, sabendo exatamente o que saiu para carregamento nos caminhões. Além disso, houve a redução dos espaços físicos para estoques da empresa e do armazém, liberando espaço para novas atividades. Um fator crítico no projeto foi adquirir dos fornecedores e fabricantes os produtos já etiquetados (PERIN, 2014).

Outro caso de sucesso no Brasil é a Levi's, marca norte-americana de jeans, camisas, camisetas, cintos, bonés e calçados. A Levi's brasileira, segundo Perin (2019), implantou a RFID para controlar os estoques de produtos em suas lojas, conquistando 99,78% de exatidão após o uso da tecnologia, contra 67% antes da RFID. Outro grande benefício descrito foi em relação ao inventário de loja, que era feito uma vez por ano, em 12 horas e com 10 pessoas, e passou a ser realizado uma vez por mês, em três horas e com duas pessoas.

Analogamente, o Correios, com o suporte da agência especializada das Nações Unidas (ONU), apresentou o projeto pioneiro de adoção do RFID no rastreamento de cartas e encomendas pelo fluxo nacional e internacional. O projeto prevê massificação do uso a partir de 2020 e utilizará tags UHF (PERIN, 2018).

### 2.2.2 A RFID na indústria 4.0

A transformação digital nas empresas é descrita por Bowersox, Closs e Cooper (2007) sendo o processo de reinventar e posicionar as operações, os processos e as relações de negócios, a

fim de atender os desafios e oportunidades da gestão e explorar o que a tecnologia da informação pode oferecer para alcançar a excelência operacional na cadeia de suprimentos.

O emprego crescente de tecnologias integradoras na manufatura direcionou a indústria para um novo paradigma de produção, no qual o sistema é interconectado e inteligente (ALMEIDA; CAVALCANTE; FETTERMANN, 2017). Esse processo faz parte da Indústria 4.0, mas também pode ser chamado de quarta revolução industrial.

No ponto de vista de Almeida, Cavalcante e Fettermann (2017), "o desenvolvimento da Indústria 4.0 busca atingir um alto nível de eficiência operacional, produtividade e automação dos sistemas produtivos".

Dessa maneira, a tecnologia de identificação por radiofrequência passou a ser vista com um dos elementos da IoT (FAN et al., 2015), iniciada neste século, que promete um mundo de dispositivos interconectados e em rede (YAN et al., 2008). Em suma, a conexão de objetos físicos à internet permite executar de forma coordenada determinadas atividades, como, por exemplo, desde o rastreamento do estoque ao acesso ao prédio (ZHU; MUKHOPADHYAY; KURATA, 2012).

### 2.2.3 Vantagens operacionais da RFID na armazenagem

A aplicação da RFID na cadeia de suprimentos pode gerar diversos benefícios e evitar grandes problemas. Dai e Tseng (2012) indicam que a utilização da RFID na cadeia de suprimentos permite a identificação imediata do encolhimento do inventário, permitindo a atuação em tempo hábil.

Ainda a respeito do encolhimento de estoque, Lee e Özer (2007) expõem em seu trabalho que a RFID pode auxiliar na redução do encolhimento de três formas diferentes: primeiro, permite monitorar com precisão o inventário, colaborando com a redução de roubos e fraudes, resultando na redução direta do encolhimento do estoque; segundo, conforme a precisão de leitura alcançada, a RFID aumenta a precisão das informações obtidas geralmente por meio da leitura de código de barras, que é mais vulnerável a erros humanos e a avarias nas etiquetas; por último, a tecnologia fornece visibilidade para que os dados do sistema correspondam ao estoque real, permitindo o reabastecimento mais preciso e reduzindo as faltas de estoque.

A redução nas faltas de estoque também foi abordada na pesquisa de Tajima (2007), bem como a redução nos problemas de manuseio de materiais. O autor ainda apontou o uso da RFID no rastreamento de matérias-primas e produtos acabados.

A capacidade de obter informações fora da linha de visão direta para a *tag* através da leitura por radiofrequência é outra grande vantagem do sistema. Por exemplo, um caminhão poderia simplesmente dirigir e passar por um portal com leitor de RFID, e tudo que está dentro do caminhão seria lido ao mesmo tempo (SRIVASTAVA, 2004).

Outras vantagens na aplicação da RFID no armazém destacadas na literatura são: redução dos níveis de estoques (TAJIMA, 2007); inventário instantâneo, otimizando a contagem dos produtos (LEE; ÖZER, 2007; DAI; TSENG, 2012); maior precisão de dados (LEUNG;

CHEUNG; CHU, 2014); maior velocidade e menores custos no recebimento de um caminhão (CHOPRA; MEINDL, 2011); rastreabilidade e localização dos produtos (ROPER; SEDEHI; ASHURI, 2016).

#### 2.2.4 Ganhos em redução de custos

Lee e Özer (2007), Leung, Cheung e Chu (2014) argumentam que, como as etiquetas RFID podem ser lidas sem ter um responsável para escanear o material, como ocorre com os códigos de barras, pode haver uma economia significativa de mão-de-obra. Os autores ainda apontam uma economia de eficiência devido à leitura de múltiplas tags simultaneamente. Tajima (2007) também relata a economia de custos de mão-de-obra e aponta uma economia de tempo de operação.

Outras economias de custos são citadas por Dai e Tseng (2012) em sua pesquisa, como segue: redução do custo de compra, devido à prevenção do encolhimento; redução do custo de falta devido à eliminação da distorção da informação, de modo que, se qualquer erro de inventário no estágio  $n$ ,  $n = 1, 2, \dots, i$  for identificado ou reduzido, o estágio  $i$  será o beneficiário; melhor equilíbrio entre os custos de manutenção e escassez devido à maior visibilidade que a RFID propicia; menor incerteza nos estoques, reduzindo o buffer, resultando em menores custos de estoques de segurança.

#### 2.2.5 Dificuldades na implantação da tecnologia RFID

Considerando as dificuldades encontradas em uma empresa do setor da distribuição alimentar, Farola (2013) sugere o alto investimento inicial como uma barreira, pois a tecnologia exige não somente as *tags*, mas também toda a estrutura envolvida, composta por antenas, leitores, *middleware* e o sistema ERP. Além disso, o autor remete às dificuldades de mensurar o retorno sobre o investimento (ROI), em vista dos benefícios subjetivos e de difícil quantificação. Nesse sentido, Tajima (2007) expõe que o retorno do investimento é uma necessidade pontual e substancial para qualquer iniciativa de negócios. Por isso, a falta do retorno, especialmente no curto prazo, se tornou uma séria barreira na implantação de RFID em larga escala.

Dai e Tseng (2012) relatam que a RFID não é comumente aplicado em larga escala devido à lacuna de credibilidade existente, ou seja, ainda verifica-se a necessidade de soluções analíticas explícitas que quantifiquem os retornos econômicos resultantes da implementação da RFID. Com base nessa problemática, o presente trabalho visa preencher essa lacuna através da aplicação de métodos econômicos para calcular os reais custos da implantação da RFID em um armazém e os retornos esperados.

Lim, Bahr e Leung (2013) consideram, através do estudo da literatura, que os principais desafios são relativos às questões de privacidade e segurança e o alto custo de implantação. O custo tende a diminuir conforme novos desenvolvimentos tecnológicos surgem. Porém, a questão de privacidade e segurança de RFID ainda é uma grande preocupação. Tajima (2007) relatou em

seu trabalho a preocupação com as questões de segurança, como, por exemplo, a vulnerabilidade da RFID aos vírus de computador, e de privacidade, devido ao pequeno tamanho das etiquetas de RFID, permitindo que elas sejam usadas como dispositivos de vigilância em empresas e casas.

Moretti (2017) compilou por meio da literatura 18 variáveis que representaram dificuldades encontradas na implementação da RFID. Dessas, 6 não apresentaram dados adequados, sendo validadas apenas 12. Das variáveis validadas, 9 se mostraram mais influentes. O autor as alocaram em 3 grupos, sendo estes dificuldades operacionais, dificuldades de planejamento e dificuldades associadas aos colaboradores:

1. Dificuldades Operacionais: Dificuldade em encontrar fornecedores capacitados a fornecerem equipamento para estrutura RFID; Dificuldade em encontrar sistemas RFID *user friendly* para todos os usuários diretos e indiretos deste novo sistema; Falta de normas e Padrões disponíveis para a implantação de sistemas RFID que possam ser usados pela empresa como diretrizes; Baixa existência de estudos de casos na literatura que possam servir de benchmarking ou apoio para a implantação de sistemas RFID.
2. Dificuldades de Planejamento: Dificuldade em definir o impacto estratégico e real ganho para os clientes com a implantação de sistemas RFID; Dificuldade em calcular o ROI na implantação de RFID; Dificuldade em comprovar para a direção da empresa que as melhorias propostas em indicadores são decorrentes da implantação de sistemas RFID.
3. Dificuldades Associadas aos Colaboradores: Falta de colaboradores com conhecimento técnico avançado na empresa que possam acompanhar a implantação de sistemas RFID; Resistência dos colaboradores frente a implantação de novas tecnologias.

Leung, Cheung e Chu (2014) sugerem que as organizações avaliem os aplicativos de RFID disponíveis no mercado, considerem cuidadosamente se o aplicativo RFID em questão atende às suas necessidades e analisem o tipo que seja adequado e viável em termos de complexidade para diminuir as dificuldades no decorrer da implantação do sistema.

## 2.3 Trabalhos correlatos

Lim, Bahr e Leung (2013) analisaram na literatura as publicações entre os anos 1995-2010 que dizem respeito às aplicações da tecnologia RFID especificamente em operações de armazém. Roper, Sedehi e Ashuri (2016) apontaram os benefícios e custos da implantação da RFID em depósitos de hospitais nos Estados Unidos, visto que o setor é muito vulnerável aos altos custos com ativos extraviados ou perdidos anualmente. Os autores Roper, Sedehi e Ashuri (2016) apresentaram os resultados obtidos em diversas aplicações da RFID em armazéns de hospitais. Os benefícios, custos e retornos dos investimentos foram discutidos na pesquisa.

Fan et al. (2014) analisaram como reduzir o problema do encolhimento no varejo através da implantação da RFID no nível de item e apresentaram uma formulação do valor limite do

custo da *tag* que torna a implementação da RFID econômica. Por conseguinte, em Fan et al. (2015) o problema de extravio é estudado em conjunto com o problema de encolhimento.

A implantação da RFID em uma empresa pode aumentar o poder competitivo em um mercado concorrente segundo Tao et al. (2016). Nesse sentido, Tajima (2007) apresentou em seu trabalho quatro proposições para teorizar como a RFID pode criar e sustentar uma vantagem competitiva. A primeira proposição indica que a automação de processos pode criar uma vantagem ao atingir as eficiências da cadeia de suprimentos. A segunda proposição expõe que o acesso a uma maior quantidade de dados permite maiores análises, aumentando a capacidade de inovações. Em consequência, o autor menciona que a visibilidade gerada devido ao uso da RFID pode não gerar uma vantagem competitiva, visto que os concorrentes também teriam as mesmas informações disponíveis, porém, o uso da RFID pode levar a uma vantagem competitiva sustentável caso a empresa se destaque e mantenha a liderança em aprendizagem associada ao uso de RFID. Dessa forma, a terceira proposição apresenta uma vantagem competitiva à curto prazo através do "aprender a ajustar". Por fim, a quarta proposição relata a vantagem competitiva à longo prazo através do "aprender a transformar".

Alyahya, Wang e Bennett (2016) aprofundaram sua pesquisa em um sistema de gerenciamento de inventário que utiliza a tecnologia RFID para executar uma verificação automática sobre os dados de informações do item no banco de dados. Simultaneamente, o PLC (controlador lógico programável) pode despachar automaticamente esses itens do armazém sem qualquer operação humana. Por fim, o banco de dados é atualizado assim que esse item pedido for deslocado para fora do centro de distribuição passando pelo portão de entrada/saída do armazém.

Nesse mesmo sentido, Condea, Thiesse e Fleisch (2012) analisaram a implantação de um sistema de reabastecimento automático de prateleiras em um depósito varejista. A proposta do *hardware* RFID foi detectar movimentos de produtos bidirecionais entre o bastidor de uma loja e o piso de vendas. Os autores concluíram que, com a presença de encolhimento, se torna inviável a completa automatização do processo, pois a falta do item não pode ser detectada apenas pela RFID.

Farola (2013) realizou um diagnóstico em um armazém de frescos e obteve como resultado a identificação de quinze pontos de melhoria nos processos do armazém. Desses, quarenta por cento poderiam ser eliminados ou minimizados com a implementação da tecnologia RFID.

Os impactos da RFID na distorção de informações e no custo foram analisados por Dai e Tseng (2012). Nesse sentido, os benefícios da tecnologia foram diferenciados em relação à visibilidade e à prevenção. Em suma, os autores concluíram que o valor econômico da implementação da tecnologia é mais significativo quando engloba toda a cadeia de suprimentos.

Moretti (2017) direcionou sua pesquisa à descobrir quais principais dificuldades encontradas na implantação de sistemas RFID. O autor compilou dezoito principais dificuldades que serviram como base para uma pesquisa do tipo *survey* com 90 profissionais conhecedores da temática.

Os autores Doerr, Gates e Mutty (2006), Barbosa, Carmo e Lopes (2011), Borgmann e Nunes (2016), Mesquita (2011) realizaram análises de viabilidade econômica para implantação da tecnologia RFID em armazéns. O Quadro 1 relaciona os métodos utilizados para as análises econômicas feitas, os custos e benefícios considerados.

Quadro 1 – Métodos usados na literatura para análise de viabilidade da RFID

<b>Autor</b>	<b>Métodos de análise utilizados</b>	<b>Dispêndio de capital (<i>capex</i>)</b>	<b>Custo operacional (<i>opex</i>)</b>	<b>Benefícios do investimento</b>
Doerr, Gates e Mutty (2006)	ROI, TIR, VPL e realizaram análise de sensibilidade e risco e simulação de Monte Carlo.	Aquisição dos componentes e sistemas e custos de modificação, que envolvem projetar, modificar, testar e demonstrar um sistema.	Substituição de tags anual.	Redução nos custos de mão de obra de estoque e manutenção, pesquisa causativa para identificar causas de furos de estoques, armazenagem e transporte.
Barbosa, Carmo e Lopes (2011)	Calculou o Valor presente através do Diagrama de fluxo de caixa	Fornecimento do serviço, <i>hardware</i> , <i>software</i> e infra-estrutura.	Etiquetas semestrais.	Economia por redução de mão-de-obra.
Borgmann e Nunes (2016)	<i>Payback</i> , <i>Payback</i> descontado e VPL	Treinamentos, serviços, ativos, <i>hardwares</i> , licença do <i>software</i> e infraestrutura.	Não aplicável	Economia de mão-de-obra.
Mesquita (2011)	Valor presente e ROI	Aquisição de ativos, <i>hardwares</i> e <i>software</i> , serviços de consultoria e treinamentos e perda de produção devido ao tempo parado para implantação.	Etiquetas para reposição anual.	Economia por redução de mão-de-obra, redução de horas extras, aumento da receita por vendas, fidelização de clientes, redução do encolhimento devido à roubos e perdas.

Fonte: Elaborada pelo autor

Doerr, Gates e Mutty (2006) estimaram o ROI para o investimento na implantação da tecnologia RFID no inventário das forças armadas. Utilizando uma taxa de desconto de 5% e uma vida esperada de 20 anos para o projeto, os pesquisadores encontraram o ROI esperado para essa aplicação de 154,8%. Após o cálculo, foram realizadas uma análise de risco junto à simulação de Monte Carlo e análises de sensibilidade de algumas variáveis.

A pesquisa desenvolvida por Barbosa, Carmo e Lopes (2011) analisou a viabilidade de aplicação da tecnologia RFID no armazém da marinha brasileira, de acordo com os aspectos técnicos e econômicos. O custo do investimento foi avaliado em R\$ 739.337,98 e a redução econômica considerada foi de R\$ 42.240,00 mensais devido à eliminação de onze funcionários no processo. Através do método do valor presente, concluiu-se que o investimento se torna viável entre o quarto e quinto ano.

No mesmo sentido, os autores Borgmann e Nunes (2016) analisaram a viabilidade econômica da aplicação do sistema RFID no processo de gestão de estoques de produtos acabados em um armazém moveleiro. O investimento inicial foi cotado em R\$ 133.491,45 e eliminou-se um funcionário no processo graças à redução de tempo de inventário, tempo de expedição e endereçamento. O estudo mostrou que, a partir do terceiro ano da implantação do projeto, obtém-se um retorno positivo do investimento.

Por fim, Mesquita (2011) analisou a implantação do RFID em uma empresa de serviços logísticos. Após cálculos realizados, o investimento total ficou em R\$ 788.490,00, enquanto o ganho total foi estimado em R\$ 941.750,00. Sendo assim, o retorno do investimento encontrado foi de 19,4%, resultado considerado pela empresa sendo bom e viável, embora não gerasse vantagem competitiva estratégica.

Em contrapartida, os benefícios da RFID podem ser superestimados por varejistas, conforme apresentado por Metzger et al. (2013). Dessa maneira, pode haver um impacto nos custos devido às leituras "falso-negativas", isto é, etiquetas RFID em alcance não detectadas pelo dispositivo de leitura. Sendo assim, os autores propõem modelos matemáticos para revisão periódica e gerenciamento de estoque de prateleira de varejo habilitado por RFID, considerando o impacto das leituras "falso-negativas" no custo.

Os casos de insucessos na implantação da RFID foram investigados por Leung, Cheung e Chu (2014). Os autores chegaram à conclusão de que os resultados ruins da tecnologia e a lenta difusão da implantação da RFID nas empresas foram o resultado de implementações incorretas. Em síntese, o estudo relatou que muitas organizações adotam a RFID para melhorar as práticas de gerenciamento da cadeia de suprimentos tipicamente enxutas, mas desconsideram suas próprias estratégias.

## 3 Fundamentação teórica

Para a tomada de decisão, as empresas devem ter a habilidade de analisar os investimentos por meio de cálculos financeiros. Desta forma, torna-se possível uma eficiente gestão financeira e pessoal (SAMANEZ, 2009).

No presente capítulo, serão apresentados os principais métodos de decisão usados para medir a rentabilidade e analisar a viabilidade de investimentos de capital.

### 3.1 Fluxo de caixa livre (FCL)

O fluxo de caixa livre (FCL) permite a realização da avaliação econômica de um projeto de acordo com seu potencial de geração de renda econômica, sem levar em consideração como será o financiamento (SAMANEZ, 2009). De acordo com o autor, o FCL é gerado pelas operações, líquido de impostos, menos os dispêndios de capital necessários para assegurar a permanência e o crescimento do projeto, e menos as mudanças no capital de giro. A depreciação de ativos e a amortização de intangíveis devem ser reduzidas do lucro antes da incidência do imposto de renda. Após o cálculo, ela é novamente somada no fluxo de caixa, conforme modelo apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Estrutura do FCL para análise de projetos de investimento

<b>Receita operacional líquida</b>
(-) Custos e despesas operacionais (antes da depreciação e amortização do diferido)
<b>EBITDA</b>
(-) Depreciação
<b>Lajir</b>
(-) Imposto sobre o Lajir
(+) Depreciação
(-/+ Mudanças nos requerimentos de capital de giro)
<b>FCL</b>

Fonte: adaptado Samanez (2009)

### 3.2 Métodos para avaliação de investimentos de capital

#### 3.2.1 Valor presente líquido (VPL)

O método do valor presente líquido (VPL), também conhecido como valor atual líquido (VAL), tem por finalidade medir, em unidade monetária, "o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto ao longo de sua vida útil"(SAMANEZ, 2009).

A expressão 1 define o VPL:

$$\text{VPL} = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (1)$$

O investimento inicial é representado por  $I$ ,  $FC_t$  representa o fluxo de caixa no  $t$ -ésimo período e  $K$  é o custo do capital. A função realiza um somatório dos fluxos de caixa futuros descontados subtraído pelo valor do investimento. Caso o VPL seja maior que zero, o projeto é economicamente viável.

### 3.2.2 Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa de retorno do investimento (TIR) tem como finalidade encontrar uma taxa intrínseca de rendimento para a qual o VPL é nulo. Sendo assim, o valor de  $i^*$  deve satisfazer a equação 2:

$$\text{TIR} = \{i^* \mid \text{VPL}(i^*) = 0\} \quad (2)$$

O projeto é economicamente viável para  $i^*$  maior que a taxa de custo de capital (SAMANEZ, 2009).

### 3.2.3 *Payback* descontado

O método do *payback* descontado é utilizado em conjunto com outros métodos, como o VPL ou a TIR, e tem como finalidade calcular o período de tempo  $t$  em que o investimento será recuperado (SAMANEZ, 2009).

O método consiste em determinar o valor de  $t$  conforme disposto na equação 3:

$$\text{Payback} = \min(t) \mid \text{VPL}(t) \geq 0 \quad (3)$$

Caso o *payback* encontrado seja um período de tempo aceitável pela empresa, o projeto poderá ser aceito (GROPPELLI; NIKBAKHT, 2010).

### 3.2.4 Índice de lucratividade (IL)

Estoques são considerados investimentos, e uma das maneiras que pode-se medir o desempenho organizacional é através do índice de lucratividade (IL).

O método do IL compara o valor presente das entradas de caixa futuras (VP) com o investimento inicial, de acordo com GropPELLI e Nikbakht (2010). Através da equação 4, têm-se a fórmula para calcular o IL:

$$\text{IL} = \frac{\text{VP}}{\text{investimento inicial}} \quad (4)$$

O projeto é aceito caso o IL seja maior que 1 e rejeitado caso o IL seja menor que 1.

Esse método está relacionado ao VPL, de forma que, se o VPL for positivo, o IL será maior que 1, então, aceita-se o projeto. Caso contrário, se o VPL for negativo, o IL será um valor menor que 1, indicando a inviabilidade do projeto.

### 3.2.5 Análise crítica dos métodos de avaliação de investimentos

Os métodos são criticados por Groppelli e Nikbakht (2010) quanto a precisão dos resultados. O VPL, por exemplo, possui limitações no que tange à precisão das análises. Primeiramente, o método considera que a administração faz previsões acertivas sobre os fluxos de caixa futuros. No entanto, por certo, quanto maior o período, mais se torna difícil essa estimativa. Segundo, o VPL pressupõe que a taxa de desconto ( $K$ ) é a mesma durante todo o período do projeto. De certo, não é, visto que uma taxa de juro muda de um ano para o outro. Todavia, o método VPL ainda é visto como o mais confiável entre os métodos de avaliação de investimentos.

O método do *payback* descontado não serve como uma medida de lucratividade, no ponto de vista do mesmo autor, pois não considera os fluxos de caixa após a amortização do investimento. Dessa forma, podem haver fluxos de caixa negativos posteriores ao período da amortização (*payback*).

A TIR pode fornecer taxas de retorno não realistas, muito expressivas. Nesses casos, Groppelli e Nikbakht (2010) sugerem que a empresa faça uma análise cautelosa para verificar se existe de fato a possibilidade de reinvestir os fluxos de caixa caso a TIR calculada retorne taxas muito altas. Outro problema apresentado pela TIR é em avaliação de projetos mutualmente excludentes. Conforme explicado por Samanez (2009), admite-se que, "pelas suposições implícitas no reinvestimento dos fluxos de caixa, o VPL seja o método mais adequado que a TIR, pois leva a crer que os fluxos renderão o custo de oportunidade do capital". Sendo assim, o reinvestimento dos fluxos de caixa é mais realista no método do VPL que no método da TIR.

## 4 Metodologia científica

Para atingir o objetivo proposto, inicialmente, revisou-se a literatura sobre o problema de pesquisa abordado, com o intuito de coletar informações técnicas para construção deste trabalho e obter maior familiaridade com o tema. Foram utilizados, para isso, artigos científicos, livros e *websites*. Após esta etapa, selecionaram alguns trabalhos correlatos.

A partir de então, tornou-se necessário discernir a abordagem da pesquisa. Conforme Martins (2012), a abordagem quantitativa possui como características marcantes o estabelecimento de variáveis, mensuração e análise dos dados, ao passo de que a abordagem qualitativa tem como ênfase a interpretação da realidade subjetiva dos indivíduos envolvidos na pesquisa. Para analisar melhor a problemática, optou-se pela abordagem quantitativa, por causa do objetivo de mensurar as variáveis envolvidas na implementação do RFID.

Logo, pôde-se preocupar em identificar a estratégia de pesquisa adotada. A primeira questão abordada é como o processo de recebimento, armazenagem e expedição de matérias primas funciona dentro da empresa. Para isso, foram realizadas observações diretas com visitas *in loco* no armazém de matérias primas da empresa, sendo as análises do caso prático estudado expostas no trabalho. A segunda abordagem busca identificar o que pode ser feito para melhorar o processo e quais as suas consequências. Dessa forma, a estratégia mais condizente é o estudo exploratório, cujo objetivo é desenvolver uma hipótese e testá-la. Então, executou-se a pesquisa exploratória sobre a viabilidade da implantação da tecnologia RFID nos processos de recebimento, armazenagem e expedição deste armazém.

O processo de pesquisa continuou com o estudo da RFID, a análise do processo e apresentação do fluxo de atividades que envolvem o armazém, a coleta de dados, que será discutida mais a fundo no tópico 4.1, a apresentação do fluxo de caixa líquido do investimento e análise da viabilidade econômica do projeto. Por fim, são discutidos os resultados e elaborada a conclusão do trabalho.

### 4.1 Coleta de dados

Para a coleta de dados, foram realizadas reuniões junto aos colaboradores da empresa e, por meio do sistema integrado de gestão empresarial Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados (SAP), do alemão *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*, obteve-se a demanda anual de etiquetas necessárias para o processo, utilizando, como base, a quantidade de *pallets* movimentado do armazém para a usina no período de um ano.

Os custos referentes aos leitores, antenas, etiquetas, portal e serviço prestado foram fornecidos pela empresa após a realização de uma cotação no mercado. A taxa do imposto de renda (IR) e a taxa mínima de atratividade (TMA) foram informadas pelos setores responsáveis

da siderúrgica. Por fim, a previsão de durabilidade do projeto especulada é de 10 anos, conforme o fornecedor do sistema.

No decorrer da pesquisa, surgiu uma necessidade de levantar os fatores qualitativos e as variáveis imensuráveis tangentes à implantação do RFID. Os fatores foram coletados no decorrer de dois meses de estudo do processo, através de reuniões com os envolvidos no processo de armazenamento e com os gestores do departamento de suprimentos da organização.

## 5 Caso Prático Estudado

A organização estudada atua no setor siderúrgico do aço no mercado mundial e a capacidade de produção atual é da ordem de 12,5 milhões de toneladas de aço bruto por ano. O armazém analisado foi inaugurado em 2011 em uma área externa à usina, distante cerca de 5 km do local de produção. Em consequência, as entregas são programadas conforme os usuários solicitam os materiais. Atualmente, o quadro próprio conta com oito colaboradores responsáveis por atividades que envolvem o almoxarifado e dezessete compradores. Além deles, trabalham no armazém treze colaboradores de empresa terceirizada, que são responsáveis pelas atividades de recebimento, conferência, descarga e carregamento de caminhões para expedição de materiais. Destes, sete fazem parte no processo de matérias-primas

Recentemente, foi implantada a tecnologia RFID no armazém visando evitar acidentes e aumentar a segurança das atividades internas. As empilhadeiras são pequenos veículos que movimentam pallets dentro do armazém e podem causar acidentes, como tombamento de cargas e atropelamentos. Na empresa, como medida de segurança, a movimentação deve obrigatoriamente ser realizada de ré, visto que os garfos que sustentam os pallets ficam na frente do veículo e encobrem a visão do motorista. As antenas foram implantadas nas empilhadeiras e as etiquetas em capacetes dos funcionários e de visitantes, conforme mostrado na Figura 2. Dessa forma, o sistema desacelera a empilhadeira caso um funcionário esteja dentro da área restringida de proximidade do veículo, que foi configurada sendo 6 metros à frente ou na traseira da empilhadeira e 3 metros nas laterais.

Figura 2 – RFID em empilhadeiras



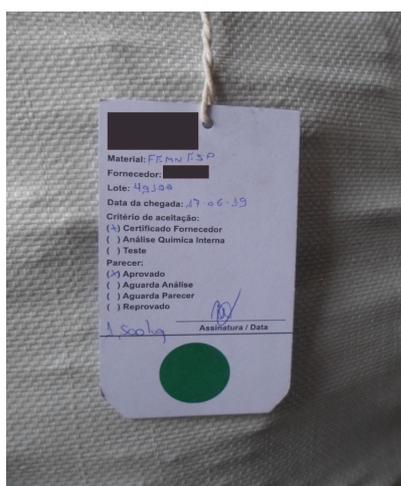
Fonte: Elaborada pelo autor

### 5.1 Conceitualização do processo

O processo de armazenamento é iniciado no recebimento do pedido enviado pelo fornecedor, no qual os veículos são inspecionados, os documentos são conferidos e é realizada uma

inspeção visual na carga para verificar as condições físicas dos materiais e das embalagens. Se o veículo estiver cumprindo os requisitos da empresa, os documentos e os materiais estiverem corretos, o veículo é liberado e direcionado para o pátio de descarga. Caso haja algum problema na entrega, há a recusa das notas fiscais e dos materiais. No pátio, os caminhões aguardam em ordem de chegada para descarregar. Em sequência, os materiais são descarregados e acondicionados no pátio para serem redirecionados aos locais de armazenagem. Então, os materiais recebidos são identificados, verificados em relação à condição física dos *big-bags* e dos *pallets* e etiquetados, onde são dispostos o código do material, o nome do fornecedor, resultado da análise de qualidade e a data de recebimento. A Figura 3 mostra um exemplo de etiqueta utilizada na identificação dos *big-bags* no armazém. Por definição da empresa, os materiais devem, obrigatoriamente, ser expedidos dos fornecedores paletizados, ou seja, o suporte das *bags* deve ser um *pallet*, conforme mostrado na Figura 4. Se necessário, na área de recebimento pode haver o reembalo dos materiais em caso de danos na embalagem.

Figura 3 – Modelo de etiqueta utilizada para identificação do material



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 4 – *Big-bag* sobre um *pallet*



Fonte: Elaborada pelo autor

O armazém possui duas grandes áreas cobertas para a estocagem das matérias primas, conforme são mostradas na Figura 5, garantindo a segurança e proteção dos materiais. Os inventários são realizados semanalmente e, se necessário, são realizados ajustes de estoques através do SAP. Também por meio do sistema, são recebidas as requisições dos clientes para entregas e são realizadas as programações de expedição dos pedidos para o atendimento da usina. Dessa maneira, os materiais demandados são separados, retirados dos locais de armazenagem, agrupados por local de destino e carregados em caminhões. Antes da expedição, os pedidos são conferidos a fim de garantir a precisão do serviço. Após a saída dos caminhões carregados do armazém, eles devem passar pela balança da empresa, localizada entre o armazém e a usina. A ordem de pesagem na balança é por chegada e, nesta etapa, ocorrem muitos atrasos, visto que o processo é demorado, formam-se longas filas de caminhões aguardando a pesagem e demanda-se longas horas em dias que há muitas entregas.

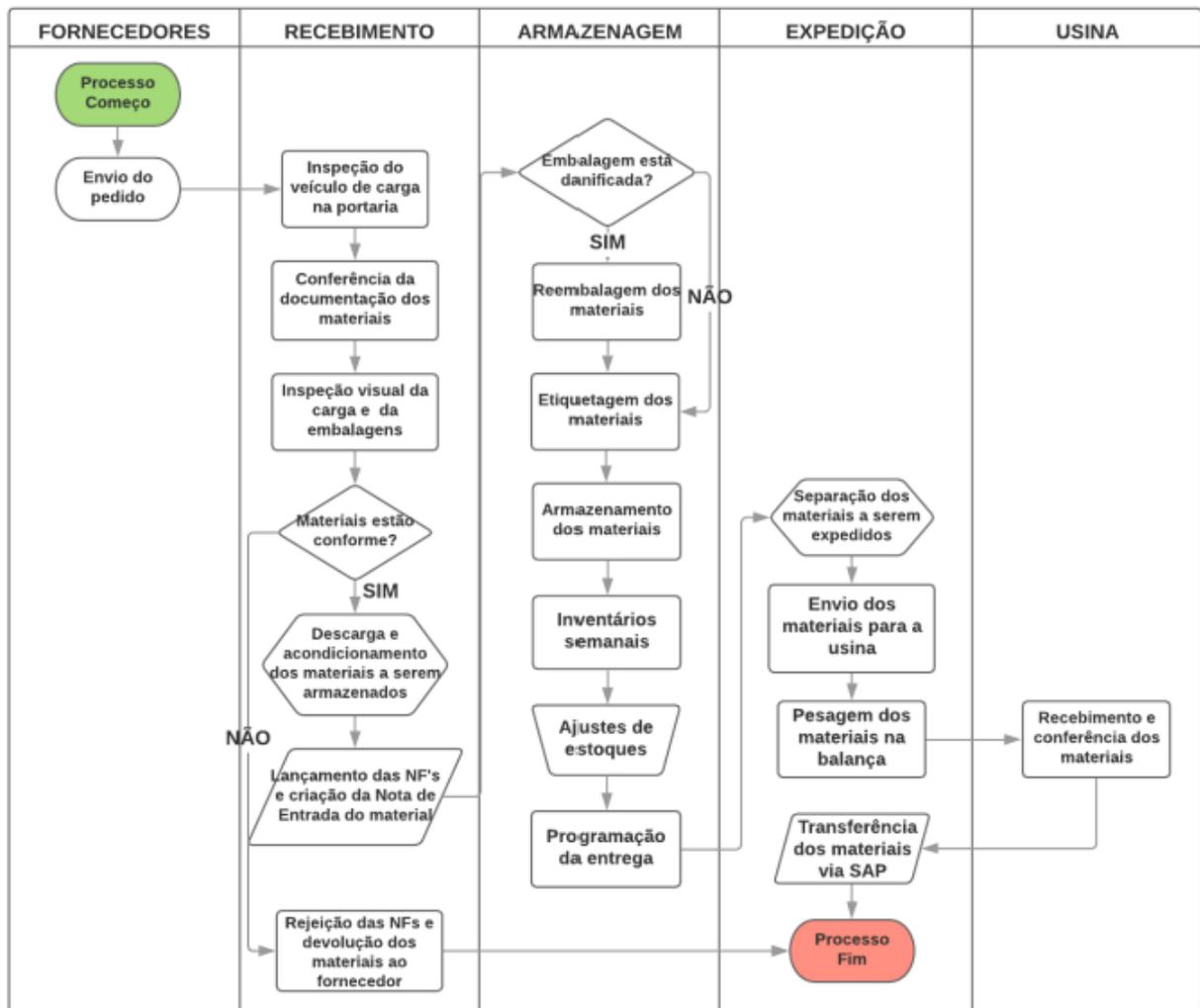
Figura 5 – Galpões de armazenagem de materiais



Fonte: Elaborada pelo autor

Além dos galpões de armazenagem, existe ainda uma área localizada dentro da usina, onde se armazena os materiais demandados para a produção. Esse estoque é apenas para materiais reservados para consumo imediato. Porém, o volume de *big-bags* nesta área deve ser baixo, visto a variedade de materiais utilizados na produção e o uso de estoques de segurança. Assim, após a pesagem dos materiais, o caminhão continua o caminho em direção à usina. Chegando ao local de descarregamento, os materiais são conferidos, as notas são assinadas e o motorista deve retornar para o armazém com o canhoto assinado pelo cliente da usina. No armazém, o responsável pelos insumos de matérias primas faz a transferência do armazém para a usina dos materiais expedidos via SAP e finaliza o processo. A Figura 6 mostra o fluxograma dos processos envolvendo o armazém.

Figura 6 – Processos do armazém



Fonte: Elaborada pelo autor

## 5.2 Hipótese

Neste trabalho, se analisará os efeitos da adoção de RFID nas atividades de estocagem. Por definição da empresa, espera-se que os *pallets* sejam enviados já etiquetados com a RFID pelos fornecedores, de modo que seja feita a leitura das *tags* no momento em que o caminhão passar pelo portal do armazém de estocagem e não sejam dispendidos tempos com etiquetagem dos materiais.

Os custos esperados que sejam reduzidos por RFID são:

1. Trabalho em estoque: inclui os custos para recebimento, inspeção, inventário, criação de relatórios e expedição dos itens. Esse custo considera que os aplicativos usarão dados RFID para automatizar parte dessas tarefas e reduzir os tempos dispendidos.
2. Ajustes de inventário: inclui todos os custos para reconciliar os dados informados pelo SAP com as contagens físicas. Esse fator é incluído na expectativa de que as melhorias na

visibilidade e acurácia dos materiais reduzirão a necessidade de tais ajustes.

Por meio das análises de redução de tempo estimadas no trabalho em estoque após a implantação do RFID, encontrou-se os seguintes resultados:

1. Na atividade de recebimento, os processos são fortemente orientados e executados com a presença de fluxo de papéis, carimbos, assinaturas, arquivamento e documentação gerada, além de registro dos materiais e notas fiscais no sistema. O controlador de insumos demanda cerca de 25 minutos para realização das atividades em cada recebimento. A empresa estima uma redução de 2 horas e 15 minutos por dia após a automatização do processo com o uso da RFID, visto que as informações sobre os produtos serão registradas no sistema logo após passagem do caminhão pelo portal, eliminando atividades manuais como a criação da nota de entrada e arquivamento das documentações. Com isso, haverá uma eliminação de 45 horas mensais de atividades operacionais.
2. Nas atividades de armazenagem, espera-se uma redução no tempo de realização de inventários. Atualmente, o processo necessita de dois colaboradores, demandando 6 horas de trabalho semanalmente, resultando em um consumo de 48 horas mensais. Além disso, durante o inventário, o SAP bloqueia a movimentação de materiais, fazendo com que algumas atividades do armazém permaneçam em *stand-by* no período e gerando ociosidade à funcionários terceiros. Após a implantação da RFID, especula-se que o tempo de inventário diminua para 15 minutos semanais, necessitando de apenas um colaborador para a realização da coleta de dados. Além disso, eliminaria a necessidade de gerar relatórios manuais para envio ao comprador e aos gerentes, reduzindo 1 hora por semana no processo. A atividade de etiquetagem também será eliminada, visto que os materiais já serão recebidos etiquetados. Essa atividade demanda 45 minutos diários. Sendo assim, haverá uma redução total de 66 horas mensais nas atividades de armazenagem.
3. Da mesma maneira, na atividade de expedição são realizadas transferências por meio do SAP dos materiais, do almoxarifado para a usina. Com o uso da tecnologia, esse processo poderá ser eliminado, visto que as informações são transferidas conforme a movimentação das etiquetas acopladas aos materiais. Ou seja, a partir da saída do material pelo portal do armazém e entrada pelo portal da usina, o sistema automaticamente detecta a movimentação e alimenta os dados no sistema, sem interferência manual. A redução prevista no processo de expedição é de 5 horas semanais, ou seja, 20 horas mensais.

Graças às reduções de tempo nos processos envolvendo o armazém e ao remanejamento de atividades entre os colaboradores, pois consegue-se alocar atividades aos terceiros que estavam ociosos durante o processo de inventário, eliminou-se um colaborador do quadro de terceirizados do processo. Esta redução trará a empresa uma economia de R\$ 48.960,00, projetada para os próximos anos.

Em relação aos ajustes de inventário, os inventários são realizados semanalmente e os valores auferidos são conferidos com os valores apontados no SAP. Quando há divergência entre o estoque físico e o estoque virtual, são realizados os chamados ajustes de estoques. Por meio de uma pesquisa sobre ajustes de inventário no SAP, encontrou-se que, no período de junho/2016 à maio/2019 houve um desvio com ajuste de R\$ 1.853.595,74. Calculando a média, o valor gira em torno de R\$ 617.865,25 por ano. Por essa razão, percebe-se que a falta da visibilidade nesse processo gera altos dispêndios de custos que poderiam ser evitados ou minimizados pela utilização das etiquetas para identificação. A Tabela 2 mostra os valores ajustados semestralmente.

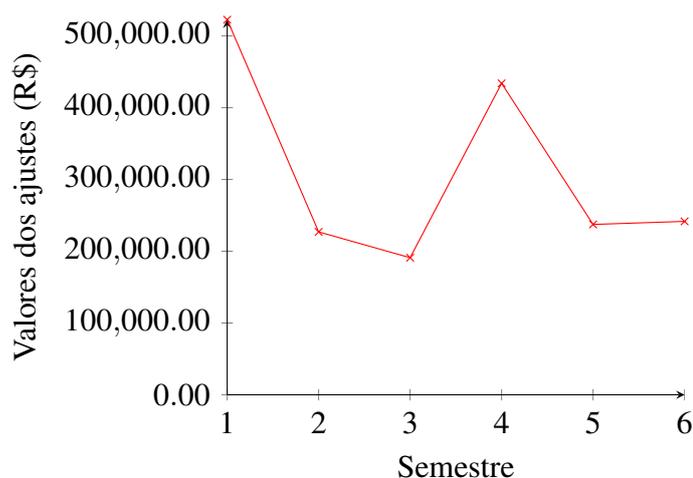
Tabela 2 – Ajustes semestrais

Semestre	Montante (R\$)
1º	522.680,62
2º	226.954,49
3º	191.006,77
4º	433.987,76
5º	237.350,56
6º	241.615,54

Fonte: Elaborada pelo autor

A Figura 7 apresenta o gráfico gerado com os dados da Tabela 2. Por meio do gráfico é possível observar que os ajustes não ocorreram de forma linear, porém, conforme histórico, ocorreram em todos os semestres analisados.

Figura 7 – Custos semestrais com ajustes de inventário



Fonte: Elaborado pelo autor

A empresa prevê que 10% dos ajustes de inventário se dão em razão de perdas permanentes de materiais, enquanto o restante seria apenas relativos à extravios. Por meio de conversas com os gestores do armazém, ficou claro que esta é uma estimativa empírica, tendo

como base o histórico vivido pela empresa nos últimos anos. Porém, não há confirmação exata desse percentual, visto que não há registro das operações realizadas para ajustes referentes à perdas de materiais e das operações decorrentes de apontamentos devido aos erros cometidos no registro da movimentação dos materiais. Por se tratar de uma estimativa empírica, optou-se por criar dois cenários distintos: um desconsiderando a redução de custos devido à redução de perdas permanentes e um considerando uma redução de 10% nos custos envolvendo ajustes de inventário.

Os custos de investimento esperados para implantar a tecnologia RFID são:

1. Dispêndio de capital: o custo de contrato para a aquisição dos componentes e sistemas, incluindo leitores, antenas, etiquetas, portais e toda a infraestrutura, custos de instalação, custo de modificações no SAP e treinamentos.
2. Custos operacionais: custos anuais de reposição de etiquetas danificadas.

Para conduzir a análise de viabilidade econômica, atribuiu-se valores para cada um dos ativos e serviços demandados. Para definir os custos envolvidos, realizou-se a cotação com um fornecedor da organização. A Tabela 3 detalha os dispêndios de capital considerados para o projeto.

Tabela 3 – Dispêndios de capital

Item	Quantidade	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Etiquetas	55.500 (unid.)	0,94	52.170,00
Leitores	3 (unid.)	14.000,00	42.000,00
Antenas	2 (unid.)	12.000,00	24.000,00
Portais	4 (unid.)	20.000,00	80.000,00
Treinamento dos funcionários	8 (horas)	55,00	440,00
Modificação no SAP para RFID	560 (horas)	120,00	67.200,00
		<b>Total</b>	<b>265.810,00</b>

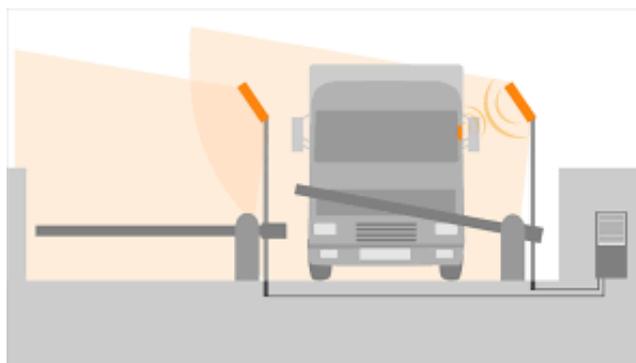
Fonte: Elaborada pelo autor

A utilização de quatro portais foi definida para leitura e rastreamento dos materiais e cargas entre o armazém de estocagem e o armazém de produção da usina. O portal RFID é um tipo de leitor fixo cuja funcionalidade é ler todas as etiquetas transportadas pelo caminhão enquanto o caminhão atravessa o porta. A Figura 8 representa uma leitura pelo portal RFID.

Dessa forma, serão instalados dois portais no armazém principal, um terceiro portal na balança da empresa, localizada entre o armazém e a usina, e um último portal instalado na entrada do armazém da usina, rastreando, assim, toda a movimentação dos materiais desde à expedição do armazém principal até o recebimento dos materiais na usina.

Alguns fatores como perda e dano às etiquetas podem causar a perda permanente do item. Dessa forma, a organização considerou uma taxa de reposição anual de 20% de etiquetas. Sendo

Figura 8 – Portal RFID



Fonte: ISBC (2015)

assim, para custo operacional do investimento, será considerado apenas as reposições, resultando em R\$ 10.434,00 anuais.

Com o objetivo de eliminar estimativas tendenciosas de especialistas que podem estar interessados no resultado da análise do custo-benefício do projeto, decidiu-se realizar uma análise de sensibilidade em duas variáveis. A análise da sensibilidade foi conduzida variando, isoladamente, as variáveis-chave (1) reposição das etiquetas anuais e (2) redução de custo associada aos ajustes de inventário.

Para o primeiro caso, a taxa de reposição de etiquetas foi variada entre 5% e 95%, pois sugeriu-se verificar a variação dos custos se esse fator for alterado. No segundo caso, variou-se a taxa referente à redução de custo de ajustes de inventário entre 5% e 15%, pois considerou-se que a estimativa fornecida pela empresa pode ser tendenciosa e empírica, visto que não há documentação da porcentagem de ajustes que é relativo à perdas de materiais.

Por fim, utilizou para cálculos a alíquota de imposto de renda de 32% sobre a receita do investimento, valor informado pelo setor tributário da empresa. Para obtenção do VPL, considerou-se como custo de capital a própria TMA fornecida pela empresa, cujo valor é de 15%, conforme orientado pela controladoria.

## 6 Resultados e Discussões

Na construção das tabelas do FCL, considerou-se como fluxo de investimento os custos referentes aos leitores, às antenas e aos portais. As etiquetas, o treinamento dos funcionários e o custo envolvido na modificação do sistema foram considerados como custos iniciais operacionais que não podem ser depreciados, pois as etiquetas danificadas são repostas anualmente e inseridas na tabela como custos operacionais e não há depreciação de treinamentos e da modificação no SAP.

Nas tabelas de FCL são dispostos os fluxos de investimento e os custos iniciais da implantação do projeto, os valores do lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização (EBITDA), do lucro antes de juros e imposto de renda (Lajir) e do lucro operacional depois de impostos.

### 6.1 Cenário 1

A Tabela 4 foi elaborada para obtenção dos fluxos de caixa anuais do projeto para o primeiro cenário, que não considera a incidência de 10% de redução nos custos de ajustes de inventário.

Utilizando os fluxos de caixa gerados na Tabela 4 e considerando K sendo 15,00%, pôde-se calcular o VPL para verificar se o investimento será recuperado até o momento da depreciação da tecnologia. Os cálculos realizados seguem conforme exposto nas Equações 5, 6 e 7.

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (5)$$

$$VPL = -R\$265.810,00 + \frac{R\$30.869,68}{(1,15)^1} + \frac{R\$30.869,68}{(1,15)^2} + \dots + \frac{R\$30.869,68}{(1,15)^{10}} \quad (6)$$

$$VPL = -R\$110.882,22 < 0 \quad (7)$$

Para obtenção da TIR, calculou-se a taxa para a qual o VPL se igualava a zero. As Equações 8 e 9 são apresentadas para mostrar a taxa encontrada.

$$TIR = \{i^* \mid VPL(i^*) = 0\} \quad (8)$$

$$TIR = 0,02816344 = 2,82\% \quad (9)$$

Tabela 4 – FCL do investimento - cenário 1

	Ano 0 (R\$)	Ano 1 (R\$)	Ano 2 (R\$)	Ano 3 (R\$)	Ano 4 (R\$)	Ano 5 (R\$)	Ano 6 (R\$)	Ano 7 (R\$)	Ano 8 (R\$)	Ano 9 (R\$)	Ano 10 (R\$)
<b>Fluxos de investimento</b>	<b>-146.000,00</b>										
(+)Diminuição dos custos operacionais		48.960,00	48.960,00	48.960,00	48.960,00	48.960,00	48.960,00	48.960,00	48.960,00	48.960,00	48.960,00
(-)Custos operacionais	-119.810,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00
<b>EBITDA</b>		<b>38.526,00</b>									
(-)Depreciação		-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00
<b>Lajir</b>		<b>23.926,00</b>									
(-)Imposto sobre Lajir		-7.656,32	-7.656,32	-7.656,32	-7.656,32	-7.656,32	-7.656,32	-7.656,32	-7.656,32	-7.656,32	-7.656,32
(+)Depreciação		14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00
<b>FCL</b>	<b>-265.810,00</b>	<b>30.869,68</b>									

Fonte: Elaborada pelo autor

Por meio do cálculo do VPL, verifica-se que o investimento não é economicamente viável no cenário 1, visto que o resultado encontrado pelo VPL foi um valor negativo. Caso a empresa resolva implantar a tecnologia na estocagem, não haverá a recuperação do valor investido antes da depreciação total do projeto. Dessa forma, a redução de custo apresentada não é suficiente para viabilizar o projeto comparado ao alto custo da implantação.

O cálculo da TIR resultou em um valor menor que a taxa interna de retorno mínima definida pela organização, conforme Equação 10. Por essa razão, a empresa rejeitaria o investimento, visto que será obtido melhores retornos financeiros caso ela invista o montante do projeto em outras aplicações.

$$TIR = 2,82\% < 15\% \quad (10)$$

## 6.2 Cenário 2

Conforme abordado anteriormente, a redução dos custos de ajustes de estoque foi estimada em 10% do montante total de ajuste anual. Sendo assim, será apresentada na Tabela 5 os valores do fluxo de caixa considerando essa taxa do valor anual dos ajustes de inventário.

Realizando o cálculo do novo VPL para o novo fluxo de caixa, obteve-se o valor conforme apresentado nas Equações 11 e 12.

$$VPL = -R\$265.810,00 + \frac{R\$72.884,52}{(1,15)^1} + \frac{R\$72.884,52}{(1,15)^2} + \dots + \frac{R\$72.884,52}{(1,15)^{10}} \quad (11)$$

$$VPL = R\$99.980,53 \quad (12)$$

Logo, o valor resultante pelo cálculo do VPL foi maior que zero, mostrando a viabilidade do investimento ao considerar como benefício uma redução de custo de R\$ 61.786,52, gerado pela redução de ajustes de inventário relativos à perdas de materiais. A TIR pode então ser calculada ao igualar o VPL à zero, conforme Equações 13 e 14.

$$TIR = 0,24307385 = 24,31\% \quad (13)$$

$$TIR = 24,31\% > 15\% \quad (14)$$

Por conseguinte, a TIR na presente percepção resultou em um valor significativo para aceitar o projeto, sendo de 24,31%, tendo como parâmetro de comparação a taxa mínima de atratividade da empresa de 15%. Em suma, o VPL e a TIR mostram que o projeto tornou-se economicamente viável.

Tabela 5 – FCL do investimento - cenário 2

	Ano 0 (R\$)	Ano 1 (R\$)	Ano 2 (R\$)	Ano 3 (R\$)	Ano 4 (R\$)	Ano 5 (R\$)	Ano 6 (R\$)	Ano 7 (R\$)	Ano 8 (R\$)	Ano 9 (R\$)	Ano 10 (R\$)
<b>Fluxos de investimento</b>	<b>-146.000,00</b>										
(+)Diminuição dos custos operacionais		110.746,52	110.746,52	110.746,52	110.746,52	110.746,52	110.746,52	110.746,52	110.746,52	110.746,52	110.746,52
(-)Custo operacional	-119.810,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00	-10.434,00
<b>EBITDA</b>		<b>100.312,52</b>									
(-)Depreciação		-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00	-14.600,00
<b>Lajir</b>		<b>85.712,52</b>									
(-)Imposto sobre Lajir		-27.428,01	-27.428,01	-27.428,01	-27.428,01	-27.428,01	-27.428,01	-27.428,01	-27.428,01	-27.428,01	-27.428,01
(+)Depreciação		14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00	14.600,00
<b>FCL</b>	<b>-265.810,00</b>	<b>72.884,52</b>									

Fonte: Elaborada pelo autor

O *payback* descontado foi calculado para determinar em qual período de tempo T o valor do investimento será recuperado. Para isso, considerando I como o investimento inicial, FC o fluxo de caixa no período  $t$  e K o custo de capital, determinou-se o valor de T conforme equações 15 e 16.

$$I = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (15)$$

$$R\$ - 265.810,00 = \frac{R\$72.884,52}{1,15^1} + \frac{R\$72.884,52}{1,15^2} + \dots + \frac{R\$72.884,52}{1,15^T} \quad (16)$$

Os cálculos para obter o tempo de recuperação do investimento são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Cálculo do *payback* descontado

Ano (t)	FC <sub>t</sub> (R\$)	Saldo do investimento (R\$)
0	-265.810,00	-265.850,00
1	63.377,84	-202.432,16
2	55.111,17	-147.320,99
3	47.922,75	-99.398,24
4	41.671,96	-57.726,28
5	36.236,49	-21.489,80
6	31.509,99	10.020,19

Fonte: Elaborada pelo autor

Sendo assim, conforme apresentado na Tabela 6, o saldo relativo ao investimento torna-se positivo no 6º ano após a implantação da RFID. Por isso, pode-se dizer que o *payback* é de 6 anos, tempo referente à recuperação do investimento.

A última análise que será realizada é o índice de lucratividade do projeto. Para encontrar o IL, comparou-se as entradas de caixa futuras (VP) com o investimento inicial. As equações 17, 18, 19 e 20 apresentam a memória de cálculo realizada.

$$IL = \frac{VP}{\text{investimento}} \quad (17)$$

$$IL = \frac{\frac{R\$72.884,52}{1,15^1} + \frac{R\$72.884,52}{1,15^2} + \dots + \frac{R\$72.884,52}{1,15^{10}}}{R\$265.810,00} \quad (18)$$

$$IL = \frac{R\$365.790,53}{R\$265.810,00} \quad (19)$$

$$IL = 1,376 > 1 \quad (20)$$

Obteve-se, então, o IL sendo 1,376, ou seja, para cada R\$ 1,00 investido, têm-se um retorno de R\$ 0,376. Além disso, o índice maior que 1 indica a viabilidade do projeto.

Por fim, aqui compete uma importante constatação sobre a implantação do projeto. A RFID, após total depreciação dos ativos, provavelmente será reimplantada, formando um ciclo a cada 10 anos com dispêndios e benefícios. Porém, nos próximos fluxos de caixa não haverá custos de treinamento e de modificação no SAP, visto que os serviços não serão contratados novamente pois supõe-se que os colaboradores saberão usar a tecnologia e o SAP continuará com as modificações realizadas. As etiquetas também serão apenas repostas, como ocorre anualmente, resultando em um custo reduzido em comparação com a despesa com etiquetas obtida no ano 0. Sendo assim, o VPL para as próximas reimplementações será maior que a implantação exposta no presente trabalho. Além disso, é uma tendência a redução de custos dos ativos da tecnologia, melhorando ainda mais os resultados esperados.

### 6.3 Análise de sensibilidade

Para realização da análise de sensibilidade, isolou-se apenas as variáveis-chave que seriam modificadas, permanecendo todo o resto igual. Como o VPL do cenário 1 resultou em um valor negativo, analisou-se a sensibilidade apenas do cenário 2, no qual o VPL encontrado foi maior que zero.

Os valores do VPL e da TIR serão calculados e apresentados em forma de tabelas e gráficos, de forma a identificar os impactos que as mudanças nos parâmetros podem causar no projeto.

#### 6.3.1 Reposição das etiquetas

Para investigar a sensibilidade dos retornos reportados às mudanças nos custos operacionais no cenário 2, variou-se a taxa anual de reposição das etiquetas entre 5% e 95%, mantendo-se a taxa de redução de ajustes de estoques em 10%. A Tabela 7 mostra os resultados do VPL e da TIR gerados a cada iteração.

Tabela 7 – Sensibilidade da reposição de etiquetas

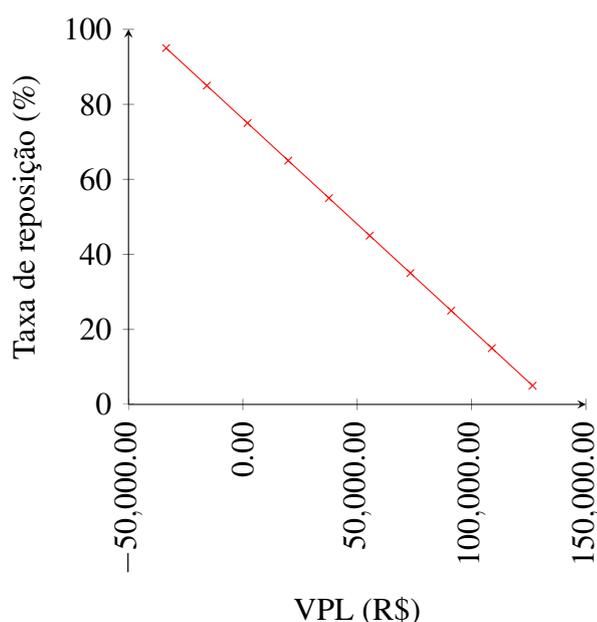
<b>Taxas de reposição</b>	<b>VPL (R\$)</b>	<b>TIR</b>
5%	126.687,10	26,65%
15%	108.882,72	25,09%
25%	91.078,33	23,52%
35%	73.273,95	21,91%
45%	55.469,57	20,28%
55%	37.665,19	18,63%
65%	19.860,80	16,93%
75%	2.056,42	15,20%
85%	-15.747,96	13,43%
95%	-33.552,35	11,60%

Fonte: Elaborado pelo autor

O VPL, apresentado na Tabela 7, permaneceu positivo até o momento em que a taxa de reposição de etiquetas ultrapassou 76,15%. No melhor cenário, quando a taxa de reposição foi de apenas 5%, o VPL chegou à R\$ 126.687,10. À medida que aumentou-se a necessidade da reposição anual, o valor do VPL diminuiu, conforme esperado, chegando à R\$ -33.552,35 para a taxa de 95%. Em relação à TIR, para reposição de 5% a taxa encontrada foi de 26,65%, índice superior à TMA da empresa que é de 15%. Da mesma maneira que o VPL, à medida que a taxa de reposição anual aumentou, a TIR diminuiu, tornando-se menor que a TMA a partir da taxa 76,15%. Sendo assim, conforme resultados encontrados pelo cálculo do VPL e da TIR, o projeto permanece viável enquanto a taxa de reposição é inferior à 76,15%. Para taxas maiores que 76,15%, o projeto se mostrou inviável, visto que a TIR passa a ser menor que a TMA e o VPL, por consequência, se torna negativo.

As Figuras 9 e 10 mostram os gráficos gerados para visualizar o comportamento das curvas do VPL e da TIR.

Figura 9 – Sensibilidade do VPL para reposição de etiquetas



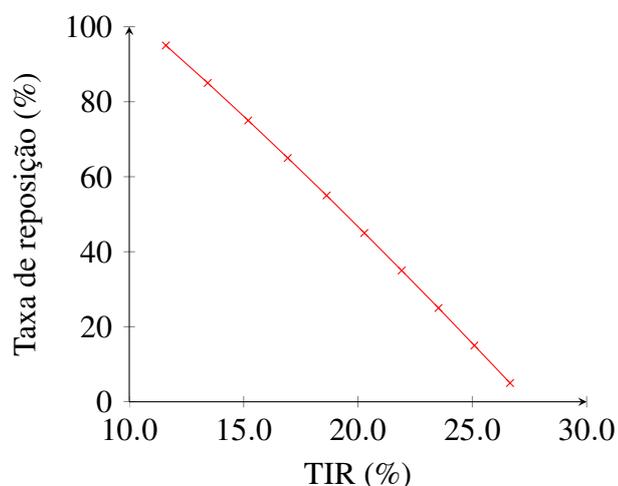
Fonte: Elaborado pelo autor

### 6.3.2 Ajustes de inventário

A sensibilidade dos ajustes de inventário foi obtida variando a taxa dos ajustes considerada como redução no estoque por perdas permanentes, conforme cenário 2. Para isso, variou-se a porcentagem considerando como mínimo 5% e como máximo 15%. A Tabela 8 apresenta as taxas e os respectivos resultados do VPL e da TIR.

De acordo com os resultados obtidos, quando a taxa de ajuste é 5%, o VPL é R\$ -5.450,85 e a TIR é menor que a TMA, indicando que o projeto é inviável para a empresa, pois ela obtém

Figura 10 – Sensibilidade da TIR para reposição de etiquetas



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 8 – Sensibilidade dos ajustes de inventário

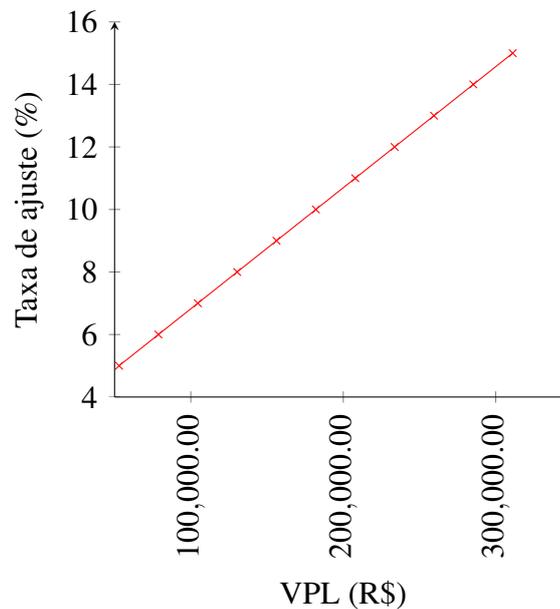
<b>Taxas de ajuste</b>	<b>VPL (R\$)</b>	<b>TIR</b>
5,0%	-5.450,85	14,46%
6,0%	15.635,43	16,53%
7,0%	36.721,70	18,54%
8,0%	57.807,98	20,50%
9,0%	78.894,25	22,42%
10,0%	99.980,53	24,31%
11,0%	121.066,80	26,16%
12,0%	142.153,08	27,99%
13,0%	163.239,35	29,79%
14,0%	184.325,62	31,57%
15,0%	205.411,90	33,33%

Fonte: Elaborado pelo autor

melhores retornos caso ela invista o valor do projeto em outras aplicações. Com efeito, quando a taxa de ajuste aumenta para 5,26%, a TIR se torna maior que a TMA, indicando que o projeto se tornou economicamente viável. O valor do VPL aumenta consideravelmente com o acréscimo da taxa, podendo chegar a R\$ 205.411,90 quando a taxa de ajuste é de 15%.

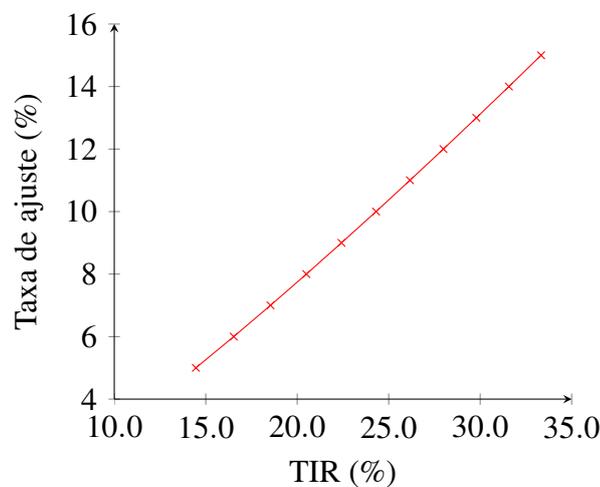
A Figura 11 mostra, através de um gráfico, o comportamento do VPL com o aumento da taxa de ajuste. No mesmo sentido, o gráfico da TIR é apresentado na Figura 12, no qual observa-se que a TIR pode assumir valores abaixo que a TMA à valores maiores que 30% para a faixa de variação da taxa de ajuste analisada.

Figura 11 – Sensibilidade do VPL para ajustes de inventário



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12 – Sensibilidade da TIR para ajustes de inventário



Fonte: Elaborado pelo autor

## 6.4 Análise qualitativa

Ademais, alguns fatores qualitativos mencionados na revisão de literatura merecem ser destacados por serem relevantes no estudo, em particular a visibilidade e a confiabilidade geradas pela tecnologia. Em reuniões sobre o projeto na empresa, a principal demanda levantada foi em relação a melhoria na visibilidade do processo.

Analisando os movimentos de ajuste de inventário no SAP, percebeu-se que a maior usabilidade da função ocorreu no armazém da usina, que fica a, aproximadamente, 5 km de distância do armazém estudado. Devido à essa longa distância entre os dois armazéns, alguns

problemas podem ser identificados: o transporte dos materiais entre os armazéns é realizado por uma empresa terceirizada e, nesse trajeto, o caminhão sai do armazém principal e passa por vias públicas, chegando ao local de armazenagem dentro da usina, que estoca os mesmos materiais em quantidades prontas para consumo. Um medo recorrente é o de haver encolhimento de estoque nesse processo. Por essa razão, a iniciativa de implantar um portal RFID na entrada do armazém de produção permitiria a identificação imediata do encolhimento, possibilitando a atuação rápida da empresa; um segundo problema é o responsável pelo armazém da área de produção alegar o não recebimento de materiais que já foram enviados à ele, impedindo a realização da transferência de materiais de um armazém à outro no sistema.

A automatização do recebimento de materiais no armazém da produção poderia resultar na eliminação de mão de obra do funcionário responsável pelo gerenciamento dos estoques na usina, tendo em vista a visibilidade entre a expedição do armazém principal e o recebimento no armazém de produção. Porém, essa redução deve ser analisada mais detalhadamente pela área responsável, sendo inviável mensurá-la no presente trabalho.

O material é movimentado do armazém para a usina manualmente por meio de uma função no SAP, ou seja, ele é transferido no sistema por um colaborador. Sendo assim, esse processo é passível de erros, visto que podem haver digitação incorreta da quantidade, do código do material a ser transferido ou, até mesmo, não realizar a transferência, seja por esquecimento ou por desatenção. Dessa maneira, o uso da RFID permite maior confiabilidade nas movimentações realizadas, garantindo que os materiais sejam movimentados no sistema com maior rapidez, precisão e sem a interferência humana no processo.

Estima-se que o processo do inventário será o maior beneficiário da implantação da tecnologia RFID, em razão dos tempos reduzidos de 12 horas para 15 minutos semanais. Tendo em vista o ganho em rapidez no processo de inventariar, a tecnologia permite uma reação mais ágil dos colaboradores para solicitar a reposição de materiais quando ocorrer um aumento inesperado no consumo.

Os benefícios gerados pela maior visibilidade e confiabilidade no processo incluem o valor operacional obtido pela reatribuição de colaboradores à tarefas mais apreciadas do que rastrear inventários extraviados e realizar contagens de inventário físico. Essas tarefas rotineiras não apenas reduzem o valor agregado, como também não são motivacionais para os que irão realizá-las.

A análise química dos materiais é enviada junto às notas fiscais e, acidentalmente, pode ser perdida ou descartada durante as movimentações físicas entre um elo e outro da cadeia de suprimentos, resultando no retrabalho de envio da análise química à empresa. Nesse sentido, uma melhoria no serviço seria a inclusão das análises químicas às etiquetas RFID. Com isso, saberia-se exatamente qual a especificação química daquele material recebido, considerando que as especificações variam entre uma remessa e outra de materiais de um mesmo fornecedor, pois há um limite tolerado de variabilidade. Essa inclusão permitiria um controle mais rigoroso nas composições químicas de cada matéria-prima, garantindo a qualidade desejada na produção do

aço.

Outro problema que pode ocorrer no atual processo é a identificação incorreta dos materiais. Por exemplo, os materiais recebidos podem ser identificados errados devido à semelhança em relação à outros materiais do mesmo processo, podem ser separados para expedição incorretamente e, até mesmo, inseridos na produção por engano, caso se confunda os materiais. Com isso, a corrida do aço seria completamente comprometida, tendo em vista a adição inapropriada do material. Erros dessa proporção podem gerar à empresa prejuízo de centenas de milhares, pois toda a corrida é descartada. Por isso, é imprescindível a correta identificação de cada material.

Por fim, uma importante etapa no processo de transporte dos materiais do armazém para a usina poderia ser eliminada. Atualmente, todos materiais que chegam do fornecedor no armazém são pesados na balança da empresa antes de serem estocados no armazém. Ao enviar os materiais do armazém principal em direção ao armazém de produção localizado na usina, o motorista deve pesar novamente esses materiais na balança para aferir o peso da nova carga. Com o uso da tecnologia, a informação sobre o peso dos materiais poderia ser adicionada nas próprias etiquetas na primeira pesagem, evitando que se repita a operação quando os materiais são enviados do armazém à usina. A eliminação dessa atividade garantirá uma melhor prestação de serviço aos usuários da usina, permitindo que os materiais sejam recebidos em menor tempo. Porém, essa redução não eliminará o caminhão responsável pelas entregas, mas aumentará o nível do serviço prestado.

Diante dos expostos, fica claro que os benefícios qualitativos de visibilidade, confiabilidade e acurácia que a implantação da RFID proporcionaria no processo de estocagem são altamente propícios à valorização do projeto.

## 7 Considerações finais

A presente pesquisa retratou a análise de viabilidade econômica para a implantação da tecnologia RFID em um armazém de matérias-primas de uma usina siderúrgica. Por meio do caso prático estudado, permitiu-se conhecer as principais dificuldades enfrentadas pela empresa em relação à gestão dos estoques.

Foram realizadas reuniões junto aos colaboradores, permitindo que os fatores problemáticos críticos, que poderiam ser minimizados com o uso da RFID, fossem detectados e discutidos do trabalho. Elaborou-se, então, dois fluxos de caixa: o primeiro, nomeado cenário 1, não considerou a redução de custos devido à redução de ajustes de inventário; o segundo, denominado cenário 2, considerou uma redução de 10% de ajuste de inventário.

Após a construção do primeiro fluxo de caixa líquido do investimento e dos cálculos do VPL e da TIR, verificou-se que o projeto não possuía viabilidade econômica, sendo o valor do VPL R\$ -110.882,22. Na análise do segundo cenário, adicionou-se ao FCL o benefício gerado pela redução de ajustes de inventário relacionados à materiais perdidos permanentemente e calculou-se novamente o VPL. Os novos resultados mostraram uma viabilidade econômica, tendo como parâmetro o VPL de R\$ 99.980,53 e a TIR sendo 24,31%, valor maior que a TMA informada pela empresa.

Para diminuir a tendenciosidade que poderia estar implícita na pesquisa, realizou-se uma análise de sensibilidade no segundo cenário para as variáveis-chave (1) reposição anual de etiquetas RFID, variando a taxa de reposição entre 5% e 95%, e (2) redução de ajustes de inventário para materiais perdidos, variando a taxa redução de ajuste entre 5% e 15%. Para a reposição de etiquetas, verificou-se que não há viabilidade no projeto quando a taxa de substituição é superior à 76,15%, pois a TIR se torna menor que a TMA e o VPL se mostra negativo. Porém, para taxas de reposição inferiores à 76,15%, a TIR supera a TMA e o VPL pode chegar à R\$ 126.687,10 quando a taxa de reposição é 5%. Em relação à redução de custo por ajustes de inventário, observou-se que o investimento torna-se viável quando se obtém redução de ajuste acima de 5,26%, pois, abaixo dessa taxa, a TIR é menor que a TMA. Sendo assim, para taxas de ajuste maiores que 5,26%, a TIR se torna maior que a TMA. Por conseguinte, quando a taxa de ajuste marcou 15%, o VPL chegou a R\$ 205.411,90. Os resultados obtidos pela sensibilidade podem ser utilizados pela organização para avaliar os cenários possíveis e auxiliar na decisão sobre a implantação do projeto.

Além da parte quantitativa, verificou-se que a RFID possui muitos benefícios qualitativos que se tornaram imensuráveis na presente análise de viabilidade econômica. Sendo assim, apresentou-se uma série de benefícios que podem valorizar o projeto devido ao aumento na visibilidade, na acurácia e na confiabilidade geradas com o uso da tecnologia nos estoques.

Como sugestão de pesquisas futuras, sugere-se mensurar os custos envolvendo os benefícios apresentados que não foram possíveis mensurar no presente trabalho, como, por exemplo, a

redução no tempo de espera na balança. Além disso, é indicado realizar uma pesquisa qualitativa mais aprofundada no assunto, para verificar como a organização enfrenta os problemas relatados e quais impactos sobre o processo. Caso o projeto seja implantado, sugere-se analisar os ganhos econômicos obtidos pela acuracidade, visibilidade e confiabilidade dos estoques após o uso da tecnologia RFID no armazém. Uma quarta sugestão é analisar a viabilidade da implantação do RFID nos materiais do almoxarifado, que, geralmente, são itens menores e de maior quantidade. Considerando que toda implantação de tecnologia gera um impacto social, indica-se a realização de um estudo sobre as consequências da implantação da RFID para as pessoas da organização. Por fim, sugere-se ampliar o estudo de implantação do RFID no sistema produtivo considerando toda a cadeia de suprimentos, pois este processo é a tendência da indústria 4.0 e permite grandes vantagens operacionais, como foi discutido no presente trabalho.

# Referências

- ALMEIDA, T. D. de; CAVALCANTE, C. G. S.; FETTERMANN, D. de C. Indústria 4.0: tecnologias e nível de maturidade de suas aplicações. *Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento do Produto*, 2017.
- ALYAHYA, S.; WANG, Q.; BENNETT, N. Application and integration of an rfid-enabled warehousing management system – a feasibility study. *Journal of Industrial Information Integration*, v. 4, p. 15–25, 2016.
- ARNOLD, J. T. R. *Administração de materiais: uma introdução*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- BALLOU, R. H. *Gestão da cadeia de suprimentos/logística empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BARBOSA, M. J. P.; CARMO, L. F. R. R. S. do; LOPES, L. A. S. Estudo de viabilidade de implantação de rfid no armazém do depósito de subsistência da marinha rio de janeiro. *XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP*, 2011.
- BORGMANN, V. P.; NUNES, F. de L. Análise da viabilidade econômica da proposta de implantação de rfid em processos de expedição em uma empresa moveleira: um estudo de caso. *Latin American Journal of Business Management*, 2016.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. *Gestão da cadeia de suprimentos e logística*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. *Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operações*. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- CONDEA, C.; THIESSE, F.; FLEISCH, E. Rfid-enabled shelf replenishment with backroom monitoring in retail stores. *Decision Support Systems*, v. 52, p. 839–849, 2012.
- DAI, H.; TSENG, M. M. The impacts of rfid implementation on reducing inventory inaccuracy in a multi-stage supply chain. *International Journal of Production Economics*, v. 139, p. 634–641, 2012.
- DOERR, K. H.; GATES, W. R.; MUTTY, J. E. A hybrid approach to the valuation of rfid/mems technology applied to ordnance inventory. *International Journal of Production Economics*, v. 103, p. 726–741, 2006.
- FAN, T. et al. Impact of rfid technology on supply chain decisions with inventory inaccuracies. *International Journal of Production Economics*, v. 159, p. 117–125, 2015.
- FAN, T.-J. et al. Benefits of rfid technology for reducing inventory shrinkage. *International Journal of Production Economics*, v. 147, p. 659–665, 2014.
- FAROLA, B. A. P. *Projeto de análise técnico-econômica da tecnologia RFID na distribuição alimentar*. 2013.
- GROPPELLI, A. A.; NIKBAKHT, E. *Administração financeira*. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

GUARNIERI, P. et al. Warehouse management system: adaptação proposta para o gerenciamento da logística reversa. *Produção*, v. 16, p. 126–139, 2006.

ISBC. *Technologies of RFID identification*. 2015. Disponível em: <[http://isbc-rfid.com/\\_applications/id\\_25/](http://isbc-rfid.com/_applications/id_25/)>. Acesso em: 20 jun. 2019.

LEE, H.; ÖZER Özalp. Unlocking the value of rfid. *Production and Operations Management Society*, v. 16, n. 1, p. 40–64, 2007.

LEUNG, J.; CHEUNG, W.; CHU, S.-C. Aligning rfid applications with supply chain strategies. *Information Management*, v. 51, p. 260–269, 2014.

LIM, M. K.; BAHAR, W.; LEUNG, S. C. Rfid in the warehouse: A literature analysis (1995–2010) of its applications, benefits, challenges and future trends. *International Journal of Production Economics*, 2013.

MARTINS, R. A. Abordagens quantitativa e qualitativa. In: MIGUEL, P. A. C. (Ed.). *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012. p. 47–63.

MESQUITA, F. B. Avaliação da viabilidade de sistemas rfid. São Paulo, 2011.

METZGER, C. et al. The impact of false-negative reads on the performance of rfid-based shelf inventory control policies. *Computers Operations Research*, v. 40, p. 1864–1873, 2013.

MORETTI, E. de A. *Estudos das dificuldades observadas na implantação de sistemas RFID*. 2017.

PEDROSO, M. C.; ZWICKER, R.; SOUZA, C. A. de. Adoção de rfid no brasil: um estudo exploratório. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 10, n. 1, 2009.

PERIN, E. Brascol investe no controle de estoque eficiente. *RFID Journal Brasil*, 2014. Disponível em: <<https://brasil.rfidjournal.com/noticias/vision?11447/>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

PERIN, E. Um bom exemplo brasileiro para o mundo. *RFID Journal Brasil*, 2015. Disponível em: <<https://brasil.rfidjournal.com/notas-do-editor/vision?13320/>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

PERIN, E. Correios consumirão 461 mi tags até 2021. *RFID Journal Brasil*, 2018. Disponível em: <<https://brasil.rfidjournal.com/noticias/vision?17714/>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

PERIN, E. Levi's controla estoque com acerto próximo de 100%. *RFID Journal Brasil*, 2019. Disponível em: <<https://brasil.rfidjournal.com/estudos-de-caso/vision?18657/>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

PWC, P. Indústria 4.0: digitização como vantagem competitiva no brasil. *Pesquisa Global sobre a Indústria 4.0 - Construindo a empresa digital no Brasil*, 2016. Disponível em: <<https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria-negocios/2016/pwc-industry-4-survey-16.pdf>>. Acesso em: 24 mai. 2019.

ROBERTI, M. *The history of RFID technology*. 2005. Disponível em: <<https://www.rfidjournal.com/articles/view?1338>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

ROPER, K. O.; SEDEHI, A.; ASHURI, B. A cost-benefit case for rfid implementation in hospitals: adapting to industry reform. *Facilities*, v. 33, p. 367–388, 2016.

- SAMANEZ, C. P. *Engenharia econômica*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- SARAC, A.; ABSI, N.; DAUZÈRE-PERES, S. A literature review on the impact of rfid technologies on supply chain management. *International Journal of Production Economics*, v. 128, p. 77–95, 2010.
- SRIVASTAVA, B. Radio frequency identification technology: The next revolution in scm. *Business Horizons*, p. 60–68, 2004.
- SUGIMURA, H. Os desafios da indústria 4.0 no brasil. *RFID Journal Brasil*, 2018. Disponível em: <<https://brasil.rfidjournal.com/artigos/vision?17704>>. Acesso em: 05 jun. 2019.
- TAJIMA, M. Strategic value of rfid in supply chain management. *Journal of Purchasing and Supply Management*, v. 13, p. 261–273, 2007.
- TAO, F. et al. Impact of rfid technology on inventory control policy. *Journal of the Operational Research Society*, v. 68, 2016.
- YAN, L. et al. *The Internet of Things: From RFID to the Next-Generation Pervasive Networked Systems*. New York: CRC Press, 2008.
- ZHU, X.; MUKHOPADHYAY, S. K.; KURATA, H. A review of rfid technology and its managerial applications in different industries. *Journal of Engineering and Technology Management*, v. 29, p. 152–167, 2012.



---

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas  
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



## TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA RFID EM UM ARMAZÉM DE UMA SIDERÚRGICA” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 30 de Julho de 2019.

Izabela de Oliveira Santos