UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

SETOR DE CIÊNCIAS AGRARIAS E DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

EDSON APARECIDO MARTINS FILHO

VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA NA INSPEÇÃO DE QUALIDADE INDUSTRIAL

PONTA GROSSA

2013

EDSON APARECIDO MARTINS FILHO

VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA NA INSPEÇÃO DE QUALIDADE INDUSTRIAL

Projeto de pesquisa apresentado para a disciplina de Introdução a Investigação Científica como parte da avaliação do primeiro semestre.

Orientador: Prof.ª Dr.ª Diolete Marcante Lati Cerutti

PONTA GROSSA

2013

Dedico aos meus pais, irmã e colegas de curso.

AGRADECIMENTOS

A toda minha família pelo apoio dado durante o desenvolvimento.

A Professora Drª. Diolete Marcante Lati Cerutti pela paciência na orientação e pela contribuição de seus conhecimentos e sugestões durante o desenvolvimento desta monografia.

Aos colegas de curso pelo apoio dado durante o desenvolvimento.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desta pesquisa.

Se você não pode brilhar não apague minha estrela, não apague meu brilho.

(Linspector, Clarice)

RESUMO

Esta monografia tem como objetivo analisar as características dos sistemas de visão computacional e demonstrar sua melhor eficácia em relação ao método manual. Para isso foram realizadas pesquisas para entender o funcionamento desses sistemas e os conceitos envolvidos para o seu funcionamento, como os conceitos de aquisição de imagens, processamento de imagens, pixel, conectividade entre pixels, descritores de imagens, entre outros. Foi feita também uma pesquisa para ver o quanto os estudantes do curso de engenharia de computação da Universidade Estadual de Ponta Grossa conhecem sobre os assuntos.

**Palavras-chave:** Inspeção Automatizada; Visão Computacional; Processamento de Imagens.

**Lista de Figuras**

[Figura 1 - Sistema de inspeção automatizada 7](file:///C:\Users\Edinho\Documents\UEPG\2°%20ano\Introdução%20a%20investigação%20cientifica\REVISAO%20BIBLIOGRAFICA%20arrumando.docx#_Toc360142245)

[Figura 2 - Câmera, lente e dispositivo de iluminação 8](file:///C:\Users\Edinho\Documents\UEPG\2°%20ano\Introdução%20a%20investigação%20cientifica\REVISAO%20BIBLIOGRAFICA%20arrumando.docx#_Toc360142246)

[Figura 3 - Representação de uma imagem digital 10](file:///C:\Users\Edinho\Documents\UEPG\2°%20ano\Introdução%20a%20investigação%20cientifica\REVISAO%20BIBLIOGRAFICA%20arrumando.docx#_Toc360142247)

[Figura 4 - Estrutura hexagonal de um liquido magnético semitransparente 11](file:///C:\Users\Edinho\Documents\UEPG\2°%20ano\Introdução%20a%20investigação%20cientifica\REVISAO%20BIBLIOGRAFICA%20arrumando.docx#_Toc360142248)

[Figura 5 - Representação da figura 3 segmentada 12](file:///C:\Users\Edinho\Documents\UEPG\2°%20ano\Introdução%20a%20investigação%20cientifica\REVISAO%20BIBLIOGRAFICA%20arrumando.docx#_Toc360142249)

1. **Sumário**

[**1** **RESUMO** 6](#_Toc369220330)

[1. Capitulo 1 10](#_Toc369220331)

[1.1 Introdução 10](#_Toc369220332)

[1.2 Justificativa 10](#_Toc369220333)

[1.3 Objetivos 11](#_Toc369220334)

[1.3.1 Objetivos Gerais 11](#_Toc369220335)

[1.3.2 Objetivos Específicos 11](#_Toc369220336)

[**2** **Metodologia** 11](#_Toc369220337)

[**3** **Revisão Bibliográfica** 12](#_Toc369220338)

[**3.1** **Sistemas de Inspeção Automatizada** 12](#_Toc369220339)

[**4** 12](#_Toc369220340)

[**4.1.1** **Sistema de Aquisição de Imagens** 13](#_Toc369220341)

[**4.1.2** **Sistema de Processamento** 13](#_Toc369220342)

[4.1.3 14](#_Toc369220343)

[**4.1.4** **Sistema de Descarte** 14](#_Toc369220344)

[**4.2** **Processamento de Imagens** 14](#_Toc369220345)

[**4.2.1** **Pixel** 14](#_Toc369220346)

[**4.2.2** **Conectividade Entre Pixels** 15](#_Toc369220347)

[**4.2.3** **Pré-processamento** 15](#_Toc369220348)

[**4.2.4** **Segmentação de imagens** 16](#_Toc369220349)

[**4.3** **Descritores de Imagens** 17](#_Toc369220350)

[**4.4** **Interpretação de Imagens** 18](#_Toc369220351)

[**5** **Resultados** 18](#_Toc369220352)

[**6** 19](#_Toc369220353)

[**7** 19](#_Toc369220354)

[**8** 19](#_Toc369220355)

[**9** 19](#_Toc369220356)

[**10** 19](#_Toc369220357)

[**11** **Discussão dos resultados** 19](#_Toc369220358)

[12 Foi possível perceber que a maioria dos entrevistados tem conhecimento avançado porem nunca desenvolveram e também que a maioria conhece pelo menos um conceito que a visão computacional envolve. Alguns entrevistados comentaram que conhecem os conceitos devido a suas pesquisas de iniciação cientifica. 19](#_Toc369220359)

[13 Os futuros profissionais na área tem confiança visto que 80% responderam que confiam no sistema de visão computacional. E também todos os entrevistados consideram que a inspeção realizada pela máquina e realizada por um humano melhor dependendo das características analisadas. 19](#_Toc369220360)

[14 Os entrevistados também sabem que um sistema de visão computacional é capaz de atuar em todo tipo de indústria. 19](#_Toc369220361)

[**15** **Conclusão** 20](#_Toc369220362)

[**17** **Referências** 22](#_Toc369220363)

# Capitulo 1

## Introdução

A visão computacional é a responsável pela visão de uma máquina, ou seja, é a forma como um computador enxerga o sistema a sua volta extraindo informações através da captura de imagens feitas por câmeras, scanners, radares, sensores especializados, entre outros. A partir destas imagens é possível reconhecer e pensar sobre os objetos que compõe uma imagem.

Um sistema de visão computacional pode ser comparado ao sentido visual humano aliado a capacidade de julgamento humana. A tecnologia de visão computacional pode ser utilizada em diferentes áreas como, por exemplo, robôs industriais, veículos autônomos, detecção de eventos, reconhecimento de objetos, restauração de imagens e também é uma poderosa ferramenta para auxiliar na tomada de decisões.

Em todo tipo de indústria é possível utilizar a visão computacional para realizar o controle de qualidade dos produtos, detectando imperfeições no produto e em sua embalagem. Usualmente nas indústrias de pequeno e médio porte, esse processo é feito manualmente por um funcionário especializado que deve ficar em um determinado ponto em uma linha de produção e avaliar em todas as peças vários itens, por exemplo, sua integridade, dimensão, impressão entre outras coisas. Caso alguma das peças esteja em um padrão de qualidade inaceitável, a peça deve ser retirada da linha de produção, para que o produto defeituoso não chegue ao cliente.

Como o processo de controle de qualidade é apenas uma comparação entre padrões do produto, esse processo de inspeção pode ser feito por um sistema de visão computacional utilizando uma câmera, que registra algumas imagens do produto em um determinado ponto da linha de produção e comparar através de um algoritmo todos os itens que o funcionário compararia no método padrão e caso a peça apresente algum defeito, descartá-la.

## Justificativa

O mercado consumido está se tornando cada vez mais exigente no que se diz respeito à qualidade dos produtos industrializados. Qualquer defeito, por menor que seja, pode fazer com que o consumidor deixe de utilizar algum produto. Por esse motivo, cada vez mais as indústrias estão investindo em inspeção de qualidade.

A importância da qualidade em qualquer ramo de atividade não pode ser apenas vista como um diferencial, mas sim como uma das únicas formas de manter-se competitivo buscando a cada dia novas maneiras de melhorias na cadeia produtiva buscando a satisfação do cliente, consequentemente um aumento nas venda e receitas da organização. (DA SILVA; BARBOSA; MICHEL, 2006, p. 1).

Na maioria das vezes nas indústrias brasileiras, a inspeção e seleção de produtos são feitas por um inspetor humano. Por se tratar de uma tarefa manual feita repetitivamente esse processo é suscetível a falha, por exemplo, a falta de precisão nas inspeções e até mesmo passar produtos sem serem inspecionados. Além disso, esse processo se torna cada vez menos efetivo conforme passa as horas de trabalho.

A melhor solução para a inspeção de qualidade é ser realizada por um sistema automatizado. Esses sistemas possuem diversas configurações e podem ser aplicados em diversas situações. Quanto mais rápida a linha de montagem, melhor se torna a vantagem da inspeção automatizada em relação à inspeção humana, visto que, os sentidos humanos têm uma menor e mais lenta percepção do que o processamento de um computador.

Apesar de oferecer mais benefícios, como a melhoria da qualidade do produto, aumento de produção, a tecnologia de inspeção automatizada ainda não é muito utilizada, isso se deve ao fato da baixa demanda deste tipo de produto e o seu alto preço.

## Objetivos

### Objetivos Gerais

Analisar as características dos sistema de visão computacional e demonstrar sua melhor eficácia em relação ao método manual.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

* Testar sistemas de visão computacional para ver o seu funcionamento;
* Analisar características que podem definir um produto como defeituoso.

## Metodologia

* Realizar pesquisa em industrias, para analisar como é feito as inspeções de qualidade e as características analisadas em cada tipo de produto;
* Realizar pesquisas para entender a situação das industrias em relação a esse tipo de sistema automatizado. Ver se as industrias utilizam esse tipo de produto, se o produto atende as expectativas e o que o operador do sistema mudaria nele;
* Realizar questionário para verificar o que os acadêmicos do curso de Engenharia de Computação da Universidade Estadual de Ponta Grossa sabem sobre visão computacional.

# Capitulo 2

## Revisão Bibliográfica

### Sistemas de Inspeção Automatizada

Os sistemas de visão computacional resultam da integração de diversas tecnologias e podem ser utilizados em diversas ocasiões. Dentre as áreas de aplicação, além da indústria, pode ser destacada a área de segurança, onde atuam como solução para a identificação e reconhecimento de seres humanos e no reconhecimento veicular no trânsito.

Nas industrias, o processo de inspeção automatizada ocorre de maneira integrada com a linha de produção, evitando assim, que uma peça identificada como defeituosa seja retirada da linha de produção, assim, não estará presente nas próximas etapas de produção, fazendo com que seja evitado o trabalho e gasto com matéria prima desnecessário.

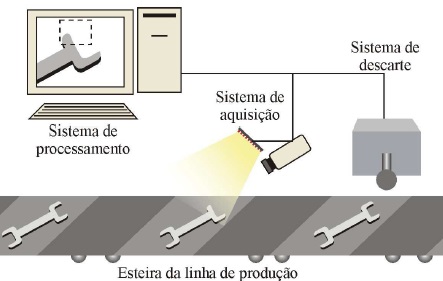
Neste processo, para cada peça que passa pela esteira é capturada pelo sistema de câmeras um quadro contendo a imagem da peça. Este quadro é transmitido ao sistema de processamento, que através de um programa de computador desenvolvido para a função de inspeção nesse tipo de produto analise a imagem a fim de detectar algum defeito. Caso seja detectado algum anormalidade na peça, o sistema de processamento ativa o sistema de descarte para a retirada da peça defeituosa.

Figura 1 - Sistema de inspeção automatizada

#### 2.1.1.1 Sistema de Aquisição de Imagens

O sistema de aquisição de imagens tem como função realizar a captura de imagens necessárias dos produtos para que ocorra a sua inspeção através do sistema computadorizado. Esse sistema é composto basicamente por câmeras, lentes, sensores, filtros e dispositivos de iluminação.



Figura 2 - Câmera, lente e dispositivo de iluminação

A câmera captura a imagem real de uma cena e envia a informação sob a forma de um sinal analógico de vídeo, à um conversor analógico digital, dessa maneira, a imagem é então representada na forma digital. A imagem na forma digital é representada espacialmente (em x e y) e em luminância (níveis de cinza). As câmeras de vídeo são as mais utilizada pra esse tipo de aquisição de imagem, visto que apresenta características de sensibilidade, resolução e função de transferência entre a imagem captada da cena e a intensidade do sinal de vídeo fornecido.

A iluminação exerce um papel fundamental no sistema de captura, um\ vez que a câmera captura a luz refletida sobre a cena observada. Existem diversas técnicas de iluminação, que variam entre si na fonte de luz, intensidade, direção, etc. Cada uma delas oferece algum tipo de benefício e ressalta determinadas características dos objetos. Por isso, a escolha do tipo de iluminação é muito importante.

Também são empregados outros acessórios a câmera ou ao ambiente a fim de destacar características especificas do produto. Por exemplo, pode-se acoplar um filtro vermelho a câmera para conseguir um maior contraste na imagem.

#### Sistema de Processamento

O sistema de processamento é o responsável por realizar o controle de todo o sistema de inspeção automatizada. Além do hardware básico dos computadores normais, é necessário que este sistema possua placas de aquisição de imagens capazes de converter o sinal de vídeo proveniente das câmeras em imagens digitais. Também é necessário, que o sistema possua portas de comunicação utilizadas no acionamento de sistemas externos ou recebimento de sinais provenientes de sensores. Essas portas de comunicação servem para que o sistema controle o momento em que será necessário utilizar a câmera, e também para liberar sinais lógicos para que o sistema de descarte seja ativado.

Além do hardware, é necessário um software para realizar o controle de todo o sistema, pelo processamento e análise das imagens e também pela interface do usuário. Através do software é realizada a análise das imagens, e através dos resultados da análise, o software toma a decisão necessária em relação ao produto analisado. O sistema de processamento também pode realizar levantamentos estatísticos importantes em relação a produção.

### 

#### Sistema de Descarte

O sistema de descarte é o responsável por retirar as peças defeituosas detectadas pelo sistema de processamento. Esse sistema é controlado através de sinais disparados pelas portas de comunicação pelo software de inspeção.

### Processamento de Imagens

Processar uma imagem consiste em transformá-la sucessivamente, com o objetivo de extrair mais facilmente a informação nela presente. O processamento de imagens tem uma extrema dependência ao sistema ao qual está associado o seu uso, deste modo, não existindo no entanto uma solução única deste tipo de sistema que resolva todos os problemas.

O processamento de imagens assume um importante papel nos sistemas de visão computacional, visto que, através do processamento é possível obter informações sobre a imagem para uma posterior analise e tomada de decisão. Nesta seção serão descritas algumas técnicas utilizadas nestes sistemas.

#### Pixel

Existem várias maneiras de representar imagens digitais. A mais utilizada é a que apresenta a imagem na forma de uma matriz, em que cada posição da matriz representa um ponto da imagem, e nessa posição é armazenado o nível de cinza daquele ponto. O menor elemento de uma imagem digital, ou seja, cada posição da matriz é dado o nome de pixel. Cada pixel é representado por um byte, podendo assim, receber 256 valores diferentes.



Figura 3 - Representação de uma imagem digital

A figura 3 ilustra a comparação entre toda a imagem e um pixel presente na imagem.

#### Conectividade Entre Pixels

Representar uma imagem como uma matriz de pixels, faz com que surjam dois problemas importantes nas técnicas de processamento. O primeiro é que um pixel não apresenta a mesma propriedade em todas as direções, isso faz com que um pixel tenha quatro vizinhos de borda e também quatro vizinhos de diagonal. Isso faz com que existam dois tipos de conectividade entre pixels, D4 (onde é levado em consideração apenas os vizinhos de borda) e D8 (onde é considerado os vizinhos de borda e de diagonal). O segundo problema é uma consequência do primeiro, ou seja, a distância entre um ponto e seus vizinhos D4 não é a mesma do que a dos vizinhos D8 (a distância é 1 para os vizinhos de borda e para os vizinhos de diagonal).

Os pixels vizinhos de conectividade D4 a um pixel na coordenada (x,y) é dado pela relação (x+1,y),(x-1,y),(x,y+1),(x,y-1). E para a conectividade D8, além dos de conectividade D8, são vizinhos os seguintes pixels (x+1,y+1),(x+1,y-1),(x-1,y+1),(x-1,y-1). Alguns dos pixels não estarão presentes caso o pixel esteja localizado na borda da imagem.

A conectividade entre pixels é um conceito importante para o processamento de imagens, em especial para o estabelecimento das bordas de objetos presentes em uma imagem. Para estabelecer se dois pixels são conexos é preciso determinar se os pixels são vizinhos e se seus níveis de cinza são similares. Conforme a necessidade, pode ser utilizado para a determinação de conexidade, pode ser considerada uma conectividade D4 ou D8.

#### Pré-processamento

O pré-processamento tem como objetivo melhorar a qualidade de uma imagem digital a fim de facilitar o processamento dos seguintes processos de análise de imagem. Dentro do sistema de visão computacional, o pré-processamento exerce principalmente as funções de realce e restauração das imagens a serem processadas.

O realce tem como objetivo destacar as principais características importantes da imagem, para isso são utilizadas técnicas de contraste, destaque de contornos e suavização. A operação de restauração visa deixar a imagem digital o mais próximo possível da cena capturada. Durante o processo de digitalização de imagens através de dispositivos eletrônicos é comum a perda de detalhes ou a obtenção de ruídos indesejados, que irão atrapalhar a obtenção da informação das imagens.

#### 2.1.2.4 Segmentação de imagens

A segmentação é a primeira etapa do processamento da imagem. Segmentar uma imagem consiste em dividir a imagem em diferentes regiões significativas, que posteriormente serão analisadas por algoritmos em busca de informações.

Por exemplo, na figura 4, que representa a estrutura hexagonal de um liquido magnético semitransparente observada em detalhes, já em escala de cinza, podemos dividir cada pixel da imagem em duas regiões, uma região branca, que representa o fundo, e uma outra preta, que representa as células. Este tipo de imagem, com dois níveis de cinza é conhecida como imagem binária. Devido as grandes facilidades na manipulação desse tipo de imagem, elas são frequentemente utilizadas no processo de tratamento da informação.

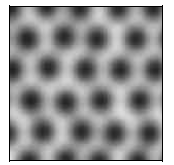


Figura 4 - Estrutura hexagonal de um liquido magnético semitransparente

Existem diversas técnicas utilizadas para a segmentação de imagens. Uma imagem em níveis de cinza pode ser segmentada de duas maneiras: ou através da semelhança entre os níveis de cinza ou através de suas diferenças.

O método da similaridade entre os níveis de cinza, conhecido como limiarização é uma das segmentações mais utilizadas. Este tipo de abordagem, engloba várias técnicas diferentes, uma delas é a limiarização global. Nesta técnica, é definido um limiar que representa um nível de cinza qualquer. Para cada pixel da imagem, é realizado um teste para verificar se o nível de cinza deste pixel é maior que o limiar definido, caso seja, o mesmo é rotulado com um valor, caso contrário é rotulado com outro valor. O resultado dessa limiarização, resulta uma imagem binária, em que a cor de cada pixel é representada por apenas um bit, ou seja, cada pixel da imagem acima do limiar é representado com a cor preta (valor 0) ou abaixo do limiar (valor 1).



Figura 5 - Representação da figura 3 segmentada

Outra forma de segmentação é a detecção de bordas. Essa técnica é baseada na descontinuidade de valores de níveis de cinza.

### Descritores de Imagens

Após obter-se os agrupamentos de pixels que representam os componentes da imagem na imagem de segmentação é necessário descrever os componentes de uma maneira mais apropriada, já que uma análise direta sobre os pixels não é muito eficiente. Os descritores são conjuntos de números gerados para descrever uma forma, eles podem não reconstruir completamente a forma descrita, mas devem ser suficientes para discriminar diferentes formas.

A descrição de componentes da imagem pode ser dada através de descritores simples, como a área, que é obtida simplesmente através da contagem dos pixels que compõe a região. Porém, na maioria das aplicações, informações tão simples como a área não são muito significativa para a resolução dos problemas.

Um dos descritores mais completo é o código de cadeia que consiste em seguir a fronteira de um agrupamento de pixels em determinado sentido e atribuindo-se uma direção ao segmentos que conectam cada par de pixel.

A forma de descrição de imagens mais popular são os descritores de Fourier, estes descritores não constituem um método simples, mas uma classe de métodos já que existem diferentes maneiras de defini-los. A vantagem deste método de descrição encontra-se na possibilidade de representar uma forma com uma pequena quantidade de descritores.

### Interpretação de Imagens

Esta etapa consiste em identificar padrões através da análise das descrições da imagem realizada na e etapa anterior e assim, realizar a classificação dos objetos tendo como base alguns padrões ou regras previamente definidas.

# Capitulo 3

## Resultados

O questionários aplicados na turma do segundo ano de Engenharia de Computação procuravam avaliar o que os futuros profissionais de computação sabem sobre visão computacional.

O questionário era composto de seis perguntas, as quais procuravam saber do público entrevistado quais os conceitos sobre visão computacional eles conheciam e o quão seguro eles o consideram. Os resultados da aplicação do questionário estão dispostos nas seguintes tabelas:

|  |  |
| --- | --- |
| Qual seu nível de conhecimento em relação a visão computacional? | |
| Respostas | % |
| Já desenvolvi | 0 |
| Conhecimento avançado, porém nunca desenvolvi | 60 |
| Pouco conhecimento | 40 |
| Não Conheço | 0 |

Tabela 1 - Resultados da questão qual seu nível de conhecimento em relação a visão computacional?

|  |  |
| --- | --- |
| Considera um sistema de visão computacional seguro para realizar a inspeção de qualidade de uma indústria? | |
| Respostas | % |
| Sim | 80 |
| Não | 20 |

Tabela 2 - Resultado da questão Considera um sistema de visão computacional seguro para realizar a inspeção de qualidade de uma indústria?

|  |  |
| --- | --- |
| Qual desses conceitos você conhece? Mais de uma alternativa pode ser marcada. | |
| Respostas | % |
| Pixel | 100 |
| Histograma | 60 |
| Transformada de Fourier | 20 |
| Segmentação de imagens | 60 |
| Descritores de imagens | 0 |
| Redes neurais | 40 |

|  |  |
| --- | --- |
| Você considera a inspeção de qualidade feita por um sistema automatizado em relação a uma feita por humano: | |
| Respostas | % |
| Sempre melhor | 0 |
| Melhor dependendo das características analisadas | 100 |
| Os dois fazem a inspeção com a mesma qualidade | 0 |
| Sempre melhor | 0 |

## Discussão dos resultados

Foi possível perceber que a maioria dos entrevistados tem conhecimento avançado porem nunca desenvolveram e também que a maioria conhece pelo menos um conceito que a visão computacional envolve. Alguns entrevistados comentaram que conhecem os conceitos devido a suas pesquisas de iniciação cientifica.

Os futuros profissionais na área tem confiança visto que 80% responderam que confiam no sistema de visão computacional. E também todos os entrevistados consideram que a inspeção realizada pela máquina e realizada por um humano melhor dependendo das características analisadas.

Os entrevistados também sabem que um sistema de visão computacional é capaz de atuar em todo tipo de indústria.

# Capitulo 4

## Conclusão

Através do desenvolvimento desta monografia foi possível conhecer os conceitos básicos para o desenvolvimento de sistemas de visão computacional e sua enorme aplicação em todos os tipos de indústria e que para mudar de uma indústria para outra são necessários apenas pequenos ajustes.

Foi possível percebem também a confiabilidade do sistema. Visto que ele pode ver de grandes a pequenos detalhes e de maneira mais rápida do que através do olho humano.

Também foi possível perceber com a aplicação do questionário, que apesar de não ter uma matéria especifica para processamento de imagens a maioria dos futuros profissionais da área de computação conhecem os conceitos básicos de visão computacional, isso devido as suas pesquisas de iniciação cientifica dentro da própria universidade.

# **Referências**

InviSys Sistemas de Visão Computacional Ltda. **O que é visão computacional?** Colombo. Disponível na internet: <http://www.invisys.com.br>. Acessado em: 09 de abril de 2013.

MILANO, D.; HONORATO, L. B. **Visão computacional.** Limeira: FT, 2010. Disponível na internet: <http://www.ft.unicamp.br>. Acessado em: 09 de abril de 2013.

PORTES DE ALBUQUERQUE, M.; PORTES DE ALBUQUERQUE, M. **Processamento de Imagens: Métodos e Análises.** Rio de Janeiro: CBPF/MCT.

DA SILVA, P.; BARBOSA, R.; MICHEL, M. **A importância da qualidade dos produtos para manter a competitividade das organizações.** Revista cientifica eletrônica de administração. Edição 10. Garça: FAEF,2006. Disponível na internet: <http://www.revista.inf.br>. Acessado em: 09 de abril de 2013.

STIVANELLO, M. E. **Inspeção industrial através de visão computacional.** Blumenau, 2004.