

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL**

**PÂMELA GABRIELLE CRUS**

**UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO  
PROCESSO DE REVISÃO DE TECIDOS NA INDÚSTRIA TÊXTIL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**APUCARANA**

**2019**

PÂMELA GABRIELLE CRUS

**UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO  
PROCESSO DE REVISÃO DE TECIDOS NA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Juliana Castanon Xavier  
Co-orientador: Prof. Dr. Fábio Alexandre Pereira Scacchetti

APUCARANA

2019



**Ministério da Educação**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Apucarana  
COENT – Coordenação do curso superior em Engenharia Têxtil



### **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Título do Trabalho de Conclusão de Curso:**

**Uma proposta de aplicação de inteligência artificial no processo de revisão de tecidos na indústria têxtil**

por

PAMELA GABRIELLE CRUS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado aos vinte e seis dias de novembro de dois mil e dezenove, às quatorze horas e trinta minutos, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Têxtil do curso de Engenharia Têxtil da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinado. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

PROFESSOR(A) JULIANA CASTANON XAVIER – ORIENTADORA

---

PROFESSOR (A) LEANDRO VICENTE GONÇALVES – EXAMINADOR(A)

---

PROFESSOR(A) PATRÍCIA MELLERO MACHADO CARDOSO – EXAMINADOR(A)

\*A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## RESUMO

CRUS, Pâmela Gabrielle. Uma proposta de aplicação de inteligência artificial no processo de revisão de tecidos na indústria têxtil. 2019. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Têxtil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2019.

A busca pelo aprimoramento do processo produtivo vem se intensificando em virtude do surgimento de novas tecnologias, que surgem através da ruptura de padrões da indústria tendo como principais marcos as quatro revoluções industriais. Atualmente, a indústria encontra-se na quarta revolução industrial, também chamada de Indústria 4.0, que possui como característica fundamental a aplicação de meios computacionais para obter uma rede adaptável e independente, evolução esta que implicará grandes modificações em todas as indústrias, inclusive as do segmento têxtil. A revisão ou inspeção visual do tecido plano é um processo de controle de qualidade da cadeia produtiva têxtil que depende do operador para executá-la. Essa operação tem como objetivo revisar e classificar o material conforme a normatização da ABNT NBR 13484:2004. À vista disso, este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo da arte sobre o tema, especificamente como ele é feito no Brasil atualmente, e propor o uso de inteligência artificial para automação do processo de revisão de tecidos planos através da implementação de uma rede neural em um problema de detecção de anomalias utilizando imagens de uma base de dados. Espera-se argumentar sobre a aplicabilidade desse tipo de ferramenta durante a execução do processo de revisão e classificação de tecidos com base na norma ABNT, apontando as etapas desse processo e os desafios de execução.

**Palavras-chaves:** Indústria 4.0. Inspeção ou Revisão de tecido. Inteligência artificial. Método de detecção de anomalias. Tecido plano.

## ABSTRACT

CRUS, Pâmela Gabrielle. A proposal for the application of artificial intelligence in the fabric review process in the textile industry. 2019. 49 f. Undergraduate thesis – Textile Engineering. Federal University of Thecnology of Paraná. Apucarana, 2019.

The search for the improvement of the production process has been intensifying due to the emergence of new technologies, which arise through the rupture of industry standards that has as its main milestones the four industrial revolutions. Nowadays, an industry is in the fourth industrial revolution, also called Industry 4.0, which has as its fundamental resource an application of computational means to achieve an adaptive and independent change, evolution that implies major changes in all industries, including as follows textile. A visual inspection or inspection of the flat fabric is a quality control process of the textile production chain that depends on the operator to perform it. This operation aims to review and classify the material according to the standardization of ABNT NBR 13484: 2004. In this exhibition, this work aims to present an art study on the subject, including how it is currently made in Brazil, and proportion of use of Artificial intelligence for automation of the tissue review process using a neural network execution in an anomaly detection problem using images from a database. It is expected to argue about the applicability of this type of tool during the execution of the tissue revision and classification process based on the ABNT standard, to record the stages of this process and the implementation challenges.

**Keywords:** Industry 4.0. Review of fabrics. Artificial intelligence. Anomaly detection method. Flat fabric.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Revolução industrial.....	16
Figura 2 – Fluxograma da cadeia produtiva têxtil.....	18
Figura 3 – Estrutura do tecido plano. ....	21
Figura 4 – Esquema em blocos do sistema nervoso.....	28
Figura 5 – Modelo não-linear de um neurônio com sinais de entrada e saída destacados em azul e vermelho, respectivamente.....	30
Figura 6 – Exemplos de imagens de tecidos com defeitos. ....	36
Figura 7 – Representação do algoritmo dos dados utilizados. ....	38
Figura 8 – Rede neural de treinamento – parte inicial.....	39
Figura 9 – Rede neural de treinamento – parte final/treinamento. ....	40
Figura 10 – Rede neural de teste. ....	41
Figura 11 – Número de iterações vs. erro, na fase de treinamento da rede neural...	42

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação dos setores produtivos com os defeitos. ....	27
Quadro 2 – Resumo do algoritmo de convergência do <i>Perceptron</i> .....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pontuação por anomalias.....	26
---	----



## LISTA DE ABREVIATURAS

***et al.*** e outros(as)  
***vs.*** versus

## LISTA DE SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>AP</b>	Apucarana
<b>CONMETRO</b>	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.
<b>CO</b>	Algodão
<b>DAMAT</b>	Departamento Acadêmico de Matemática
<b>IoT</b>	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
<b>NBR</b>	Norma Brasileira
<b>MBC</b>	Movimento Brasil Competitivo
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>PR</b>	Paraná
<b>SENAI</b>	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
<b>TCC</b>	Trabalho de Conclusão de Curso
<b>UTFPR</b>	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>%</b>	Porcentagem
<b>±</b>	Mais ou menos
<b>≠</b>	Diferente
<b>&lt;</b>	Menor
<b>≤</b>	Menor ou igual
<b>&gt;</b>	Maior
<b>≥</b>	Maior ou igual
<b>°C</b>	Graus Celsius
<b><i>cm</i></b>	Centímetros
<b><i>g</i></b>	Gramas
<b><i>m</i></b>	Metro
<b><i>m</i><sup>2</sup></b>	Metro quadrado

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>1.1. Objetivos</b> .....	14
1.1.1. Objetivo geral .....	14
1.1.2. Objetivos específicos .....	14
<b>1.2. Justificativa</b> .....	14
<b>2. INDÚSTRIA TÊXTIL</b> .....	16
<b>2.1. Fibras Têxteis</b> .....	19
<b>2.2. Fiação</b> .....	20
<b>2.3. Formação do Tecido</b> .....	21
<b>2.4. Beneficiamento Têxtil</b> .....	22
<b>2.5. Confeção</b> .....	23
<b>2.6. Controle de Qualidade</b> .....	23
2.6.1. Revisão ou inspeção de tecidos.....	24
2.6.2. Método de detecção de anomalias .....	27
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	33
<b>3.1. Materiais</b> .....	33
<b>3.2. Métodos</b> .....	33
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	36
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	43
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	46

## 1. INTRODUÇÃO

Recentemente, a indústria têxtil brasileira foi impulsionada através da abertura econômica que proporcionou mais competitividade no âmbito nacional e internacional nesse mercado, essencialmente devido às reduções das tarifas e outras restrições que existiam, sobretudo no comércio internacional (TAVES, 2013). A cadeia produtiva têxtil no Brasil contempla vários segmentos de processamento e fabricação do artigo, ou seja, é formada por um conjunto de processos que vai desde da introdução da matéria-prima até a saída do produto final confeccionado (HAGUENAUER *et al.*, 2001).

Com o acréscimo da concorrência, buscou-se cada vez mais estratégias competitivas com base principalmente em inovações tecnológicas, com a adesão de sistemas e máquinas automatizadas. Por meio dessa automação, essa indústria procurou simplificar as operações mediante o controle de gastos dos *inputs* de seu processo, a padronização de suas sequencias operacionais, prolongamento da viabilidade de se modificar a manufatura, redução do tempo de entrega, aumento da qualidade do artigo e preço adequado (FREIRE; DUARTE; PIMENTAL, 2005).

Nesse trabalho, essa tecnologia está associada ao aspecto computacional, ao reconhecimento de imagens, à inteligência artificial e ao aprendizado de máquinas. Relaciona-se diretamente com a área de engenharia de sistemas que tem sido aplicada nas atividades de supervisão do controle de qualidade com o objetivo de controlar máquinas na produção (BRUNO, 2016).

Mais especificamente, propõe-se estudar a aplicabilidade do uso dessas tecnologias no processo de revisão de tecidos planos. Geralmente, são funções essenciais para a automação da revisão de tecidos em escala industrial, as seguintes etapas: exploração e a imposição das restrições de uma cena, a captura de imagens, análise das imagens capturadas, reconhecimento de objetos e de suas características, e iniciação de ações subsequentes com finalidade de aceitar ou rejeitar os objetos correspondentes (BRUNO, 2016).

## **1.1. Objetivos**

### 1.1.1. Objetivo geral

Propor a viabilidade do uso de inteligência artificial para automação do processo de revisão de tecidos planos.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- Apresentar um estudo da arte sobre o tema de revisão de tecidos planos e como esse processo é feito no Brasil atualmente.
- Implementar uma rede neural em um problema de detecção de anomalias, utilizando imagens de uma base de dados.
- Argumentar sobre a aplicabilidade desse tipo de ferramenta durante a execução do processo de revisão e classificação de tecidos com base na norma da ABNT 13484:2004, apontando as etapas desse processo e os desafios de execução.

## **1.2. Justificativa**

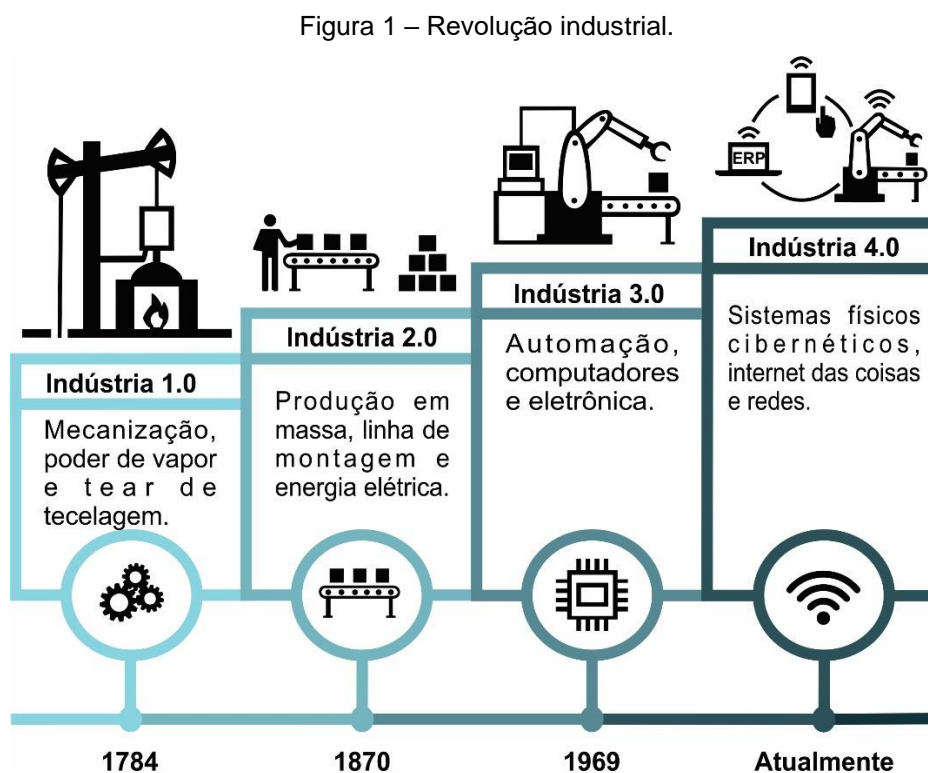
Na cadeia produtiva têxtil, a necessidade de aprimoramento do processo e produto, levam à indústria a uma constante busca por inovações tecnológicas que podem possibilitar uma linha produtiva mais eficiente e humana para aqueles que a operam. Essas tecnologias surgem, em sua maioria, por meio de revoluções e quebras de paradigmas existentes, e são concentradas principalmente no desenvolvimento de ferramentas computacionais. Hoje, a inteligência artificial é vista como a inovação tecnológica primordial para a criação e/ou aperfeiçoamento dos métodos produtivos.

O processo de inspeção visual do tecido, em geral, consiste em uma operação altamente dependente do fator humano para identificar e classificar defeitos no artigo analisado. Nesse sentido, espera-se que a proposta do uso de uma inteligência artificial nessa etapa do processo, seja capaz não só de melhorar a linha produtiva

como um todo, pois acredita-se que uma inteligência artificial seja menos suscetível a erros do que o olho humano e que execute a operação de maneira mais rápida, como também de aprimorar a atividade do operador e a qualidade do artigo final.

## 2. INDÚSTRIA TÊXTIL

No decorrer da história, houveram fatos marcantes que delinearam a revolução industrial, no qual a indústria têxtil teve grande participação. Durante esse processo de revolução industrial, essencialmente aconteceu a inserção de máquinas, energia elétrica e dados tecnológicos. Atualmente, a indústria encontra-se no contexto da quarta revolução industrial em virtude da utilização da internet “das coisas e serviços” nos meios de produção, denominada também como Indústria 4.0 (STOJKIC; VEZA; BOSNJAK, 2016). Na Figura 1, ilustram-se as principais características dessas revoluções.



Fonte: Adaptado de Cline (2017).

A Indústria 4.0 pode ser definida como uma forma de combinar o mundo real e o virtual, usando a implementação de sistemas *cyber*-físicos e a internet das coisas (*Internet of Things - IoT*), empregando-os dentro dos produtos e processos com o intuito de constituir uma rede flexível e autônoma entre seus *stakeholders* (MOESTER, 2017).

A cadeia produtiva têxtil no Brasil abalou-se fortemente pelo processo de abertura da economia, sobretudo na década de 90. Com a redução gradual dessa



área, a administração empresarial não muito dinâmica de determinados empreendimentos, e o protecionismo predominantes até o começo dos anos 90, ocasionaram custos de produção distintos dos padrões globais (OLIVEIRA, 1997). Essa liberação econômica resultou num processo de reformulação operacional que provocou à decadência da produção em certos segmentos, levando algumas empresas à falência (KON; COAN, 2005).

Ainda nesse cenário, o Brasil continuou perdendo a concorrência e comércio na área têxtil e de confecção no decorrer dos primeiros anos do século XXI, embora houvesse mundialmente um intenso aumento na compra de artigos têxteis e confeccionados. Diante desse contexto, para que as indústrias do ramo produtivo têxtil e de confecções permanecessem no mercado, foi essencial criar estratégias competitivas distintas, fundamentadas na aplicação da inovação tecnológica como uma ferramenta importante para colocação das mesmas no mercado internacional (COSTA; ROCHA, 2009).

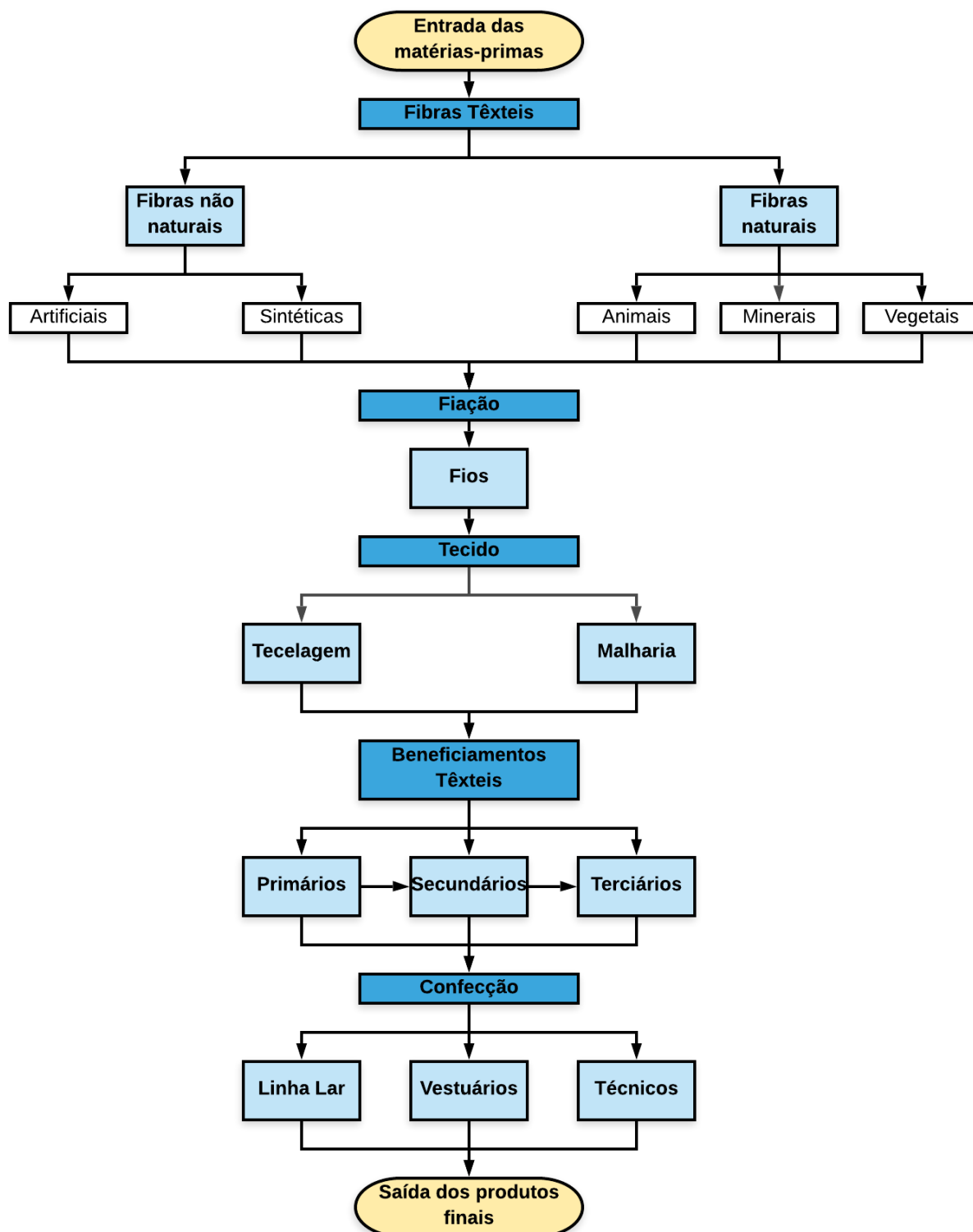
A inovação tecnológica proporciona às indústrias a redução dos lotes de fabricação e a obtenção de modificações imediatas no artigo, além de contribuir para a identificação de problemas/incapacidades e o controle da qualidade dos itens. Além disso, tem a capacidade de aperfeiçoar máquinas/equipamentos já empregados, por meio das aplicações de recursos computacionais, visando a melhora do desempenho destas e os empregos de seus *inputs* (COSTA; ROCHA, 2009).

Dessa forma, as empresas, sobretudo às brasileiras, buscam novas alternativas tecnológicas, sejam elas elaboradas, aprimoradas ou modificadas, a fim de atender suas carências. Além disso, no contexto da indústria 4.0, também é necessário modernizar os meios de produção, de modo a garantir a competitividade da indústria no mercado através da diminuição de custos, do acréscimo da qualidade, da melhora das condições de trabalho, da preservação do meio ambiente e da produção da indústria como um todo (MBC, 2008).

O processo de produção têxtil começa com a entrada de matérias primas, que podem ser não naturais ou naturais. Essas matérias primas são encaminhadas posteriormente para a fiação, de modo que só então se tornam fios. Em seguida, os fios são destinados para a tecelagem ou malharia, onde ocorrerá a formação dos tecidos planos ou de malhas. Após essa etapa, podem ser realizados processos de beneficiamentos têxteis, como por exemplo: primários, secundários e terciários. Por fim, são enviados para a confecção, tornando-se artigos confeccionados para os

segmentos da linha lar, dos vestuários e técnicos (VALOR ECONÔMICO, 2006). Na Figura 2, está representado o fluxograma da cadeia produtiva têxtil.

Figura 2 – Fluxograma da cadeia produtiva têxtil.



Fonte: Adaptado de Bezerra (2015).

## 2.1. Fibras Têxteis

As fibras têxteis podem ser definidas como materiais têxteis compostos por matérias não naturais e/ou matérias naturais, que possuem uma elevada relação entre suas dimensões e diâmetros, além de outras propriedades como a flexibilidade, suavidade, elasticidade, resistência, tenacidade e finura que são apropriados para aplicações têxteis (CONMETRO, 2008; BACARIN, 2015).

As fibras não naturais, conhecidas também como fibras químicas, que dividem-se em artificiais e sintéticas, foram primordialmente elaboradas com a finalidade de reproduzir e aprimorar as particularidades e atributos das fibras naturais (ROMERO *et al.*, 1995).

As fibras artificiais, denominadas também de fibras regeneradas, são provenientes de matérias naturais visando a produção de uma fibra que tenha uma estrutura química final idêntica ou parecida com o insumo empregado em sua fabricação. Uma matéria muito utilizada com esse fim é a celulose (KUASNE, 2008).

As fibras sintéticas são classificadas em orgânicas ou inorgânicas conforme sua origem: a primeira é adquirida a partir da síntese de matérias orgânicas, como por exemplo os polímeros derivados do petróleo; a segunda, é obtida essencialmente por meio da síntese de compostos químicos inorgânicos (KUASNE, 2008; ROMERO *et al.*, 1995).

Já as fibras naturais possuem três seguimentos, sendo estes classificados de acordo com suas procedências: animal, mineral e vegetal. Em cada seguimento destacam-se algumas fibras, sendo na categoria vegetal a fibra de algodão (CO) a mais importante, visto que é a mais aplicada na cadeia produtiva têxtil (ALCÂNTARA; DALTIM, 1996; KUASNE, 2008; OLIVEIRA, 1997).

O algodão é a fibra têxtil mais utilizada na história há mais de 7 milênios. É formado essencialmente de celulose, ceras naturais e proteínas, e é caracterizado como uma fibra unicelular proveniente da semente do algodoeiro (*Gosypium*) com propriedades morfológicas das fibras vegetais (ALCÂNTARA; DALTIM, 1996; GONÇALVES *et al.*, 2003; LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

Na atualidade, as fibras de algodão são as mais empregadas nos setores produtivos da cadeia têxtil brasileira, representando 4% do PIB industrial e 13,5% do PIB industrial têxtil. Também correspondem a cerca de 80% do material têxtil utilizado

na fiação e 65% na tecelagem, totalizando um consumo de 70% das matérias primas utilizadas nessa indústria (SENAI, 2015; FREIRE; DUARTE; PIMENTAL, 2005).

As características e/ou propriedades do algodão são as responsáveis por sua grande utilização. De acordo com Lobo, Limeira e Marques (2014) e SENAI (2015), pode-se destacar:

- Toque agradável e aconchegante.
- Coloração variando desde do branco até pardacento.
- Elasticidade e resistência ao amassamento consideráveis.
- Boa taxa de recuperação de umidade.
- Elevada capacidade de absorção de umidade.
- Capacidade de acumular por volta de 50% do seu peso de água quando molhado.
- Retenção de calor de forma satisfatória.
- Grande resistência à lavagem e à fervura.

À vista disso, é considerada a fibra mais flexível em termos de sua versatilidade na fabricação de produtos têxteis, sendo empregado na manufatura de fios e tecidos nos setores de fiação, malharia e tecelagem (SENAI, 2015; LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

Nas próximas seções serão apresentadas as etapas do elo produtivo, especificamente da fibra de algodão, devido a sua grande aplicabilidade e utilização na área têxtil para mostrar posteriormente mostrar a aplicabilidade do método para identificação dos defeitos que geralmente são identificados durante a etapa de revisão de tecidos.

## **2.2. Fiação**

O setor de fiação fabrica fios a partir da entrada da matéria-prima em sua linha produtiva, baseando-se na modificação da manta ou pasta polimérica em fio, por meio da torção e alongamento dos materiais fibrosos. O alongamento consiste no deslizamento das fibras umas contra as outras, resultando na estiragem do feixe que forma o fio. A torção do fio proporciona resistência a tração, podendo ser feito de duas

maneiras: torção “S” no sentido anti-horário e na direção esquerda ou torção “Z” no sentido horário e na direção direita (SENAI, 2015; LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

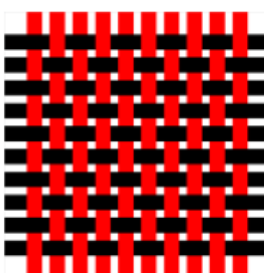
Essa operação pode ser dividida em fiação química e fiação fiada. A fibra de CO passa pelo processo de fiação fiada, que é o método de transformação das fibras cortadas em fios, passando por etapas de limpeza, paralelização, estiragem e torção. Esse processo pode ser subdividido em fiação de fibra curta e fibra longa, podendo ser a primeira desempenhada pelo processo de fiação: convencional (cardado e penteado), *open end* e a ar; já a segunda, consegue-se aplicar somente o convencional (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

### 2.3. Formação do Tecido

Os teares são os responsáveis pela formação dos tecidos, podendo ser estes teares de tecelagem ou malharia. Mais especificamente, os tecidos planos são produzidos pelo setor de tecelagem, que necessita da preparação anterior do fio, como as etapas de urdimento e de engomagem, e só posteriormente acontece o tecimento propriamente dito. Em seguida, realiza-se o entrelaçamento dos fios de trama (horizontal) e urdume (vertical) em ângulos retos, diversificando sua estrutura de acordo com a padronagem preestabelecida (RODRIGUES, 1996; SENAI, 2015).

O tear empregado na fabricação de tecidos planos dispõe de três categorias tecnológicas distintas, sendo estas: manuais, mecânicas ou automáticas (VIANA; ROCHA; NUNES, 2008). A estrutura desse tipo de material proporciona características únicas à ele, como: aparência, estabilidade dimensional, maior rigidez, resistência a abrasão e entre outros (SANCHES, 2006). Na Figura 3, demonstra-se a estrutura básica do tecido plano.

Figura 3 – Estrutura do tecido plano.



Fonte: Almeida (2017).

Na tecelagem, o desenvolvimento de novas tecnológicas acontecem mediante a produção de teares mais rápidos, aplicando recursos microeletrônicos que concedem mais versatilidade e controle dessa linha produtiva (BRAGA JÚNIOR, 1999). Na perspectiva tecnológica, o tear é independente dos demais maquinários, sendo oposto aos empregados na fiação. Nessa área, as indústrias normalmente são anexas ao setor de fiação, principalmente no ramo de algodão. Há também, algumas unidades industriais de tecelagem que contam até mesmo com o setor de confecção dentro de sua planta fabril (TAVES, 2013).

#### **2.4. Beneficiamento Têxtil**

A etapa de beneficiamento têxtil consiste em um agrupamento de operações que proporcionam ao material têxtil o aperfeiçoamento de suas características e/ou propriedades visuais e técnicas que acrescentam mais valor de mercado (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014; SENAI, 2015). Ou seja, esta é a área responsável pela agregação de enriquecimento dos artigos têxteis, dividindo-se em três categorias: primário, secundário e terciário (SENAI, 2015).

O beneficiamento primário tem como função realizar a preparação do material para as operações posteriores à ela, viabilizando basicamente a limpeza desse material, retirando impurezas, como graxas naturais do material ou graxas provenientes dos processos produtivos. Esse processo possui diversas técnicas, como: navalhagem, chamuscagem, pré-fixação, desengomagem, purga, mercerização, caustificação e alvejamento (SENAI, 2015).

O beneficiamento secundário é o processo encarregado de dar cor ao material, de maneira parcial ou completa, denominados respectivamente de estamparia e tingimento. A estamparia, proporciona uma coloração segmentada no substrato têxtil, sendo os principais tipos: quadro manual e automático; rotativa ou por cilindros; termotransferência. Já o tingimento, é o processo que colore o material completamente por meio do uso de corantes ou pigmentos, que variam de acordo com a fibra, máquina e insumos empregados (SENAI, 2015).

O beneficiamento terciário, também é intitulado de beneficiamento final, é o procedimento que melhora as características físico-químicas do artigo têxtil, com o intuito de que esse substrato atenda as expectativas em sua aplicação final. As classes desse processo distribuem-se em: físicos, químicos, físico-químicos e biológicos

(SENAI, 2015). O objetivo desta etapa é proporcionar ao artigo têxtil um melhor toque, estabilidade dimensional e atributos especiais, como: impermeabilidade, antichama e isolamento térmico (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

Algumas características e/ou propriedades da fibra do algodão fazem com que os materiais constituídos por ele passem por diversas etapas de beneficiamento conforme sua aplicação final. Segundo Lobo, Limeira e Marques (2014), as principais são:

- Baixo grau de pureza.
- Brilho e aspecto apagado.
- Crescimento de micro-organismos e/ou desenvolvimento de bolores devido a ação da umidade por tempo prolongado em temperatura ambiente.
- Comportamento térmico ao calor constante.
- Ação do calor em temperaturas acima de 200 °C.

## **2.5. Confeccção**

O setor de confeccção é o último processo da cadeia produtiva têxtil, sendo o responsável pela transformação da matéria prima em artigos confeccionados. Esses artigos serão posteriormente designados ao cliente final, como: vestuário, produtos da linha lar e produtos técnicos. Deve-se destacar que o insumo utilizado nesse processo é o resultado da junção de todos os produtos finais gerados nos segmentos predecessores (ALENCAR *et al.*, 2015).

Essa linha produtiva engloba inúmeras etapas, desde a criação até a comercialização dos produtos, abrangendo as etapas de pesquisa, criação, modelagem, prototipia, enfesto, encaixe, corte, costura, acabamento, embalagem e comercialização (MESACASA, 2012).

## **2.6. Controle de Qualidade**

O controle de qualidade dos artigos se torna cada vez mais requisitado e notado pelos indivíduos, devido ao aumento da acessibilidade aos meios de

comunicação que foram proporcionados pelo progresso tecnológico e pela globalização. À vista disso, essa etapa é esperada em qualquer artigo e serviço, sobretudo nos produtos e serviços provenientes da cadeia produtiva têxtil (GUSMÃO, 2008). A seguir, aborda-se sucintamente o processo de revisão de tecidos planos, assim como uma ideia geral do método de detecção de anomalias, com intuito de apresentar uma possível relação entre o uso de recursos computacionais desse tipo nessa etapa da cadeia produtiva têxtil.

### 2.6.1. Revisão ou inspeção de tecidos

O processo de revisão de tecidos também é conhecido por inspeção de tecidos, e está relacionado de modo direto com o controle de qualidade do produto, o qual possui a função de mensurar e estipular a qualidade dos tecidos fabricados, assim como detectar falhas que acontecem no decorrer de sua fabricação. Nessa perspectiva, o nível de proximidade dos atributos existentes de um componente estabelecido com os atributos ideais anteriormente especificados, é a definição de qualidade, de modo que é necessário cumprir etapas padronizadas já determinadas para esse tipo de processo (SENAI, 2015).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – Norma Brasileira 13484:2004 (ABNT NBR 13484:2004), denominada de “Tecidos planos – Método de classificação baseado em inspeção por pontuação de defeitos”, tem como objetivo caracterizar uma metodologia capaz de determinar a classificação de tecidos planos em uma revisão visual mediante uma denominação numérica. Essa norma pode ser usada como critério de entrega e aprovação do material, baseado nas especificações definidas previamente entre as partes envolvidas. Essa norma traz outras referências normativas que fazem parte de sua descrição, sendo elas:

- ABNT NBR 5426:1985 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos – Procedimento.
- ABNT NBR 5429:1985 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis – Procedimento.



- ABNT NBR 13378:1995 – Tecido Plano – Determinação de defeitos – Terminologia.

Em relação a NBR 13484, a unidade de acondicionamento trata-se de uma maneira de embalar os tecidos, podendo ser em: rolos, bobinas, paletes, tabuleiros, dentre outros. O valor numérico é embasado na medida, dimensão e gravidade das anomalias detectadas ao longo do processo de revisão visual, e é definido como pontuação. Desse modo, o defeito é a anomalia ocasionada no decorrer dos processos produtivos do produto, o qual modifica a qualidade e/ou o aspecto visual do artigo final (ABNT, 2004).

Pode-se então definir a revisão ou inspeção do tecido como uma a operação que consegue estimar, avaliar ou relacionar um atributo ou propriedade de um produto com requisitos estabelecidos, por meio de um processo visual. Esse processo tem duas exigências: a primeira, refere-se à necessidade de revisão e classificação do tecido somente em um de seus lados; a segunda, diz que determinados tipos de tecidos, conforme sua utilização, podem ser revisados e categorizados nos dois lados, de acordo com *stakeholders* (partes envolvidas) (ABNT, 2004).

A classificação de tecidos tem que ser aplicada, segundo a relação de defeitos da ABNT NBR 13378 ou conforme a decisão das partes envolvidas. A anomalia quando não perceptível na superfície do tecido não deve ser medida, só no caso de uma decisão conjunta entre as partes envolvidas. Quando cabível, os *stakeholders* tem a capacidade de determinar decisões referentes às suas posições, como a dimensão máxima de uma característica do tecido e frequência de acontecimentos que não serão contabilizadas como defeito. A frequência tolerada para o cálculo dos pontos para qualquer tipo de anomalia, consegue ser definida por um acordo (ABNT, 2004).

O lote será reprovado se a amostra revisada ultrapassar o limite máximo admissível de anomalias especificadas. Toda unidade de acondicionamento pode ser rejeitado se a revisão e classificação resultar numa quantidade absoluta de pontos desconsideráveis que extrapolam o grau máximo permitido acordado. Essa norma considera uma tolerância de  $\pm 2,0\%$  na largura real em comparação ao recomendado na nota fiscal ou na etiqueta do produto (largura nominal), exceto nos produtos constituídos de elastano em que a tolerâncias serão estabelecidas entre as partes (ABNT, 2004).

Para a amostragem é recomendado ter no máximo 1000 *m* (metros) para realizar o processo de inspeção e classificação do total de unidades de acondicionamento. É necessário levar em consideração uma tolerância de  $\pm 2,0\%$  no comprimento sobre o prescrito nas especificações do tecido e/ou na etiqueta da unidade de acondicionamento, da mesma maneira que  $\pm 1,0\%$  em seu comprimento total mencionado na nota fiscal. Para remessas superiores a 1000 metros, deve-se escolher as amostras de acordo com um plano de amostragem estatístico segundo as normas ABNT NBR 5426 e ABNT NBR 5429 (ABNT, 2004).

O método de ensaio da norma da ABNT NBR 13484 se decompõe em: princípio, aparelhagem, procedimento, expressão dos resultados e relatório de ensaio. Esse método tem como finalidade determinar como deve ser executado a revisão de defeitos em uma unidade de acondicionamento de tecidos. Caracteriza-se a aparelhagem como uma máquina de revisão que contém um campo de visão plano, iluminação superior e velocidade contínua.

O procedimento inicia-se com a passagem do tecido longitudinalmente pelo campo de revisão a uma velocidade contínua, onde o processo de revisão e classificação do tecido será efetuado pelo operador em toda a unidade de acondicionamento, a uma distância de 1 metro com o tecido sendo movimentado. Na sequência, deve-se detectar e pontuar as anomalias de acordo com sua extensão e respectiva pontuação. Na Tabela 1, encontra-se exposta a pontuação por defeitos.

Tabela 1 – Pontuação por anomalias.

<b>Extensão da anomalia</b>	<b>Pontuação</b>
<b>Até 7,5 <i>cm</i></b>	1
<b>De 7,6 a 15,0 <i>cm</i></b>	2
<b>De 15,1 a 23,0 <i>cm</i></b>	3
<b>Acima de 23,1 <i>cm</i></b>	4

Fonte: Adaptado de ABNT (2004).

São expressos os resultados *pontos/100 m<sup>2</sup>* e posteriormente, elabora-se o relatório de ensaio, incluindo o número da norma, quantidade de tecido revisado (*m*), o número de pontos por 100 *m<sup>2</sup>* e quaisquer outras anomalias. E por fim, o material é classificado conforme o acordado entre as partes envolvidas, e na falta de algum acordo, a classificação é feita considerando-se o número de pontos por 100 *m<sup>2</sup>*, como primeira ou segunda qualidade (ABNT, 2004).

São citados como exemplos e dispostos no Quadro 1, cinco tipos mais perceptíveis de anomalias detectadas visualmente no processo de inspeção, assim como a associação com os respectivos setores da cadeia produtiva:

Quadro 1 – Relação dos setores produtivos com os defeitos.

<b>Setor da cadeia produtiva têxtil</b>	<b>Defeitos</b>
<b>Fiação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neps</li> <li>• Slubs</li> <li>• Fio irregular</li> <li>• Contaminação</li> <li>• Piolhos</li> </ul>
<b>Tecelagem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dobras</li> <li>• Oreola defeituosa</li> <li>• Construção errada no Tecido</li> <li>• Tecido contaminado</li> <li>• Esgarçamento</li> </ul>
<b>Beneficiamento Têxtil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variação de largura</li> <li>• Ourelas dobradas e rasgadas</li> <li>• Furos no tecido</li> <li>• Sujeiras</li> <li>• Manchas de bolor</li> </ul>

Fonte: Adaptado de SENAI (2015).

### 2.6.2. Método de detecção de anomalias

O método de detecção de anomalias tem como finalidade localizar exemplos de informações que apresentam características opostas do previsto. Em geral, há uma definição bem delineada sobre as características que a amostra deve possuir, de modo que exemplos fora do padrão são denominados por anomalias ou *outliers*. A detecção de anomalias é amplamente utilizada em uma variedade de aplicações (CHANDOLA; BANERJEE; KUMAR, 2009). Essas aplicações se distinguem uma das outras segundo a natureza das informações usadas, as dificuldades relacionadas e os procedimentos existentes para executar a detecção de anomalias (COSTA, 2014).

A natureza das informações é um dos pontos primordiais que precisam ser ponderados ao se indicar o uso de um método de detecção de anomalias. Os métodos de detecção de anomalias tem uma sensibilidade significativa em relação as características dos modelos que constituem as amostras, e por causa disso são normalmente empregados a conjunto de restrições (base de informações). Cada

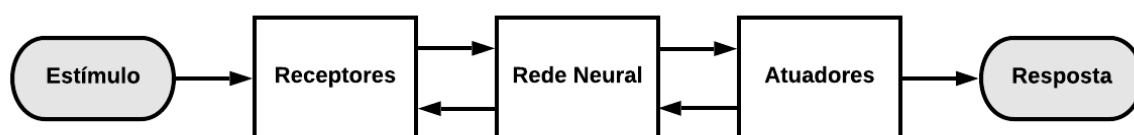
amostra é constituída por um aglomerado de uma ou mais características que definem os atributos da natureza das informações, que podem ser: binárias, categóricas ou contínuas (COSTA, 2014).

Sendo o emprego dos métodos de detecção de anomalias determinado pela natureza das informações, a título de exemplo, no sentido do tema deste trabalho, ao mesmo tempo que um método de revisão do tecido é desempenhado por um operador que o inspeciona e o classifica de maneira visual, o método de detecção de anomalias pode conseguir executar essa mesma operação por meio do uso de uma técnica estatística, que combinada com a inteligência artificial espera ser capaz de reconhecer o tecido com ou sem defeito, por meio da análise dos parâmetros coletados de imagens do tecido.

A rede neural pode ser utilizada como um método de detecção de anomalias baseado na Inteligência Artificial, que tem como objetivo reproduzir em computadores o desempenho do cérebro humano de uma forma mais eficaz. Ela é apta para distinguir padrões, retirar regularidades e identificar semelhanças subjacentes em um conjunto de dados visivelmente incoerentes (TOFOLI *et al.*, 2008).

A Figura 4 esquematiza o sistema nervoso humano, base da construção de um algoritmo de rede neural, em que os receptores têm a função de transformar os estímulos do corpo ou do espaço externo em impulsos elétricos que difundem a informações para a rede neural (cérebro). Já os atuadores modificam os impulsos elétricos gerados pela rede neural em respostas discerníveis como saídas do sistema. Esse sistema possui dois conjuntos de setas que são representadas na figura, onde as setas da esquerda para direita, mostram a transmissão para frente do sinal portador de informação por meio do sistema e as da direita para esquerda, sinalizam a realimentação do mesmo (HAYKIN, 2007).

Figura 4 – Esquema em blocos do sistema nervoso.



Fonte: Adaptado de Haykin (2007).

Com base nisso, pode-se dizer que a rede neural é um meio de inteligência artificial capaz de processar as informações de maneira maciça, paralela e distribuída. Uma rede neural é formada por unidades de tratamento simples que dispõem da capacidade natural de guardar o conhecimento obtido experimentalmente e convertê-lo em um conhecimento acessível para aplicação. Esse conhecimento é alcançado por meio da rede através de seu ambiente, mediante a um processo de aprendizagem e também por forças de conexão entre os neurônios, nomeados também de pesos sinápticos, usados para armazenar esse conhecimento (HAYKIN, 2007).

A aplicação desse tipo de técnica em problemas reais resulta em benefícios, de modo que a rede neural extrai todo o potencial computacional por meio de sua estrutura e habilidade de aprendizagem. Essencialmente, estas capacidades de processamento de informação possibilitam à rede neural solucionar problemas difíceis. Porém, na realidade, a rede neural não pode proporcionar uma solução quando funciona de forma individual. Para que se obtenha a solução, deve-se fragmentar o problema e designar a rede neural um subconjunto de atividades que correspondem à sua capacidade intrínseca (HAYKIN, 2007).

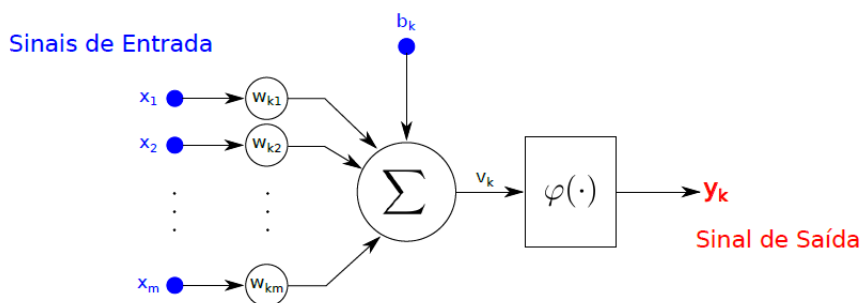
O emprego da rede neural propicia as principais propriedades úteis e capacidades (HAYKIN, 2007):

- Mapeamento de entrada-saída;
- Adaptabilidade;
- Tolerância a falhas.

Pode-se então definir a rede neural como um conjunto de inúmeras unidades interconectadas, as quais são chamadas de neurônios artificiais, em que cada um detém uma parcela pequena de memória local. O neurônio é uma unidade de processamento de informações essencial para o funcionamento de uma rede neural, dependendo essencialmente do seu projeto e de suas ligações (HAYKIN, 2007).

O *perceptron* é a maneira mais simplificada de uma rede neural aplicada na classificação de padrões linearmente separáveis. Respalda-se em somente um neurônio com pesos ajustáveis e *bias*, limitado a efetuar a classificação de padrões com apenas duas hipóteses. Esse único neurônio constitui a alicerce de um filtro adaptativo, um bloco funcional que é imprescindível para o processamento de sinais (HAYKIN, 2007). A Figura 5 a seguir, representa um modelo de um neurônio.

Figura 5 – Modelo não-linear de um neurônio com sinais de entrada e saída destacados em azul e vermelho, respectivamente.



Fonte: Adaptado de Haykin (2007).

Com base na Figura 5 acima, pode-se visualizar o estímulo (sinais de entrada)  $x_j, j = 1, \dots, m$  sendo apresentados ao neurônio como dados de entrada da rede neural, onde por sua vez serão agrupados com os pesos sinápticos  $w_{kj}$  durante os cálculos executados pelo neurônio  $k$ . O valor de  $w_{kj}$  representa o peso sináptico que o sinal de entrada  $j$  tem no neurônio  $k$ . Vale destacar que os sinais de entradas e os pesos sinápticos são agrupados no produto  $x_j w_{kj}$ , de forma que quanto maior for o peso sináptico, maior será o valor desse produto, ou seja, maior a atuação do sinal  $x_j$  no neurônio  $k$  (HAYKIN, 2007).

A Eq. (1) a seguir, representa o modelo mais aplicado de neurônio:

$$v_k = b + \sum_{j=1}^m x_j w_{kj} \quad (1)$$

onde  $b$  é um número escolhido no delineamento do neurônio e que é independente dos sinais de entrada. A finalidade do *perceptron* é categorizar de forma correta o conjunto de dados inseridos externamente  $x_1, x_2, \dots, x_m$  em uma de suas classes  $C_1$  ou  $C_2$ . A especificação de decisão para a classificação é designar o ponto descrito pelos sinais de entradas à classe  $C_1$  se a saída do perceptron  $y$  for +1 e à classe  $C_2$  se ela for -1 (HAYKIN, 2007).

A definição da saída do neurônio para a sua entrada é feita pela função de ativação que normalmente é representada por  $\varphi$  na Eq. (2) e é empregada ao resultados obtidos pela Eq. (1) (HAYKIN, 2007).

$$y_k = \varphi(v_k) = \varphi(u_k + b) \quad (2)$$

A função de ativação  $\varphi$  pode apresentar diversos tipos, e a decisão de qual utilizar sujeita-se a sua aplicação final. Pode-se empregar por exemplo a função de ativação binária representada pela Eq. (3) a seguir (HAYKIN, 2007).

$$\varphi(v) = \begin{cases} -1, & \text{se } v < 0, \\ 1, & \text{se } v \geq 0. \end{cases} \quad (3)$$

O Teorema de Convergência do *Perceptron* diz que para que essa execução seja feita de modo correto, ambas as classes devem ser linearmente separáveis, ou seja, as referências a serem categorizadas têm de estar separadas entre si para garantir que a superfície de decisão baseie-se em um hiperplano. A classificação dos dados é realizada após o treinamento do classificador, que é feito no processo de treinamento da rede neural e que abrange o ajuste do vetor do peso sináptico  $\mathbf{w}$  de tal maneira que ambas classes sejam linearmente separáveis. Isso quer dizer que há um vetor de peso sináptico  $\mathbf{w}$  para qual podemos afirmar por meio da Eq. (4) que (HAYKIN, 2007):

$$\begin{aligned} \mathbf{w}^T \mathbf{x} &> 0 \text{ para todo vetor de entrada } \mathbf{x} \in \text{à classe } C_1 \\ \mathbf{w}^T \mathbf{x} &\leq 0 \text{ para todo vetor de entrada } \mathbf{x} \in \text{à classe } C_2 \end{aligned} \quad (4)$$

Segundo Haykin (2007), pode-se simplificar apropriadamente a adequação do vetor de peso sináptico  $\mathbf{w}$  no princípio de aprendizagem por correção de erro dado pela Eq. (5):

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \eta[d(n) - y(n)]\mathbf{x}(n) \quad (5)$$

onde  $\eta$  é o parâmetro da taxa de aprendizagem e o termo dado por  $d(n) - y(n)$  tem a função de atribuir o sinal de erro. A variável da taxa de aprendizagem é um termo contínuo positivo limitado ao intervalo entre 0 e 1.

É importante destacar que ao impor um número dentro desse intervalo, temos que levar em consideração duas condições discordantes (LIPPMAN, 1987 *apud* HAYKIN, 2007):

- Aquisição da média das entradas anteriores para prover estimativas estáveis para o peso, o que necessita de um  $\eta$  pequeno.
- Adequação ágil no que se refere a mudanças reais das distribuições associadas ao processo encarregado pela criação do vetor de entrada  $x$ , o que demanda um  $\eta$  grande.

No Quadro 2, encontra-se exposto de forma simplificada o algoritmo de convergência do *perceptron* (LIPPMAN, 1987 *apud* HAYKIN, 2007).

Quadro 2 – Resumo do algoritmo de convergência do *Perceptron*.

**Variáveis e Parâmetros:**

- $x(n)$  = vetor de entrada  $(m + 1)$  – por – 1  
 $= [+1, x_1(n), x_2(n), \dots, x_m(n)]^T$
- $w(n)$  = vetor de peso  $(m + 1)$  – por – 1  
 $= [b(n), w_1(n), w_2(n), \dots, w_m(n)]^T$
- $b(n)$  = bias
- $y(n)$  = resposta real (quantizada)
- $d(n)$  = resposta desejada
- $\eta$  = parâmetro da taxa de aprendizagem, uma constante positiva menor que a unidade

**1. Inicialização.**

Faça  $w(0) = 0$ . Execute, então, os seguintes cálculos para os passos de tempo  $n = 1, 2, \dots$

**2. Ativação.**

No passo de tempo  $n$ , ative o perceptron aplicando o vetor de entrada de valores contínuos  $x(n)$  e a resposta desejada  $d(n)$ .

**3. Cálculo da Resposta Real.**

Calcule a resposta real do perceptron:  $y(n) = \text{senal}[w^T(n)x(n)]$

**4. Adaptação do Vetor Peso.**

Atualize o vetor de peso do perceptron:

$$w(n + 1) = w(n) + \eta[d(n) - y(n)]x(n)$$

onde

$$d(n) = \begin{cases} +1 & \text{se } x(n) \in \text{à classe } C_1 \\ -1 & \text{se } x(n) \in \text{à classe } C_2 \end{cases}$$

**5. Continuação.**

Incremente o passo de tempo  $n$  em um e volte para o passo 2.



### 3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada no desenvolvimento desse trabalho é importante para realização do mesmo, isto é, uma seção responsável por direcionar a pesquisa com o intuito de atingir os objetivos estabelecidos anteriormente. Encontra-se dividida nas subseções de materiais e métodos, descritas a seguir.

#### 3.1. Materiais

Este trabalho empregou durante seu processo de execução o *Software Scilab* 6.0.0, sendo este um programa de computação numérica de código aberto, aplicado para simulação e pesquisa. A versão usada no presente trabalho foi a 6.0.0, disponibilizada em sua plataforma online no ano de 2017.

#### 3.2. Métodos

Dividiu-se o trabalho da seguinte maneira:

- Elaboração do referencial teórico para embasamento da pesquisa.
- Apresentação do estudo da arte sobre como o processo de revisão de tecidos é feito no Brasil.
- Implementação de uma rede neural em um problema de detecção de anomalias, correlato com o problema de detecção de anomalias em tecido, utilizando uma base de dados.
- Argumentação sobre a aplicabilidade desse método durante o processo de revisão do tecido, identificando as etapas do processo e os desafios esperados.

Com base nessa divisão, primeiramente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica de modo a contextualizar o trabalho em questão, abordando-se os temas: indústria têxtil, setores da cadeia produtiva e controle de qualidade com foco no processo de inspeção do tecido sobretudo no Brasil, e o uso de inteligência artificial nesse setor.

Em seguida, iniciou-se a busca por materiais de apoios para auxiliar na implementação proposta nesse trabalho de modo a mostrar a sua aplicabilidade, avaliando os prós e contras desse tipo de ferramenta. Logo após, iniciaram-se as reuniões semanais com o professor colaborador do Departamento Acadêmico de Matemática – DAMAT, Rodrigo Martins, desde de agosto até outubro de 2019, para melhor compreensão de algoritmos baseados em redes neurais, *perceptron* e assuntos relacionados com aprendizado de máquinas.

As etapas anteriores devem contribuir para a proposição de um algoritmo em *Scilab*, fundamentado na inteligência artificial, mais especificamente, no método de detecção de anomalias descrito anteriormente. O algoritmo foi desenvolvido como uma rede neural que deverá ser treinada para realizar uma identificação de anomalias numa determinada base de dados. Essa identificação foi realizada a partir da extração dos dados de imagens. Inicialmente, é elaborado um algoritmo que será aplicado a fase de treinamento com parte dos dados, e espera-se que após esse treinamento, seja possível que o algoritmo classifique de forma correta um outro dado diferente dos utilizados no treinamento. É esperado que esse tipo de aplicação possa ser utilizado na detecção de anomalias no processo de revisão de tecidos, uma vez que a base de dados escolhida apresenta semelhanças com a base de imagens que deve ser obtida durante a aplicação desse processo na indústria têxtil.

Após o entendimento dos temas citados anteriormente, iniciou-se a implementação do algoritmo com base nos materiais de apoios estudados anteriormente e com isso, decidiu-se a base de dados a ser usada na implementação do *perceptron*. Vale ressaltar que foi utilizada uma base de dados que melhor se aproxima da situação real estudada nesse trabalho e também, que não foram produzidos os dados devido à complexidade para extração de parâmetros de classificação envolvidos nesse processo, o que naturalmente se encaixa como um trabalho futuro a esse. Para essa etapa, especificamente, será necessário o envolvimento de profissionais da área de computação, especializado em tratamento de imagens.

Posteriormente, finalizou-se a implementação do algoritmo e realizou-se alguns testes com o algoritmo final para verificar a sua funcionalidade. Após essa verificação, apresentou-se os resultados obtidos e argumentou-se sobre a aplicabilidade desse método nesse tipo de problema apresentado nesse trabalho.

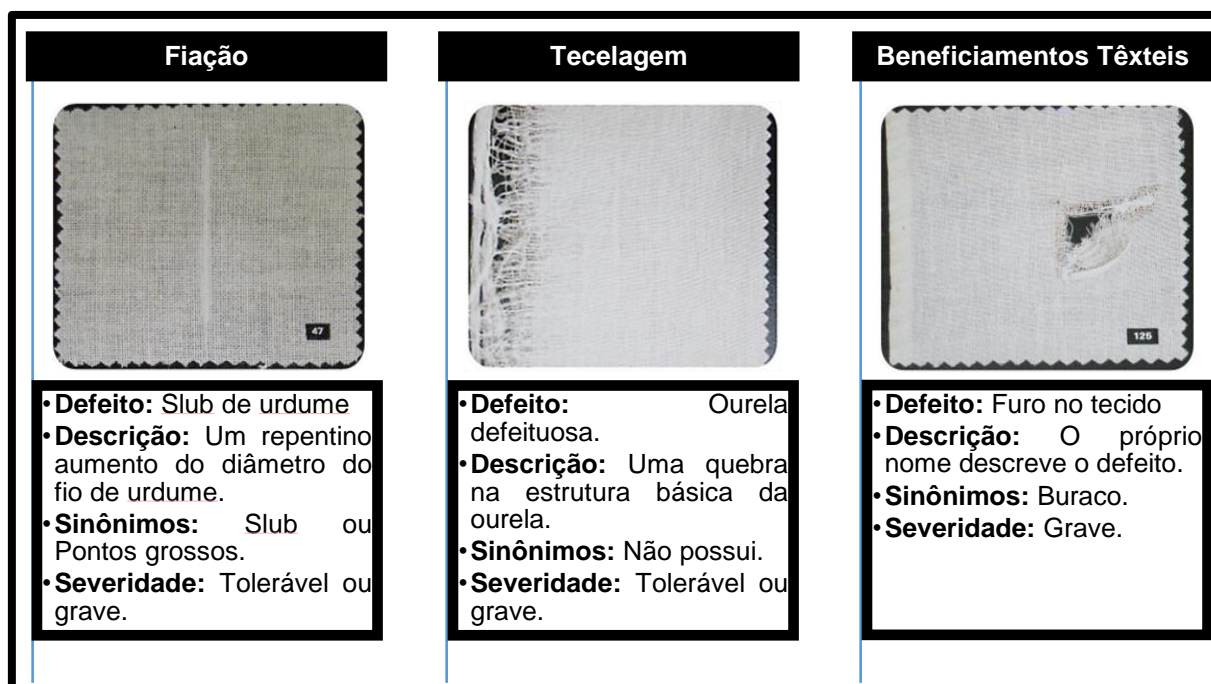
O objetivo destas etapas descritas anteriormente é identificar pontos nesse processo que podem ser aplicados e/ou melhorados para a determinação de possíveis parâmetros e/ou critérios que poderão ser utilizados no método de detecção de anomalias dentro do processo de revisão na indústria têxtil. Espera-se que essas etapas contribuam futuramente para a coleta de dados e a padronização do processo, viabilizando assim seu uso na etapa de revisão de tecidos de maneira completa e automatizada.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esse capítulo se inicia com a abordagem da base de dados utilizada nesse trabalho, principalmente para ressaltar sua semelhança, enquanto ao tipo de imagem que o compõe, com as imagens que espera-se obter durante o processo de revisão de tecidos planos. Os dados escolhidos para implementar a rede neural proposta nesse trabalho foram retirados de uma plataforma *online* de banco de dados de aprendizado de máquina de câncer de mama da *University of Wisconsin Hospitals in Madison*.

As imagens desse banco de dados são compostas de imagens digitalizadas retiradas de massas mamárias (ou nódulos), que de certa forma se assemelham com os tipos de imagens que espera-se observar em um tecido com defeito. Em um exame de imagem das mamas, uma massa mamária pode ser identificada, por exemplo, com um padrão de cor diferente do restante da mama, com um formato circular específico que varia de tamanho, etc. Esse tipo de característica é a que esperamos em uma imagem digitalizada de um tecido com defeito, como podemos observar na Figura 6.

Figura 6 – Exemplos de imagens de tecidos com defeitos.



Fonte: Adaptado de Luna e Brauns (1984).

Com base nas imagens coletadas para a formação do banco de dados foram definidos parâmetros precisos para o diagnóstico do paciente de modo a identificar se ele está ou não com a doença. Cada linha do arquivo da base de dados, que é referente as informações de um paciente, é composto por 11 parâmetros provenientes de um único paciente (DUA; GRAFF, 2019). São eles:

1. Número do código de amostra/número de identificação.
2. Espessura do grupo 1-10.
3. Uniformidade do tamanho da célula 1-10.
4. Uniformidade da forma da célula 1-10.
5. Adesão marginal 1-10.
6. Tamanho da célula epitelial única 1-10.
7. Núcleos desencapados 1-10.
8. Cromatina Branda 1-10.
9. Núcleos normais 1-10.
10. Mitoses 1-10.
11. Classe:
  - 2 para benignos;
  - 4 para malignos.

Esses parâmetros são utilizados no treinamento da rede neural. Destaca-se também que nessa base de dados existiam dados com valores de atributos ausentes, que aparecem indicados por “?”; esses foram removidos antes das etapas de treinamento e teste, restando um total de 683 dos 699 iniciais. Inicialmente, a distribuição da classe benigno e maligno era de 65,5% (458) e 34,5% (241), respectivamente (DUA; GRAFF, 2019). Após a análise e estudo desse banco de dados, foi elaborado um arquivo para armazenagem dos mesmos, para posterior utilização nas etapas de treinamento e teste do algoritmo. Distribui-se esses dados para a rede neural de treinamento e de teste com 70% e 30% dos dados iniciais, respectivamente.

A Figura 7 mostra a estrutura do algoritmo implementado, que é inicializado por duas funções encarregadas de limpar a memória e a tela de compilação do software *Scilab*. A matriz dos dados está representada por  $X$ , em que cada linha é um

dado de um determinado paciente. Essa matriz representa o sinal de entrada da rede neural, e que contém os 11 parâmetros já descritos acima separados por vírgula.

A variável  $N$  corresponde o número de paciente existentes na matriz  $X$  e a função  $Perm$  tem a função de gerar números aleatórios de várias distribuições, que será utilizada para embaralhar os dados de entrada do algoritmo. A parte final do algoritmo é iniciado pelo laço de repetição  $for$ , que é responsável por percorrer todos os elementos da matriz  $X$  e os dividi-los para a matriz de dados de cada rede neural, tanto a de treinamento quanto a do teste.

Figura 7 – Representação do algoritmo dos dados utilizados.

```
clear
clc

X=[1000025,5,1,1,1,2,1,3,1,1,2
1002945,5,4,4,5,7,10,3,2,1,2
⋮
897471,4,8,8,5,4,5,10,4,1,4];

N=size(X,1);

Perm=grand(1,"prn",1:N);

for i=1:N
    if i<=205
        X_teste(i,:)=X(Perm(i,:));
    else
        X_treinamento(i-205,:)=X(Perm(i,:));
    end
end
```

Fonte: Autora (2019).

A rede neural de treinamento é iniciada pela função de ativação do neurônio  $y$  e, na sequência, a definição do neurônio. O peso sináptico  $w$  é inicializado por uma função que gera números randômicos entre  $-0,5$  e  $0,5$ , e o vetor  $D$  recebe o último parâmetro da matriz  $X_{treinamento}$ , que é a classificação/diagnóstico do paciente analisado. Posteriormente, foi estabelecido a troca da numeração de classificação para a numeração binária da função  $\varphi$  descrita pela Eq. (3), sendo  $-1$  o indicativo da classe de benignos e  $+1$  da classe de malignos.

Realizou-se a troca e o rearranjo de alguns elementos da matriz  $X_{treinamento}$ , tais como a troca dos números de identificação da primeira posição de cada linha para o número 1, redimensionamento da matriz considerando as 10 primeiras colunas e

por fim, a transposição das linhas e colunas. Além disso, estabeleceram-se alguns parâmetros necessários para o treinamento da rede. A Figura 8, demonstra a parte inicial da rede neural de treinamento detalhada acima.

Figura 8 – Rede neural de treinamento – parte inicial.

```
function [y]=FuncaoSinal(v)
    if(v)>0
        y = 1
    else
        y = -1
    end
endfunction

function [y]=neuronio(w, x)
    y = FuncaoSinal(w * x)
endfunction

w = rand(1,10) - 0.5*ones(1,10);

D = X_treinamento(:,11);

for i=1:478
    if D(i)==2 then
        D(i) = -1
    else
        D(i) = 1
    end
end

X_treinamento(:,1)= 1;
X_treinamento=X_treinamento(:,1:10);
X_treinamento=X_treinamento';
eta = 0.5;
n_treinamento = size(X_treinamento,2);
```

Fonte: Autora (2019).

A parte de treinamento é constituída por um laço com número de interações arbitrário começando com o erro igual a zero; cada vez que é obtida uma resposta diferente da exata, a variável erro é acrescida de uma unidade, de modo que no final da etapa de treinamento seja possível mensurar o erro final cometido, sendo esse exibido em forma de porcentagem. Durante o treinamento, também é corrigido o peso sináptico. Essa correção é feita através da Eq. (5) quando o termo da equação  $D(\text{perm}(i)) - y \neq 0$ , como mostra a Figura 9 abaixo.

Figura 9 – Rede neural de treinamento – parte final/treinamento.

```

for j=1:100
    perm=grand(1,"prm",(1:n_treinamento));
    erro=0;
    for i=1:n_treinamento
        y=neuronio(w,X_treinamento(:,perm(i)));
        w=w+(eta*(D(perm(i))-y)*X_treinamento(:,perm(i)));
        if (D(perm(i))-y)~=0
            erro=erro+1;
        end
    end
    erro=(erro/n_treinamento)*100;
    Erro(j) = erro;
    plot(Erro)
    eta = eta*0.90
end

```

Fonte: Autora (2019).

Já na fase de teste, a rede neural inicia com o vetor  $D$  recebendo os últimos elementos de todas as linhas da matriz  $X_{teste}$  e seguidamente, tem um laço que faz a troca de variáveis dela para forma binária, como feito anteriormente. Além disso, faz-se a reestruturação dessa matriz de modo similar ao realizado na matriz  $X_{treinamento}$ . A fase de teste possui apenas um laço de repetição, que tem relação com o tamanho dos dados do conjunto de teste. Desse modo, o teste é executado no conjunto de dados de teste utilizando o melhor vetor de pesos sinápticos determinado na etapa de treinamento. A partir da passagem dos dados pelo neurônio, o erro cometido pelo algoritmo é contabilizado, como exhibe a Figura 10.



Figura 10 – Rede neural de teste.

```

D = X_teste(:,11);

for i=1:205
    if D(i)==2 then
        D(i) = -1
    else
        D(i) = 1
    end
end

X_teste(:,1)= 1;
X_teste=X_teste(:,1:10);
X_teste=X_teste';

n_teste=size(X_teste,2);

perm=grand(1,"prm",(1:n_teste));
erro=0;

for i=1:n_teste
    y=neuronio(w,X_teste(:,perm(i)));
    if (D(perm(i))-y)~=0
        erro=erro+1;
    end
end

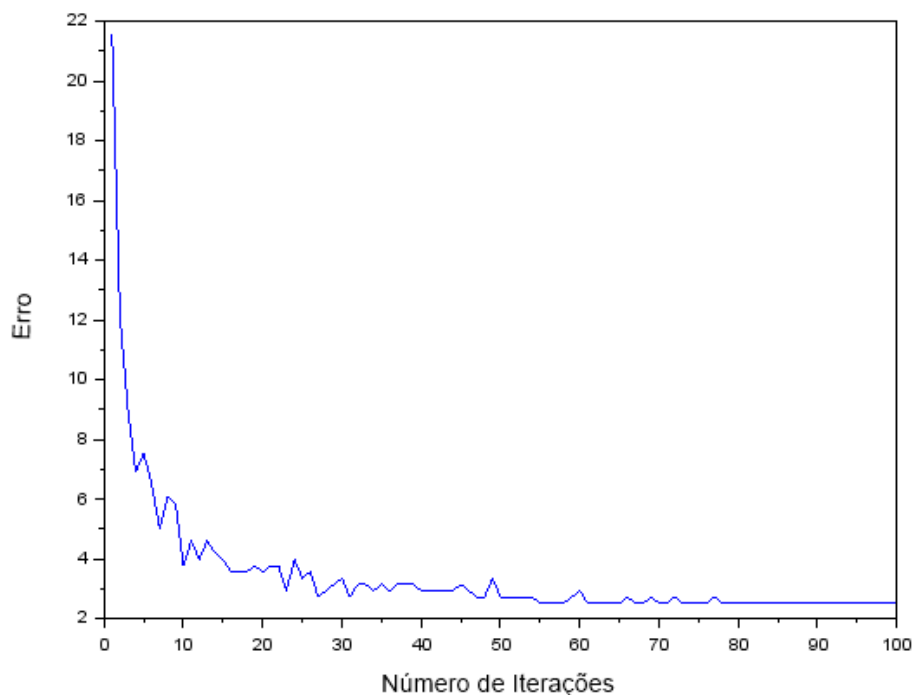
erro=(erro/n_teste)*100;
disp(erro)

```

Fonte: Autora (2019).

Para se obter os resultados, deve-se compilar primeiramente o arquivo dos dados, depois o arquivo do treinamento e por fim, o do teste. A Figura 11 mostra o erro cometido na fase de treinamento da rede neural. Nota-se que nessa figura houve o decaimento do erro conforme o aumento do número de interações da fase de treinamento até que a rede neural chegou a estabilidade durante o treinamento. O erro cometido nessa fase foi em torno de 2,51% e o da fase de teste foi em torno de 4,39%.

Figura 11 – Número de iterações vs. erro, na fase de treinamento da rede neural.



Fonte: Autora (2019).

Com base nas informações apresentadas, pode-se dizer que a rede neural funcionou adequadamente para o problema do câncer de mama, tendo uma taxa de acerto de 95,61% na fase de teste. Esse resultado juntamente com a semelhança que acredita-se que a base de dados de imagens das mamas tenha com a base de dados de imagens de tecidos com defeito, sugerem que esse tipo de abordagem por ser aplicado na etapa de revisão de tecidos no processo de produção da indústria têxtil, proposta desse trabalho.

Um próximo passo referente a essa aplicação direta no processo de revisão está na coleta e tratamento das imagens dos tecidos com defeito. Essa etapa depende de como a captura dessas imagens deve ser feita, visto que existe uma variedade bastante significativa de produtos no mercado e de tipos de defeitos considerados pela norma ABNT. Além disso, também é fundamental definir quais os parâmetros devem ser extraídos dessas imagens de modo a criar o banco de dados utilizado para as fases de treinamento e teste da rede neural, o que deve ser feito em conjunto com conhecimentos específicos de computação, especificamente da área de tratamento de imagens, e da própria Engenharia Têxtil.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo propor a aplicação do uso de inteligência artificial no processo de revisão de tecido na indústria têxtil, visando uma possível automação dessa etapa de produção. Iniciou-se com uma revisão bibliográfica sobre o tema, mais especificamente de como o processo de revisão de tecidos planos é feito no Brasil atualmente. Como atualmente a indústria encontra-se em sua fase 4.0, a busca pelo aprimoramento do processo produtivo vem se intensificando, principalmente devido ao surgimento de novas tecnologias.

Uma importante característica da Indústria 4.0 é a aplicação bastante significativa de processos computacionais e/ou automatizados, buscando um processo produtivo adaptável e independente. Esse tipo de característica vem causando grandes modificações em todas as indústrias, inclusive as do segmento têxtil. Sendo assim, é considerado importante o estudo de temas que consigam modernizar processos já existentes dentro desse segmento, o que justifica a relevância desse trabalho.

Especificamente na etapa de revisão de tecidos, uma possibilidade de automatização pode ser vista no uso de inteligência artificial durante o processo. Portanto, nesse trabalho, apresentou-se o método de detecção de anomalias, que funcionando em um algoritmo baseado em uma rede neural do tipo *perceptron*, é capaz de identificar dentro de uma base de dados, amostras que estejam fora de um determinado padrão pré-estabelecido.

Um algoritmo de rede neural funciona a partir de etapas de treinamento e de testes, que são realizadas separadamente. Espera-se que a partir do treinamento da rede com um conjunto de informações iniciais, o algoritmo seja capaz de aprender a reconhecer padrões e realizar classificações com uma boa taxa de acerto, ou em outras palavras, com um erro pequeno.

O algoritmo desenvolvido em *Scilab* nesse trabalho foi baseado numa rede neural com um neurônio, ou seja, do tipo *perceptron*, e utilizou como base de dados arquivos disponíveis *online* pela *University of Wisconsin Hospitals*, constando de imagens de pacientes diagnosticadas ou não com câncer de mama. Escolheu-se esse tipo de base de dados pois acredita-se que os padrões esperados em imagens com massas mamárias sejam, de certa forma, semelhantes aos padrões encontrados em imagens de tecidos planos com defeitos.

O algoritmo desenvolvido apresentou uma taxa de acerto de aproximadamente 96%, que é considerada uma taxa bastante satisfatória. Importante ressaltar que o *perceptron* com um neurônio é bastante simples, e mesmo assim, apresenta resultados já bastante interessantes. No sentido dos algoritmos de redes neurais, existem ainda outros tipos não implementados nesse trabalho, mas possíveis de serem utilizados em trabalhos futuros, principalmente na aplicação para banco de imagens de tecidos com defeitos.

Fazendo uma transposição da ideia do que foi feito para o processo de revisão de tecidos, entende-se como um trabalho futuro a este a criação de um banco de imagens de tecidos com e sem defeitos, que poderão ser utilizados para as etapas de treinamento e teste de uma rede neural similar a implementada nesse trabalho.

A maior dificuldade para obtenção de tais imagens em um primeiro momento, está no fato de que é de fundamental importância ter conhecimentos de manipulação e extração de dados de imagens para elaboração de base de dados similar a dos casos de câncer de mama. É importante definir o que é importante medir em uma imagem de um tecido, como por exemplo espessura, densidade, tamanho do defeito, luminosidade, etc.; tais parâmetros funcionariam de maneira similar aos 11 descritos do problema do câncer de mama. A ideia é que a partir da definição desses parâmetros seja feita a extração desses dados das imagens digitais.

Espera-se que com a participação futura de membros na pesquisa com conhecimento mais específico em computação, seja possível avançar nesse sentido, e, baseado na resposta que o *perceptron* apresentou neste trabalho sobre o caso ilustrativo do câncer de mama, pode-se imaginar que o algoritmo será capaz de fazer o mesmo tipo de classificação para o banco de dados com fotos de tecidos com defeito, considerando que a base de dados de treinamento e teste esteja bem descrita em relação aos seus parâmetros.

Pensando numa aplicação dessa ideia para o processo de revisão de tecidos, espera-se que a função de verificação da rede neural descrita na elaboração do algoritmo seja baseada na norma ABNT NBR 13484:2004. Isso leva também a conjecturar que para que esse tipo de método seja aplicado em uma escala maior, seria interessante iniciar com a classificação de determinado tipo de defeito dentro da norma, com o acréscimo de dados para treinamento com o passar do tempo e utilização. Ressalta-se também que para esse tipo de projeto é importante, como mencionado anteriormente, a participação de profissionais com experiência na área

de engenharia de computação e engenharia têxtil, uma vez que para a escala industrial é interessante a automação desse processo e conhecimento bastante específico da norma de classificação de defeitos.

De toda forma, espera-se que a proposta do uso de uma inteligência artificial nessa etapa do processo seja capaz de melhorar a linha produtiva como um todo e que execute essa operação de maneira mais rápida, aprimorando a atividade do operador e a qualidade do artigo final.

## REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, M. R.; DALTIM, D. A. A química do processamento têxtil. **Química Nova**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 320-330, 1996. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol19No3\\_320\\_v19\\_n3\\_17.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol19No3_320_v19_n3_17.pdf)>. Acesso em: 01 br. 2019.
- ALENCAR, J. L. S. de; SIMONI, J. H.; FIORELLI, M. N.; LINK, P. P.; NETO, G. de A. Os efeitos socioambientais causados pelos resíduos sólidos das indústrias de confecções do polo de moda de Maringá-Pr. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 478-504, set./dez. 2015. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/18381/pdf>>. Acesso em: 31 mai. 2019.
- ALMEIDA, J. L. da S. e. **Malharia de Trama e Urdume**: Uma abordagem da construção dos tecidos no software AutoCAD. 2017. 94 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação) – Engenharia Têxtil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13484**: Tecidos planos - Método de classificação baseado em inspeção por pontuação de defeitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 8 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13378**: Tecido Plano - Determinação de defeitos - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5426**: Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5429**: Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.
- BACARIN, R. **Estudos de transferência de calor e massa em fibras têxteis**. 2015. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.
- BEZERRA, F. M. **Fluxograma do processo resumido de transformação da fibra têxtil em produto de vestuário**. 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Fluxograma-do-processo-resumido-de-transformacao-de-fi-bra-textil-em-produto-do\\_fig1\\_313556266](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Fluxograma-do-processo-resumido-de-transformacao-de-fi-bra-textil-em-produto-do_fig1_313556266)>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- BRAGA JÚNIOR, E. **Estratégias Competitivas Relacionadas à Cadeia Produtiva Têxtil no Brasil**. 1999. 133 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Polímeros) - Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

BRUNO, F. da S. **A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção: a visão de futuro para 2030**. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2016. 149 p.

CHANDOLA, V.; BARNERJEE, A.; KUMAR, V. Anomaly detection: a survey. **ACM Computing Surveys**, v. 41, n. 3, p.1-58, 1 jul. 2009. Association for Computing Machinery (ACM). <http://dx.doi.org/10.1145/1541880.1541882>.

CLINE, G. **Industry 4.0 and Industrial IoT in Manufacturing: A Sneak Peek**. ABERDEEN, 2017. Disponível em: <<https://www.aberdeen.com/opspro-essentials/industry-4-0-industrial-iot-manufacturing-sneak-peek/>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

CONMETRO – CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Resolução 02/2008**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/resc/pdf/RESC000213.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

COSTA, A. C. R. da; ROCHA, É. R. P. da. Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 29, p. 159-202, mar. 2009. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1964>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

COSTA, G. de B. P. da. **Deteção de anomalias utilizando métodos paramétricos e múltiplos classificadores**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional), Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

DUA, D.; GRAFF, C. **UCI Machine Learning Repository**. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science, 2019. Disponível em: <<http://archive.ics.uci.edu/ml>>. Acesso em: 04 ago. 2019.

FREIRE, G; DUARTE, S. T. V. G; PIMENTAL, L. W. Inovação tecnológica – O desempenho da fibra de algodão colorido no processo de fiação a rotor de uma indústria têxtil. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Especial, Campina Grande, v. 7, n. 2, p.173-180, 2005.

GOLÇALVES, D. C. da S; FREITAS, D. O. de; SOUTO, K. K. de O.; BARBOSA, R. X.; FERREIRA, T. R. **Fibras celulósicas**. 2003. 24 f. Trabalho do Curso de Engenharia Têxtil, Departamento de Engenharia de Produção e Têxtil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

GUSMÃO, N. N. **A qualidade na indústria têxtil, da tecelagem ao vestuário: estudo de casos múltiplos em pequenas e médias empresas no estado de São Paulo**. 2008. 172 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Paulista – UNIP, São Paulo, 2008.

HAGUENAUER, L.; BAHIA, L. D.; CASTRO; P. F.; RIBEIRO, M. B. **Evolução das Cadeias Produtivas Brasileiras na Década de 90**. Brasília, DF: IPEA, 2001 (texto para discussão n. 786).

HAYKIN, S. **Redes Neurais [recurso eletrônico]:** princípios e prática. Tradução: Paulo Martins Engel. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

KON, A.; COAN, D. C. Transformações da indústria têxtil brasileira: a transição para a modernização. **Revista de Economia Mackenzie**, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 11-34, 2005. Disponível em: <<http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rem/article/view/774/461>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

KUASNE, A. **Fibras têxteis**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina - Curso Têxtil em Malharia e Confecção 2º módulo. Araranguá, 2008. Disponível em: <[https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/8/88/Apostila\\_fibras.pdf](https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/8/88/Apostila_fibras.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2019.

LUNA, L. C. de; BRAUNS, L. G. **Defeitos em tecidos planos**. Rio de Janeiro: CETIQ/SENAI, 1984.

LOBO, R. N.; LIMEIRA, E. T. N. P.; MARQUES, R. do N. **Fundamentos da tecnologia têxtil: da concepção da fibra ao processo de estamparia**. São Paulo: Érica, 2014.

MESACASA, A. **A indústria de confecção do vestuário do município de Pato Branco: aspectos de desenvolvimento, gestão, design, e proposta de reaproveitamento dos resíduos têxteis**. 2012. 280 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

MOESTER, D. **Securing the future for the Manufacturing Industry: Towards the adoption of the Smart Industry**. University of Twente, p. 1-58, 2017. Disponível em: <[https://pdfs.semanticscholar.org/b8ea/5f01b8d797e11d5ef44a4609d02ecbe6e13e.pdf?\\_ga=2.26733758.2048682136.1554755573-311198684.1554755573](https://pdfs.semanticscholar.org/b8ea/5f01b8d797e11d5ef44a4609d02ecbe6e13e.pdf?_ga=2.26733758.2048682136.1554755573-311198684.1554755573)>. Acesso em: 08 abr. 2019.

MOVIMENTO BRASIL COMPETITIVO. **Manual de Inovação**. Brasília: MBC, 2008.

OLIVEIRA, M. H. de. Principais matérias-primas utilizadas na indústria têxtil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 5, p. 71-109, mar. 1997. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/7153>>. Acesso em: 26 mar. 2019.

RODRIGUES, L. H. **Tecnologia da Tecelagem: tecnologia e qualidade na produção de tecidos planos**. Rio de Janeiro: SENAI-CETIQT, 1996. 286 p.

ROMERO, L. L.; VIEIRA, J. O. W. M.; MARTINS, R. A.; MEDEIROS, L. A. R. Fibras artificiais e sintéticas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 1, p. 54-66, jul. 1995. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4241>>. Acesso em: 26 mar. 2019.

SANCHES, R. A. **Procedimento para o desenvolvimento de tecidos de malha a partir de planejamento de experimentos**. 2006. 221 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.



SENAI. **Beneficiamento têxtil**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2015. 186 p.

SENAI. **Tecelagem**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2015. 188 p.

SENAI. **Tecnologia dos processos têxteis**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2015. 116 p.

STOJKIC, Z.; VEZA, I.; BOSNJAK, I. *A Concept of Information System Implementation (CRM and ERP) within Industry 4.0*. **Daaam Proceedings**, v. 26, n. 1, p. 0912-0919, 2016. DAAAM International Vienna. <http://dx.doi.org/10.2507/26th.daaam.proceedings.127>. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/309414427\\_A\\_Concept\\_of\\_Information\\_System\\_Implementation\\_CRM\\_and\\_ERP\\_within\\_Industry\\_40](https://www.researchgate.net/publication/309414427_A_Concept_of_Information_System_Implementation_CRM_and_ERP_within_Industry_40)>. Acesso em: 22 abr. 2019.

TAVES, E. A. **Indústria têxtil e de confecções brasileira: competitividade na cadeia de valor global**. 2013. 66 f. Monografia (Especialização) - Curso de Economia, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

TOFOLI, E. T.; CAMPOS, F. C. de; SANTOS, A. R. P. dos; TOFOLI, I.; HORITA, R. Y. A tecnologia das redes neurais para o apoio à decisão na administração financeira. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p.1-14, out. 2008. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_076\\_536\\_11891.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_076_536_11891.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2019.

VALOR ECONÔMICO. **Análise setorial: indústria têxtil e de vestuários**. São Paulo: VALOR ECONÔMICO, jul. 2006, 170 p.

VIANA, F. L. E.; ROCHA, R. E. V.; NUNES, F. R. de M. A indústria têxtil na região nordeste: gargalos, potencialidade e desafios. **Produção Online**, Santa Catarina, v. 8, n. 3, 2008. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/132>>. Acesso em: 25 mar. 2019.