

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

MAYCON JORGE FELSKI

MEDIDOR DE DIÂMETRO DE NANOPARTÍCULAS EM IMAGENS PROVENIENTES  
DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE TRANSMISSÃO

Gaspar-SC

2018

MAYCON JORGE FELSKI

MEDIDOR DE DIÂMETRO DE NANOPARTÍCULAS EM IMAGENS PROVENIENTES  
DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE TRANSMISSÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito parcial para aprovação na unidade curricular de Trabalho de Conclusão de Curso II.

Orientador: Leonardo R. P. Rauta,  
Me.

Coorientador: Watson Beck Júnior,  
Dr.

Gaspar-SC

2018

F324m Felski, Maycon Jorge

Medidor de diâmetro de nanopartículas em imagens provenientes de microscopia eletrônica de transmissão / Maycon Jorge Felski ; orientador, Leonardo Ronald Perin Rauta, coorientador, Watson Beck Júnior, 2018.  
38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Gaspar, Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Gaspar, 2018.

Inclui referências.

1. Nanopartículas. 2. Nanotecnologia. 3. Microscopia eletrônica de transmissão. I. Rauta, Leonardo Ronald Perin. II. Beck Júnior, Watson. III. Instituto Federal de Santa Catarina. Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. IV. Título.

CDD 620

## RESUMO

A área de nanotecnologia e a nanociência tem mostrado que as propriedades dos materiais são altamente dependentes das dimensões das partículas que compõem esses materiais, bem como da homogeneidade dessas dimensões. Dessa forma analisar a relação entre as dimensões das nanopartículas e suas propriedades é essencial para o desenvolvimento da nanociência. Embora já existam alguns softwares capazes de contar nanopartículas e medir suas dimensões a partir de imagens de microscopia eletrônica, tais softwares não foram desenvolvidos exclusivamente para tal finalidade, o que torna mais confusos os procedimentos para análise e processamento das imagens até obtenção das informações desejadas. O projeto consiste em desenvolver um software que permita ao usuário importar uma imagem das nanopartículas obtida por meio de microscopia eletrônica de transmissão e após o processamento dessa imagem pelo software o usuário obtenha um arquivo com o diâmetro de cada nanopartícula em nanômetros e a contagem das nanopartículas presentes na imagem. O software desenvolvido apresentou um desempenho de 85% na contagem das nanopartículas das imagens processadas, não conseguindo distinguir apenas algumas sobreposições. Esse resultado demonstra que o software funciona como uma ferramenta útil na pesquisa e no desenvolvimento da nanociência.

**Palavras-Chave:** Nanopartículas. Nanotecnologias. Microscopia Eletrônica de Transmissão.

## **ABSTRACT**

The area of nanotechnology and nanoscience has shown that the properties of the materials are highly dependent on the dimensions of the particles that compose these materials, as well as the homogeneity of these dimensions. Thus analyzing the relationship between nanoparticle dimensions and their properties is essential for the development of nanoscience. Although there are already some software capable of counting nanoparticles and measuring their dimensions from electron microscopy images, such software has not been developed exclusively for this purpose, which makes the procedures for analysis and processing of the images more confusing until obtaining the desired information. The project consists of developing software that allows the user to import an image of the nanoparticles obtained by means of transmission electron microscopy and after the processing of this image by the software the user obtains a file with the diameter of each nanoparticle in nanometers and the count of the nanoparticles present in the image. The developed software presented a performance of 85% in the count of the nanoparticles of the processed images, not being able to distinguish just some overlaps. This result demonstrates that software works as a useful tool in the research and development of nanoscience.

Keywords: Nanoparticles. Nanotechnologies. Transmission electronic microscopy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparação de um fio de cabelo com 100 nanômetros.....	10
Figura 2 – Imagem de MET mostrando nanopartículas esféricas de prata.....	11
Figura 3 – Esquemático de microscópio eletrônico.....	13
Figura 4 – Nanopartículas de Silício obtidas por meio de MET.....	13
Figura 5 – Esquemático do funcionamento do analisador de espalhamento de luz..	14
Figura 6 – Exemplos de vizinhança de pixels.....	16
Figura 7 – Aplicação de limiarização em uma imagem convertida para níveis de cinza.....	17
Figura 8 – Operadores usado para medir a variação de níveis de cinza.....	18
Figura 9 – Imagem original e o resultado após aplicar o operador de Sobel.....	19
Figura 10 – Tela de resultado de processamento do ImageJ.....	20
Figura 11 – Tela de resultado da contagem de micro-organismos.....	21
Figura 12 – Diagrama de atividades do software.....	24
Figura 13 – Diagrama de casos de uso do software.....	25
Figura 14 – Tela inicial do software.....	30
Figura 15 – Software após a imagem ser importada.....	30
Figura 16 – Imagem processada pelo software.....	31
Figura 17 – Software após marcar as nanopartícula que foram medidas com sucesso.....	31

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Caso de uso Importar imagem.....	26
Quadro 2 – Caso de uso informar escala.....	26
Quadro 3 – Caso de uso visualizar informações obtidas.....	27
Quadro 4 – Caso de uso limiarizar imagem.....	27
Quadro 5 – Caso de uso reconhecer as nanopartículas.....	27
Quadro 6 – Caso de uso subtrair fundo.....	28
Quadro 7 – Caso de uso Faz medição das nanopartículas.....	28
Quadro 8 – Caso de uso gera planilha com os resultados.....	28
Quadro 9 – Quadro gerado pelo software.....	32
Quadro 10 – Resultado das validações do software.....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DSL – *Dynamic light scattering*

IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina

*HD – Hard Disk*

*kV – kilovolt*

MET – Microscopia Eletrônica de Transmissão

nm – Nanômetro

N&N – Nanotecnologia

NP – Nanopartículas

RF – Requisito Funcional

RNF – Requisito não funcional

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>8</b>
1.1.1 Objetivo geral.....	8
1.1.2 Objetivos específicos.....	8
<b>1.2 Justificativa.....</b>	<b>8</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Nanopartículas.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Imagens em escala nanométrica.....</b>	<b>12</b>
2.2.1 Microscopia eletrônica de transmissão (MET).....	12
2.2.2 Espalhamento dinâmico de luz (DLS).....	14
<b>2.3 Processamento digital de imagem.....</b>	<b>15</b>
2.3.1 Vizinhaça de <i>pixel</i> e conectividade.....	15
2.3.2 Segmentação de Imagem.....	16
2.3.3 Limiarização.....	16
2.3.4.1 Transformada de Hough.....	17
2.3.5 Detecção de Bordas.....	18
<b>2.4 Trabalhos correlatos.....</b>	<b>19</b>
2.4.1 ImageJ.....	19
2.4.2 Software para contagem de micro-organismos em testes de toxinas.....	20
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Metodologia.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Descrição da solução proposta.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Requisitos funcionas e não-funcionais.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4 Diagrama de atividades.....</b>	<b>23</b>
<b>3.5 Diagrama de caso de uso.....</b>	<b>25</b>
<b>3.6 Validação.....</b>	<b>29</b>
<b>4 RESULTADOS OBTIDOS.....</b>	<b>30</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>34</b>
<b>5.1 Perspectivas.....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nanopartículas (NP) tem sido amplamente estudadas em pesquisas científicas e tecnológicas já a algum tempo devido a sua versatilidade, podendo ser encontradas em diversas áreas como, energética, eletrônica, médica, cosmética entre outras (FIGUEIREDO, 2012). Sendo assim, em muitos dos produtos que usados ou comprados pode-se encontrar nanopartículas. Por exemplo na área de informática, há estudos para aplicação de nanopartículas em *HDs* onde cada nanopartícula representa um bit. Ou, na indústria de vestuário onde há pesquisas para revestir as roupas com nanopartículas de ouro para adicionar recursos eletrônicos nas roupas (DAQUINO, 2011).

Os estudos de nanopartículas influenciam diretamente na economia. Estima-se que em 2010 o mercado mundial de nanotecnologia arrecadou US\$383 bilhões e estimava-se que em 2018 o mercado crescesse para US\$5,3 trilhões. Empresas especializadas na área estimam que o Brasil possua cerca de 1% do mercado de nanopartículas (PINELLI, 2016).

Contudo, para que seja possível obter avanços consistentes nas pesquisas de nanopartículas, é necessário que haja forma eficaz de medir essas partículas. Hoje existem várias técnicas para medição do tamanho de partículas, porém não há estudos organizados que comparem ou avaliem as técnicas atualmente disponíveis (FIGUEIREDO, 2012). Entre as técnicas atualmente disponíveis podemos citar, Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET), Espectroscopia de Fluorescência de Correlação, Espelhamento Dinâmico de Luz, Fracionamento do fluxo de campo entre outras (PEREIRA, 2017).

Embora estas sejam técnicas para análise de dimensões das Nanopartículas (NP), é necessário determinar o tamanho médio e a distribuição de tamanho das nanopartículas, o que a MET não informa. Existem alguns softwares que auxiliam nessa determinação. Entretanto, tais softwares não são específicos para essa finalidade, o que torna seu uso normalmente dificultado para usuários mais leigos devido à quantidade de informações que necessitam ser informadas ao software antes do processamento da imagem. Assim, muitos usuários preferem realizar a contagem manual, mas para haver uma representatividade da amostra, é necessário a contagem de muitas partículas (normalmente entre 500 e 1000 NP), o que é muito demorado. A ideia é desenvolver um software específico para a função de contar e

medir nanopartículas, que permita a contagem rápida e confiável.

Dessa forma, um software que faça a contagem e a medição das nanopartículas auxiliará em pesquisas e estudos feitos na área de nanociência e nanotecnologia (N&N) e que podem alterar significativamente muitas ações do cotidiano das pessoas. Como por exemplo na medicina onde há estudos de nanopartículas no tratamento de câncer.

## 1.1 Objetivos

Nesta subseção são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos.

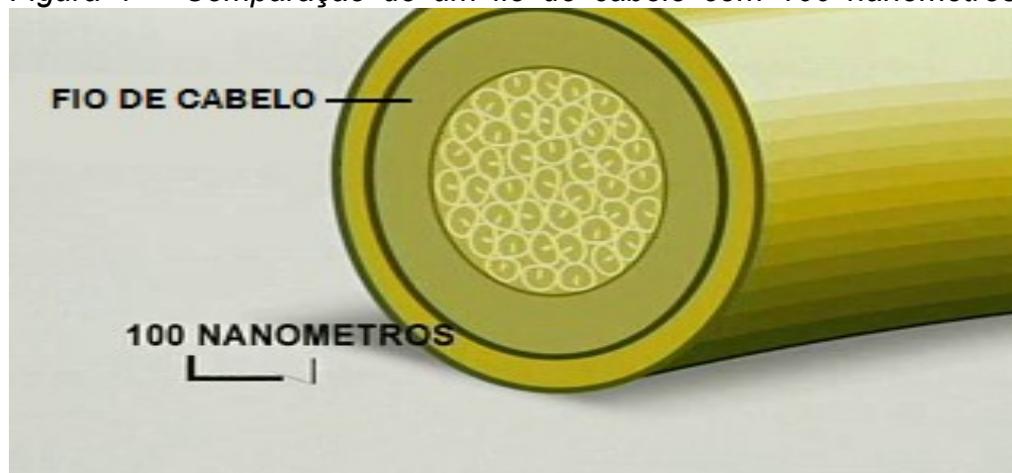
### 1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver um software para contagem e dimensionamento de nanopartículas de imagens provenientes de Microscopia Eletrônica de Transmissão.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- a) realizar o processamento de imagens para identificação de nanopartículas, eliminando possíveis sobreposições e ruídos nas imagens;
- b) quantificar o número de nanopartículas presentes na imagem;
- c) medir o diâmetro das nanopartículas presentes na imagem;
- d) validar a eficiência do software através da comparação entre os dados obtidos manualmente e os obtidos pelo software.

*Figura 1 – Comparação de um fio de cabelo com 100 nanômetros*



## 1.2 Justificativa

Nos últimos anos houve grandes avanços na área de nanotecnologia e no estudo de nanopartículas onde constantemente são encontrados novos usos e aplicações. No entanto, uma das dificuldades encontradas é uma forma segura de fazer a medição (FIGUEIREDO, 2012). Existem alguns softwares tais como o ImageJ e o Kalliope que realizam a contagem de nanopartículas, mas o grande problema é a divergência que ocorre das informações obtidas se comparadas à contagem manual o que gera dúvidas para o pesquisador (DIAS, 2008). Fazendo que muitos pesquisadores prefiram a contagem e medição manual. Sendo assim, mesmo com os softwares e técnicas de contagem existentes alguns pesquisadores ainda optam por fazer a contagem e a medição manual para assegurar e validar os resultados obtidos (FIGUEIREDO, 2012).

O Brasil mais especificamente na região de Santa Catarina possui a capacidade de produzir pesquisas e produtos na área de nanotecnologia tanto para o mercado interno quanto para os outros países (PINELLI, 2016). Assim um software que faça essa medição e a contagem automaticamente, de maneira confiável e com uma taxa de acerto aceitável e mostre para o pesquisador as informações necessárias com um baixo custo para ele acelerará e facilitará o desenvolvimento de pesquisas nessa área.

Para o desenvolvimento desse software o projeto foi organizado como segue: a sessão 2 apresenta toda a fundamentação teórica para o desenvolvimento do trabalho; a sessão 3 apresenta sobre os materiais usados e os métodos aplicados no desenvolvimento do aplicativo; a sessão 4 apresenta os resultados obtidos e a sessão 5 a conclusão.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, serão apresentados os assuntos necessários para o desenvolvimento desse projeto. Será explicado o que são nanopartículas e alguns dos métodos de contagem e medição das mesmas. Em seguida serão mostradas algumas técnicas de processamento de imagem.

### 2.1 Nanopartículas

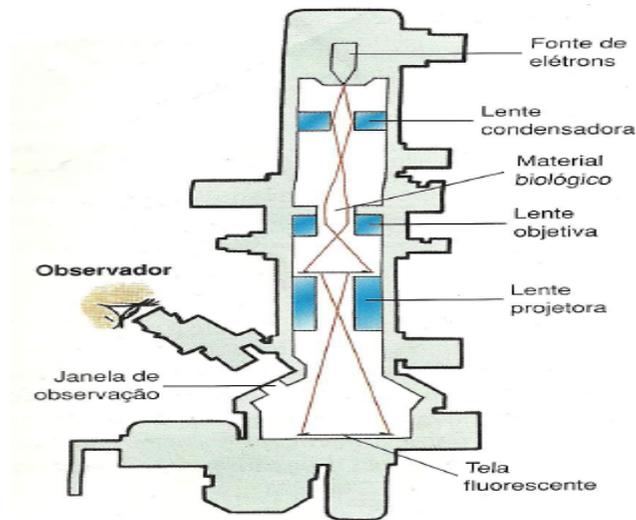
Nanopartículas começaram a ser produzidas no final do século XIX, onde Michael Faraday já sintetizava nanopartículas de ouro, porém não conseguia compreender suas propriedades. A nanotecnologia passou a ser considerada ciência em 1959 quando Richard Feynman fez um discurso no qual dizia que em escalas nanométricas havia muitas coisas a serem descobertas, pois as propriedades das partículas mudavam. Desde então houve grandes esforços para obter avanços nessa área (LONGO, 2004).

Um nanômetro equivale a um metro dividido por um bilhão, ou seja, 1 nm é o mesmo que  $10^{-9}$  m. Então nanopartículas são partículas extremamente pequenas de materiais. Por exemplo, um fio de cabelo tem cerca de 0.1mm de diâmetro, isso é 100.000 vezes maior que 1 nanômetro (LONGO, 2004). Como é visto na Figura 1 que compara o tamanho de 100nm(o maior tamanho de uma nanopartícula) com um fio de cabelo.

Fonte: Silva, [2017], não paginado.

Uma nanopartícula é uma estrutura que está na escala entre 1 – 100 nm. As nanopartículas possuem uma tendência natural a se agrupar, aumentando assim o seu tamanho podendo ultrapassar o tamanho de 100 nm. Essa tendência está relacionada à energia de superfície das partículas, pois quanto mais finamente dividido o material, maior é a área de superfície exposta, o que aumenta a energia de superfície total. Assim, buscando diminuir essa energia, as partículas tendem a se aglomerar espontaneamente. Quando ultrapassam 100 nm elas deixam de ser consideradas nanopartículas e passam a ser consideradas nanomateriais apesar de ainda possuírem as mesmas propriedades (SANTOS, 2014). Na Figura 2 pode ser visto uma imagem de nanopartículas obtida por meio de MET.

Figura 2 – Esquemático de microscópio eletrônico



Fonte: Kouvaris *et al.*, 2012 *apud* Muehlmann, 2012, não paginado.

As nanopartículas mudam o comportamento quando atingem a escala de nanômetros e começam a sofrer algumas alterações, pois a diminuição do tamanho das

partículas que constituem um material resulta na alteração da distribuição da energia. Quanto mais uma partícula é dividida mais área de superfície é exposta. Ainda a diminuição do tamanho das partículas que constituem um material resulta no aumento da razão entre sua área de superfície e seu volume, aumentando assim sua energia de superfície.

Já foi constatado que quando os materiais atingem a escala nanométrica as propriedades sofrem grandes alterações sem alterar a sua composição, apenas alterando o seu tamanho. Pesquisadores perceberam que nessa escala nanomateriais apresentam novas propriedades como: resistência, maleabilidade, elasticidade, condutividade e poder de combustão diferenciados (ARCURI, 2008).

## 2.2 Imagens em escala nanométrica

Para obter imagens em escala nanométrica existem algumas técnicas tais como microscopia eletrônica de transmissão e espalhamento dinâmico de luz. A seguir, são apresentados essas técnicas para usadas obter imagens em escala nanométricas.

### 2.2.1 Microscopia eletrônica de transmissão (MET)

Essa técnica é amplamente usada em várias áreas de pesquisas científicas. Ela consiste em um feixe de elétrons com tensão de aceleração de aproximadamente 100kV que resulta em um comprimento de onda de 0,0037nm, que atravessa a amostra a ser analisada. Com isso os elétrons transmitidos são analisados pelo detector.

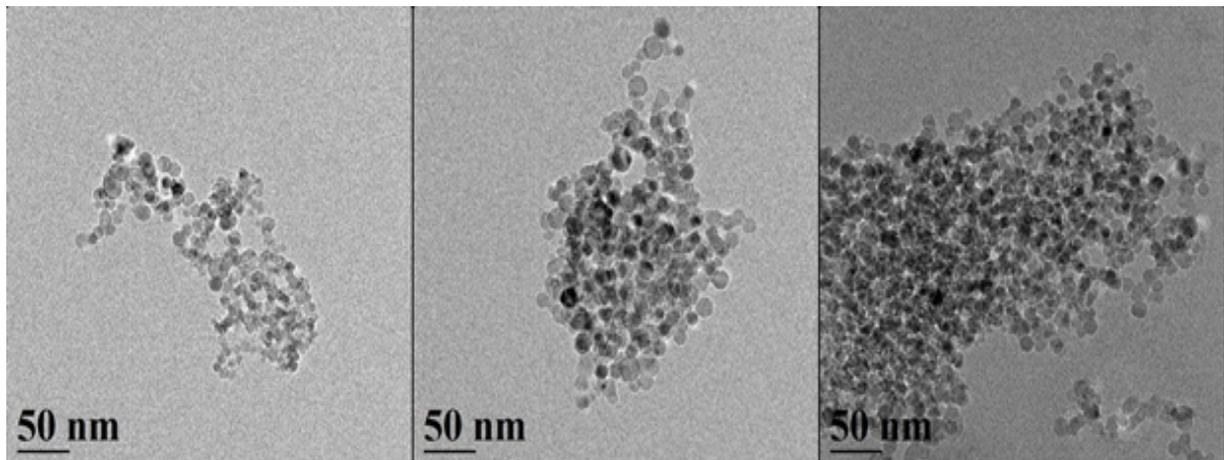
Após isso, a imagem é focada e ampliada para a análise e documentação (RAMOS, 2013). Na Figura 3 podem ser vistos os componentes de um microscópio eletrônico de transmissão. São eles: Uma fonte de elétrons, uma lente condensadora, uma lente objetiva, uma lente projetora e uma tela fluorescente. Um feixe de elétrons é aplicado sobre uma amostra. A interação dos elétrons com a amostra gera uma imagem.

Fonte: Escola..., 2012, não paginado.

Um microscópio eletrônico de transmissão possui uma resolução ao redor de

0,2nm, valor este que pode se alterar dependendo do microscópio utilizado. O fato dele usar ondas de elétrons para gerar a imagem também torna possível através dele medir a espessura dos materiais analisados (RAMOS, 2013). Como pode ser visto na Figura 4. Ele pode dar uma medida aproximada da espessura com base no contraste da imagem de cada partícula, embora a espessura não seja a única grandeza que interfere nesse contraste.

Figura 4 – Nanopartículas de Silício obtidas por meio de MET



Fonte: Swihart Research Group, [2013?] *apud* Scitech Daily, 2013, não paginado.

### 2.2.2 Espalhamento dinâmico de luz (DLS)

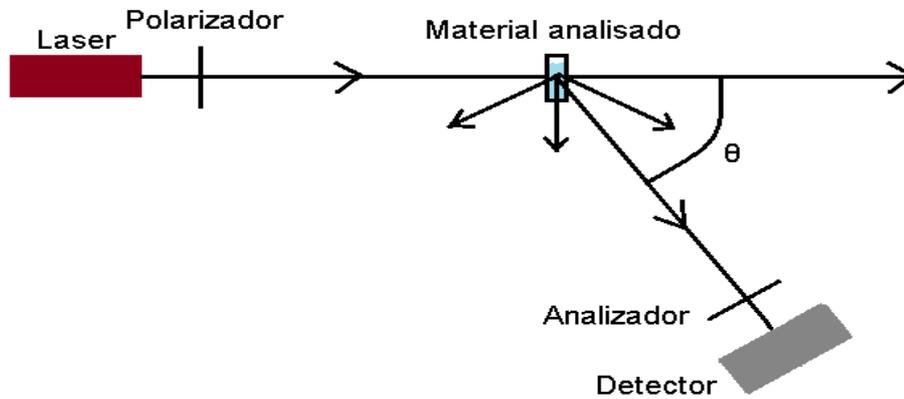
Espalhamento dinâmico de luz (*Dynamic light Scattering, DLS*), também conhecida como *Espectroscopia* de Correlação de Fótons, é uma técnica usada para medição/contagem de partículas que estão suspensas em líquido. Elas são iluminadas por alguma fonte de luz, tal como um *laser*, fazendo assim a luz se espalhar em todas as direções. Com isso é possível analisar a flutuação de intensidade da luz espalhada em um ângulo e estimar através da intensidade o tamanho da partícula (NOMURA, 2013).

No entanto, o DLS nos mostra informações a respeito do diâmetro hidrodinâmico das partículas que corresponde ao diâmetro da partícula somada à camada de moléculas do solvente que está interagindo com a superfície das partículas (NOMURA, 2013).

Na Figura 5 pode ser visto como funciona um analisador de espalhamento de luz. A luz passa pelo polarizador e atinge a amostra analisada. Os feixes de luz se espalham e atingem o analisador que com base no tamanho dos feixes mede as

nanopartículas.

Figura 5 – Esquemático do funcionamento do analisador de espalhamento de luz



Fonte: Espalhamento..., 2017, não paginado.

No entanto, o espalhamento dinâmico de luz é sensível a poeira que pode desviar a luz. Ele também pode ter problemas com algumas partículas maiores, pois o DLS depende do cálculo do movimento para obter o tamanho da partícula. Outro ponto negativo é que ele mede o tamanho hidrodinâmico das nanopartículas. O que impossibilita a comparar o tamanho de diferentes materiais (NOMURA, 2013).

### 2.3 Processamento digital de imagem

Nessa seção serão descritos as características do processamento digital de imagem. Serão apresentados conceitos de vizinhança e conectividade entre *pixels*; segmentação de imagens e transformada de Hough.

Para Gonzales e Woods (2008), imagens são funções de duas dimensões na forma  $f(x, y)$  onde o valor ou a amplitude de  $f$  nas coordenadas  $(x, y)$  é a quantidade de iluminação naquele ponto. Assim, uma imagem digital nada mais é que uma matriz de *pixels*. *Pixels* são pontos em uma imagem que possuem valores para definir a sua tonalidade (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999). O processamento digital de imagem consiste em preparar uma imagem para que outros processos obtenham informações ou tratem a imagem (GONZALES; WOODS, 2008).

#### 2.3.1 Vizinhança de *pixel* e conectividade

Um conjunto de *pixels* cria uma vizinhança de *pixels* que consiste em um *pixel*

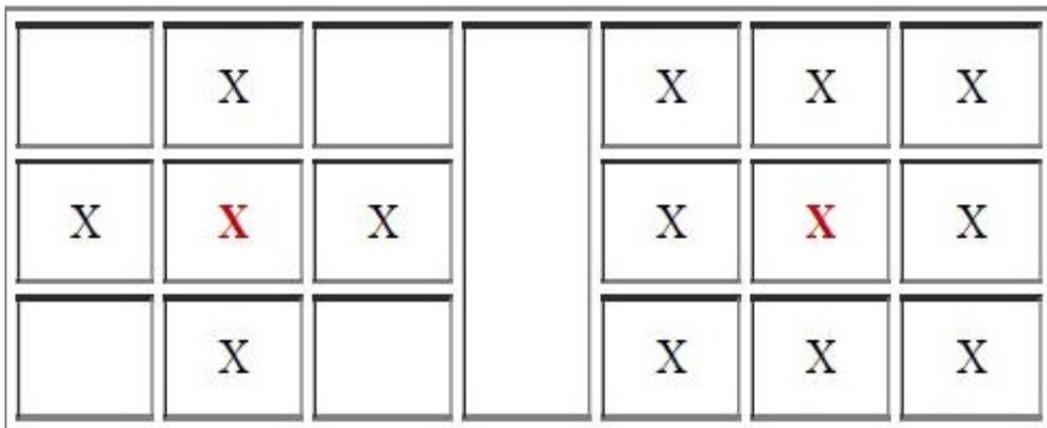
central e os demais *pixels* que estão ao seu redor. Um *pixel* na posição  $(x, y)$  possui dois vizinhos horizontais e dois vizinhos verticais e suas coordenadas são dadas por  $(x + 1, y)$ ,  $(x - 1, y)$ ,  $(x, y + 1)$ ,  $(x, y - 1)$ . Esse tipo de associação se chama vizinhança-de-4, os vizinhos diagonais possuem coordenadas  $(x + 1, y + 1)$ ,  $(x + 1, y - 1)$ ,  $(x - 1, y + 1)$ ,  $(x - 1, y - 1)$  e junto à vizinhança-de-4 se chama vizinhança-de-8 (GONZALES; WOODS, 2008). As vizinhanças de *pixels* são melhores representadas na Figura 6.

No entanto, para que dois *pixels* estejam conectados é necessário que eles



tenham alguma semelhança de níveis de cinza. Isso quer dizer que 4 *pixels* vizinhos podem não ser considerados conectados caso os níveis de cinza não forem considerados semelhantes (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999).

Figura 6 – Exemplos de vizinhança de *pixels*



Fonte: Silva, 2012, não paginado.

### 2.3.2 Segmentação de Imagem

A segmentação divide uma imagem nos objetos ou regiões que a compõe. A precisão da segmentação vai definir o sucesso ou não do processamento da imagem. Algoritmos de segmentação para imagens em escalas de cinza são baseados em duas categorias relacionadas aos valores de intensidade dos *pixels*: descontinuidade e similaridade (GONZALES; WOODS, 2008).

A descontinuidade se baseia em dividir a imagem baseando em grandes mudanças de níveis de cinza. Seu objetivo principal é a detecção de pontos isolados e bordas nas imagens. A similaridade se baseia na similaridade dos valores de cinza dos *pixels* (GONZALES; WOODS, 2008).

### 2.3.3 Limiarização

Limiarização é uma forma de segmentação que analisa a similaridade de níveis de cinza para assim extrair os objetos da imagem. Ela usa como base um *pixel* que servirá de parâmetro para a separação dos níveis de cinza da imagem. Basicamente essa categoria varre os *pixels* da imagem e se o *pixel* tiver valor menor que o parâmetro escuro recebe o valor 1, caso contrário recebe 0.

A principal dificuldade desse técnica é definir corretamente o pixel para servir de parâmetro. Assim, para fazer a varredura da imagem poderá colocar 1 nos níveis de cinza que corresponde ao objeto, enquanto os *pixels* que correspondem ao fundo recebem 0 (GONZALEZ; WOODS, 2008). Na Figura 7 é apresentado a aplicação da limiarização em uma imagem. Ela foi processada para ficar em tons de cinza e em seguida foi aplicado a limiarização.

Figura 7 – Aplicação de limiarização em uma imagem convertida para níveis de cinza

Fonte: Adaptado de Goldner, [201-?], não paginado.

#### 2.3.4.1 Transformada de Hough

Desenvolvida em 1962 por Paul Hough, a transformada de Hough tem como objetivo obter através de limiarização e mudança de tons, os pontos de uma imagem. Os pontos da curva são mapeados para a conversão em uma matriz de inteiros onde cada posição representa o intervalo entre os pontos. Sempre que é encontrado algum ponto que satisfaça os parâmetros é incrementado um contador que corresponde a sua posição na matriz (MACEDO, 2005).

Imagens computacionais geralmente possuem ruídos e descontinuidades nas suas formas. A transformada de Hough é conhecida por ser eficiente em localizar padrões em imagens com descontinuidades ou ruídos. No entanto, a transformada de Hough possui a desvantagem de exigir uma grande quantidade de memória já que processamento aumenta com o aumento do tamanho da matriz. (MACEDO, 2005).

#### 2.3.5 Detecção de Bordas

Detecção de bordas é uma forma de conseguir localizar na imagem os objetos e formas que a compõe. Uma borda no processamento de imagem é uma região na imagem onde a intensidade dos *pixels* mudam bruscamente em relação aos *pixels* vizinhos (GONZALEZ; WOODS, 2008). Assim, o contraste será menor ou maior entre os *pixels* vizinhos e os da borda. Vamos abordar alguns métodos de

detecção de bordas.

Para detectar bordas e fazer o realce delas é aplicado um filtro por derivada. Para aplicar esse filtro são usadas máscaras de convolução. Elas também são chamadas de operadores 2x2 ou operadores 3x3. Serão apresentados os operadores mais comuns usados para detecções de bordas no processamento de imagens, são eles: Roberts, Prewitt e Sobel (MUTARANA, 2010). Na Figura 8 é mostrado as máscaras dos operadores para detectar os níveis de cinza.

Figura 8 – Operadores usado para medir a variação de níveis de cinza

Operador	Vertical	Horizontal
<i>Roberts</i>	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$
<i>Prewitt</i>	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
<i>Sobel</i>	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$

Fonte: Adaptado de Bensebaa, [201-?], não paginado.

A Figura 9 mostra a imagem original que está em níveis de cinza e ao lado o resultado após aplicar o operador de Sobel.

Figura 9 – Imagem original e o resultado após aplicar o operador de Sobel



Fonte: Adaptado de Bensebaa, [201-?], não paginado.

O operador de Sobel (máscara 3x3), ele aumenta o contraste dos *pixels* próximos ao *pixel* central assim ele obtém as bordas mais destacadas. Nas bordas a soma da matriz tem que ser diferente de zero (MUTARANA, 2010).

## 2.4 Trabalhos correlatos

Nessa subseção serão apresentados os trabalhos correlatos. Serão apresentados softwares que servirão como referência para esse projeto. Será discutido o ImageJ, um software usado para processamento de imagens, semelhante ao software desenvolvido nesse projeto. Também será falado sobre um software usado para contagem de microrganismos vivos após testes de toxinas. Esses trabalhos foram usados, pois se assemelham ao *software* desenvolvido nesse trabalho. Eles foram encontrados após uma pesquisa sobre *softwares* usados para contagem de partículas de tamanhos muito pequenos.

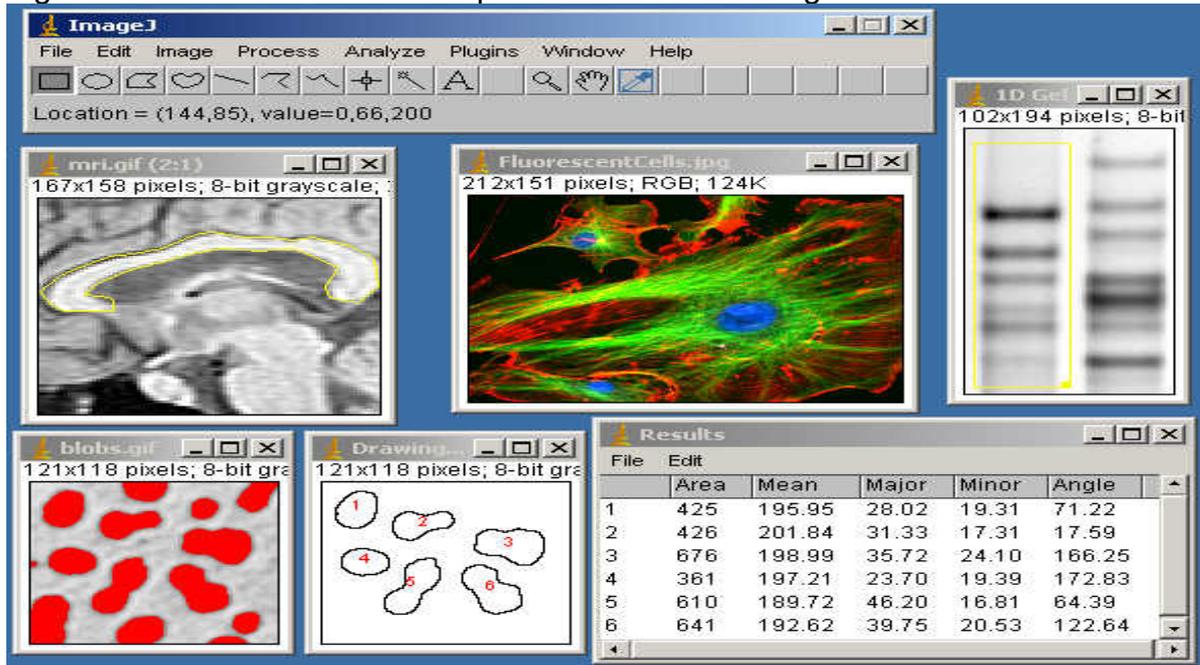
### 2.4.1 ImageJ

ImageJ é um software gratuito para processamento de imagens desenvolvido pela *National Institute of Mental Health*. O *software* é desenvolvido em java e é compatível com máquinas virtuais Java 5 ou superior. Suporta vários formatos de arquivos e suporta também processamento de imagens em lote Ele pode detectar bordas, contraste, fazer operações matemáticas e filtragem mediana na imagem processada (IMAGEJ, 2017).

O ImageJ foi lançado em 1997 e o diretor do projeto Wayne Rasband continua a desenvolver o software até hoje, mesmo com a sua saída do *National Institute of Mental Health* (IMAGEJ, 2017). A Figura 10 mostra a *interface* do ImageJ. Como pode ser visto a *interface* possui muitas informações além do tamanho das nanopartículas.

O ImageJ é um software completo na questão de detecção de formas na imagem, mas a grande quantidade de informações bem como as numerosas etapas de processamento da imagem podem confundir usuários mais leigos, tornando o processo custoso no quesito tempo.

Figura 10 – Tela de resultado de processamento do ImageJ



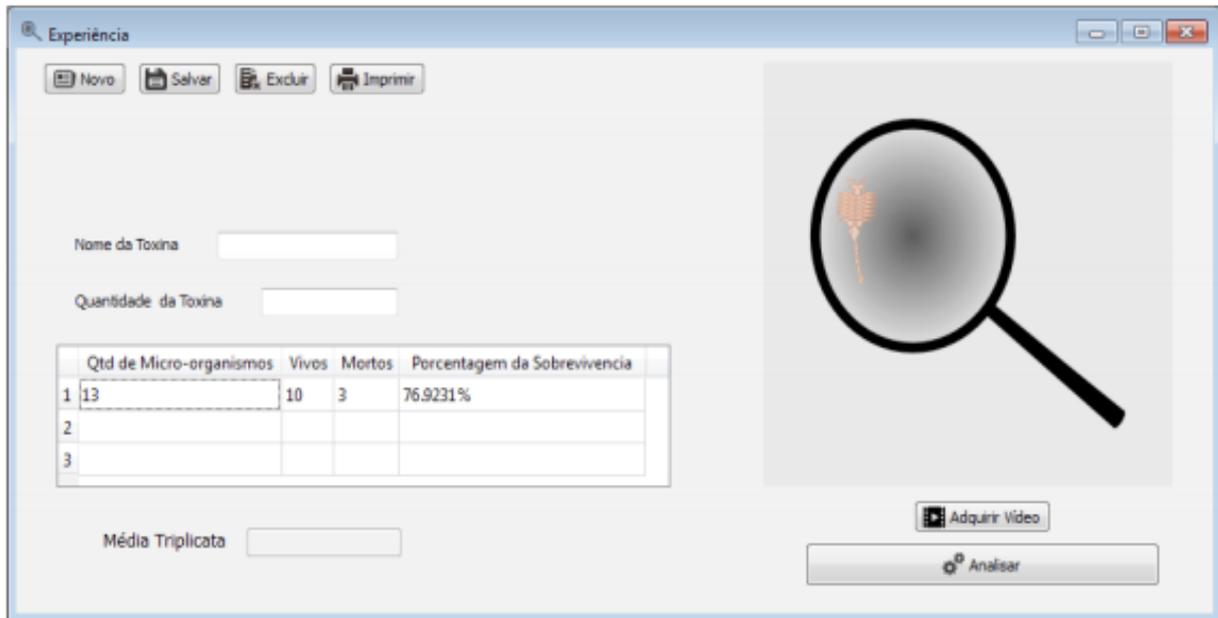
Fonte: ImageJ, 2017, não paginado.

#### 2.4.2 Software para contagem de micro-organismos em testes de toxinas

Desenvolvido por Fabrício Schramm de Oliveira como projeto integrador do curso técnico em informática no IFSC (Instituto Federal de Santa Catarina Campus Gaspar), esse software analisa imagens de água e faz a contagem de micro-organismos a partir de imagens microscópicas.

Essa ferramenta foi desenvolvida usando a linguagem de programação C++, com a biblioteca OpenCV para realizar o processamento de imagens. Esse software se assemelha muito ao que será desenvolvido nesse projeto por se tratar de contagem de objetos a partir de uma imagem digital (OLIVEIRA, 2014). A Figura 11 mostra a *interface* o software.

Figura 11 – Tela de resultado da contagem de micro-organismos



Fonte: Oliveira, 2014, não paginado.

Esse software analisa vídeos de amostras de água onde são adicionadas toxinas e ele calcula a taxa de sobrevivência dos micro-organismos. Para obter a taxa de sobrevivência, o software analisa o movimento dos micro-organismos (OLIVEIRA, 2014).

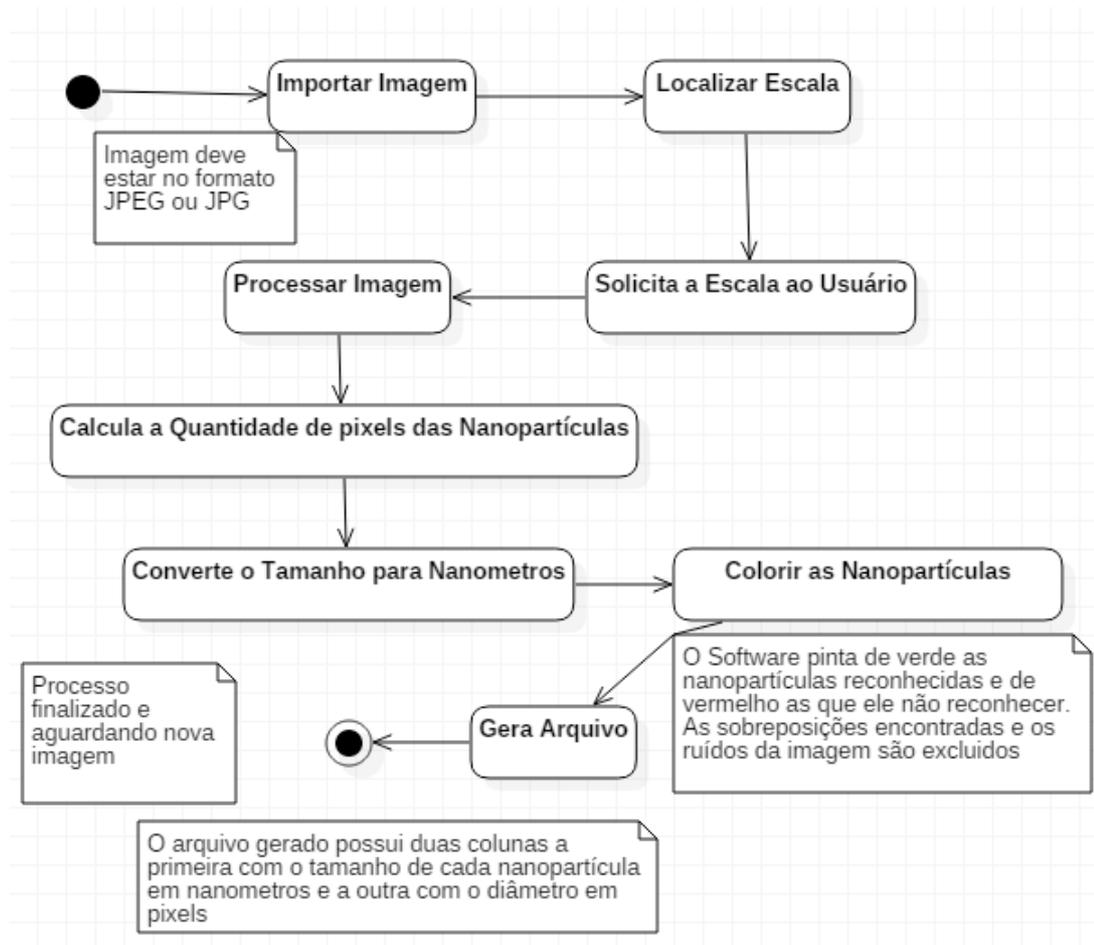
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nessa seção serão apresentados os requisitos do sistema, os diagramas necessários e a descrição das funcionalidades do software desenvolvido, além dos métodos para validar os resultados obtidos por meio dele.

#### 3.1 Metodologia

Essa pesquisa é de natureza aplicada, pois foi buscando conhecimento em uma aplicação prática. Do ponto de vista do problema, esta é pesquisa qualitativa e

Figura 12 – Diagrama de atividades do software



quantitativa, pois ela pode ser traduzida em números quanto resultará em um *software* que auxilia o pesquisador. Esta pesquisa da perspectiva de seus objetivos também pode ser considerada como exploratória por ter sido necessário buscar o conhecimento necessário em teses e bibliografias (MENEZES; SILVA, 2005).

### 3.2 Descrição da solução proposta

Foi desenvolvido um software que permitisse ao pesquisador a partir de uma imagem de MET obter a quantidade e os tamanhos das nanopartículas. Para isso, o pesquisador seleciona a escala da imagem e informa o seu tamanho em nanômetros. Com essa informação o software processa a imagem aplicando vários filtros para diferenciar as nanopartículas do fundo e dos ruídos da imagem.

Em seguida o software detecta as nanopartículas, excluindo o fundo e os ruídos da imagem, assim como as sobreposições. Com os resultados obtidos na medição o software mostra uma lista na lateral direita da tela e caso o pesquisador queira, ele clica em gerar arquivo, onde o software gera uma tabela com o diâmetro das nanopartículas em nanômetros e com o seu tamanho em *pixels*. Esse diâmetro é calculado a partir de uma relação simples de proporção(regra de três) O software foi desenvolvido usando a linguagem Java e os tratamentos descritos acima na imagem foi usado a biblioteca *OpenCV* que é própria para manipulação e tratamento de imagem.

### 3.3 Requisitos funcionas e não-funcionais

Essa subseção apresenta os requisitos funcionais e não funcionais do software.

#### **Requisitos Funcionais:**

RF 01. O software permite importar uma imagem obtida por meio de Microscopia Eletrônica de Transmissão em formato JPEG;

RF 02. O software deverá solicitar a confirmação da escala pelo usuário;

RF 03. O software deverá contar a quantidade de nanopartículas na imagem;

RF 04. O software deve solicitar ao usuário que informe o início e o final da escala;

RF 05. O software deve solicitar que o usuário digite a escala da imagem em nanômetros;

- RF 06. O software deverá medir o diâmetro de cada uma das nanopartículas;
- RF 07. O software identificará as nanopartículas circulares;
- RF 08. O software deverá gerar uma tabela com os resultados obtidos.

### Requisitos não-Funcionais

- RNF 01. O software deverá ser desenvolvido em Java usando a biblioteca *OpenCV*;
- RNF 02. Ele deverá ser desenvolvido para *desktop*;
- RNF 03. Ele deve ser compatível com a versão do Java 8 ou superior;
- RNF 04. O software deverá rodar em computadores com processador Core I5 ou superior para que o processamento da imagem não fique muito lento.

### 3.4 Diagrama de atividades

Nessa sessão será mostrado o diagrama que representa a sequência de atividades do software a ser desenvolvido. A Figura 12 mostra o passo a passo de como o software se comportará quando o usuário importar uma imagem. O usuário importar a imagem o software processa a imagem para limiarizar a imagem eliminando os ruídos. Em seguida é solicitado ao usuário que defina onde está a escala e digite o seu tamanho.

O software localiza as nanopartículas e mede a quantidade de *pixels* de cada uma. Então ele usa o valor da escala e o valor obtido em *pixels* de cada nanopartícula para medir o tamanho delas em nanômetros.

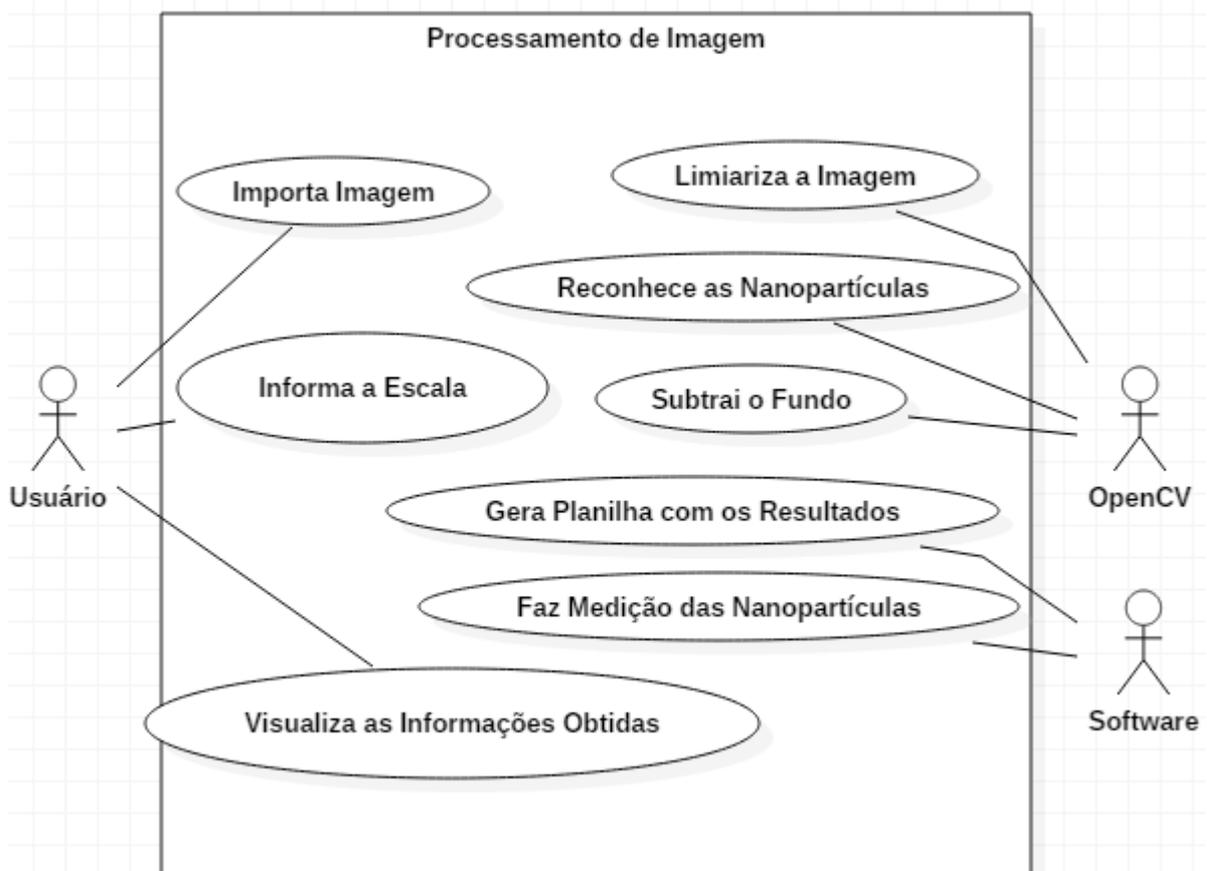
Após isso o *software* mostra os valores obtidos na tela e solicita se o usuário deseja salvar os resultados obtidos. Caso o usuário escolha por salvar os resultados, o *software* salva as informações obtidas em uma planilha no computador do usuário.

### 3.5 Diagrama de caso de uso

Nessa subseção será mostrado o diagrama que representa a interação do usuário com o software. O diagrama de casos de uso representa o cenário do software do ponto de vista do usuário que usará o software e apresentará as principais funcionalidades do software que será desenvolvido.

O diagrama da Figura 13 mostra as ações que o usuário precisa realizar, as ações do software e as ações que serão feitas com o *OpenCV*. A Figura 13 também mostra o tratamento da imagem todo feito pelo *OpenVC*, pois se trata de uma biblioteca própria para esse tipo de aplicação.

Figura 13 – Diagrama de casos de uso do software



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Nos quadros abaixo estão as descrições dos casos de uso. No Quadro 1 está a descrição do caso de uso importar imagem. No Quadro 2 está a descrição do caso

de uso informar escala. No Quadro 3 está a descrição do caso de uso visualizar as informações obtidas. No Quadro 4 está a descrição do caso de uso limiarizar imagem. No Quadro 5 está a descrição do caso de uso reconhecer nanopartículas. No Quadro 6 está a descrição do caso de uso subtrair fundo. No Quadro 7 está a descrição do caso de uso faz medição das nanopartículas. No Quadro 8 está a descrição do caso de uso Gerar planilha com os resultados.

Quadro 1 – Caso de uso Importar imagem

<b>Caso de uso: Importar Imagem</b>	
<b>Ator principal</b>	Usuário
<b>Ator secundário</b>	
<b>Resumo</b>	Este caso de uso mostra a importação da imagem pelo usuário
<b>Pré-condições</b>	Ter uma imagem de microscopia eletrônica de transmissão JPEG
<b>Fluxo normal</b>	
<b>Ações do ator</b>	<b>Ações do sistema</b>
	O usuário clica em importar imagem
	Localiza a imagem que quer importar
<b>Fluxo alternativo</b>	
<b>Ações do ator</b>	<b>Ações do sistema</b>
	O sistema apresenta uma mensagem de erro

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Quadro 2 – Caso de uso informar escala

<b>Caso de uso: Informar Escala</b>	
<b>Ator principal</b>	Usuário
<b>Ator secundário</b>	
<b>Resumo</b>	Este caso de uso mostra que o usuário deve informa a escala da imagem e digitar o seu tamanho em nanômetros
<b>Fluxo normal</b>	
<b>Ações do ator</b>	<b>Ações do sistema</b>
	O sistema abre uma tela solicitando que o usuário clique no ponto inicial e final da escala.
	Em seguida o usuário digita o tamanho da escala
	O usuário clica em confirmar
<b>Fluxo alternativo</b>	
<b>Ações do ator</b>	<b>Ações do sistema</b>
	O usuário não insere e o sistema não detecta, é apresentado uma mensagem pelo sistema

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Quadro 3 – Caso de uso visualizar informações obtidas

<b>Caso de uso: Visualizar as informações obtidas</b>	
<b>Ator principal</b>	Usuário
<b>Ator secundário</b>	Sistema
<b>Resumo</b>	Este caso de uso mostra a visualização dos resultados obtido pelo software
<b>Pré-condições</b>	Ter uma imagem processada pelo sistema
<b>Fluxo normal</b>	
<b>Ações do ator</b>	<b>Ações do sistema</b>
	O usuário clica em visualizar resultados
	O sistema apresenta na tela os resultados obtidos
	O usuário clica em salvar
	O sistema salva a informação em uma planilha

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Quadro 4 – Caso de uso limiarizar imagem

<b>Caso de uso: Limiarizar Imagem</b>	
<b>Ator principal</b>	<i>OpenCV</i>
<b>Ator secundário</b>	
<b>Resumo</b>	Este caso de uso mostra a conversão e a eliminação dos ruídos da imagem e do fundo.
<b>Pré-condições</b>	Ter uma imagem de microscopia eletrônica de transmissão
<b>Fluxo normal</b>	
<b>Ações do ator</b>	<b>Ações do sistema</b>
	Após o usuário clicar em processar imagem o <i>OpenCV</i> irá limiariza-la

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Quadro 5 – Caso de uso reconhecer as nanopartículas

<b>Caso de uso: Reconhecer as Nanopartículas</b>	
<b>Ator principal</b>	<i>OpenCV</i>
<b>Resumo</b>	Este caso de uso mostra o reconhecimento das bordas das nanopartículas da imagem
<b>Pré-condições</b>	Ter uma imagem de microscopia eletrônica de transmissão
<b>Fluxo normal</b>	
<b>Ações do ator</b>	<b>Ações do sistema</b>
	Após a imagem estar limiarizada o <i>OpenCV</i> reconhece as bordas
	Em seguida ele marca as bordas

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Quadro 6 – Caso de uso subtrair fundo

<b>Caso de uso: Subtrair o fundo</b>	
<b>Ator principal</b>	<i>OpenCV</i>
<b>Resumo</b>	Este caso de uso mostra o <i>OpenCV</i> subtraindo o fundo da imagem, deixando apenas a escala e as nanopartículas
<b>Pré-condições</b>	Ter uma imagem de microscopia eletrônica de transmissão
<b>Fluxo normal</b>	
<b>Ações do ator</b>	<b>Ações do sistema</b>
	O <i>OpenCV</i> deixar a imagem limiarizada
	Após isso ele excluirá o fundo deixando apenas as nanopartículas

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Quadro 7 – Caso de uso Faz medição das nanopartículas

<b>Caso de uso: Faz medição das nanopartículas</b>	
<b>Ator principal</b>	<i>Software</i>
<b>Resumo</b>	Este caso de uso mostra a medição das nanopartículas
<b>Pré-condições</b>	Ter uma imagem de microscopia eletrônica de transmissão com o fundo subtraído
<b>Fluxo normal</b>	
<b>Ações do ator</b>	<b>Ações do sistema</b>
	Após o <i>OpenCV</i> processar a imagem o sistema medirá a quantidade de <i>pixels</i> de cada nanopartícula
	Em seguida ele medirá a escala e quantidade de <i>pixels</i> que ela possui
	Então ele calculará o tamanho das nanopartículas

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Quadro 8 – Caso de uso gera planilha com os resultados

<b>Caso de uso: Gerar planilha com os resultados</b>	
<b>Ator principal</b>	<i>Software</i>
<b>Resumo</b>	Este caso de uso mostra o sistema gerando a planilha com os resultados obtidos
<b>Pré-condições</b>	Ter uma imagem de microscopia já processada
<b>Fluxo normal</b>	
<b>Ações do ator</b>	<b>Ações do sistema</b>
	Após a contagem e medição feita pelo sistema será criado um arquivo com os resultados

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

### 3.6 Validação

Para validar os resultados obtidos da contagem e da medição das nanopartículas feitas pelo software desenvolvido, foi realizado o mesmo processo manualmente, onde as imagens de MET das nanopartículas foram abertas em um software gráfico. Usando a ferramenta de seleção foi medida a quantidade de *pixels* da barra de escala. Foi usado o mesmo método para obter a quantidade de *pixels* das nanopartículas da imagem. Esse processo manual é o mesmo usado pelo especialista consultado para realizar as medições para assegurar que os resultados estão corretos.

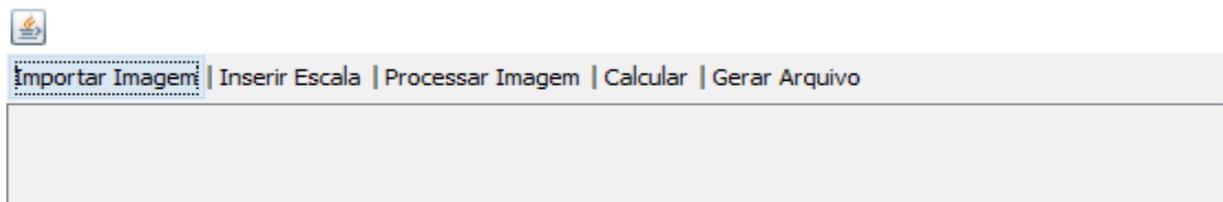
Com essas informações foi criada uma planilha e feito o cálculo de quantos nanômetros cada nanopartícula possui. Esse processo foi realizado até que todas as nanopartículas da imagem sejam medidas desse modo foi medido a acurácia do software desenvolvido.

A base de imagens para validação era composta de 20 imagens obtidas por meio de MET que foram disponibilizadas pelo coordenador do projeto para a validação do software.

## 4 RESULTADOS OBTIDOS

Após o desenvolvimento, o software possui o funcionamento que é apresentado nas imagens abaixo. Na Figura 14 é apresentado a tela inicial do *software*. O usuário clica no botão importar imagem e seleciona o qual imagem será importada. Após escolher qual imagem o usuário quer importar, o *software* mostra a imagem na tela.

Figura 14 – Tela inicial do *software*



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Com a imagem importada no software, o usuário clica em inserir escala e o software solicita para o ele clicar no início e no fim da barra da escala e inserir o tamanho em nanômetros. A Figura 15 mostra a tela do *software* após a importação e aguarda o usuário clicar em processar imagem para iniciar o processamento.

Figura 15 – *Software* após a imagem ser importada



Quadro 9 – Resultado das validações da contagem do *software*

	manual	software	percentual	desvio	margem de erro
Teste 1	1022	851	83%	171	17%
Teste 2	1540	1289	83%	251	17%
Teste 3	411	361	87%	50	13%
Teste 4	2854	2253	79%	601	21%
Teste 5	932	802	86%	130	14%
Teste 6	218	199	91%	19	9%
Teste 7	695	452	65%	243	35%
Teste 8	453	374	83%	79	17%
Teste 9	854	786	92%	68	8%
Teste 10	1363	1227	90%	136	10%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A Figura 16 apresenta a tela do software após o processamento da imagem escolhida pelo usuário. Ele aplica um método *blur* que limpa a imagem para facilitar a detecção das bordas, pois a imagem possui muitas variações de tons de cinza nas partículas. Em seguida foi aplicado o filtro *threshold* para deixar as bordas das nanopartículas mais evidentes. Após isso é aplicado o método de *houghcircles* para detectar as bordas das nanopartículas e o método *findcountours* para criar uma lista dos contornos encontrados.

Figura 16 – Imagem processada pelo *software*



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A Figura 17 mostra a tela do *software* após o usuário clicar em calcular. Quando ele clica em calcular o *software* mede o tamanho de cada uma das partículas e com base na média do tamanho das partículas define se é uma partícula ou uma sobreposição. Ele marca em verde as nanopartículas que ele consegue identificar e em vermelho os contornos que ele não conseguiu reconhecer. Excluindo o que ele tem certeza que é um ruído ou sobreposição. Contornos que são 50% maiores que a média das nanopartículas é entendido que é uma sobreposição e contornos 50% menores que a média é considerado ruído de imagem.

Figura 17 – *Software* após marcar as nanopartícula que foram medidas com sucesso



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A Quadro 9 mostra o resultado final do *software*. Uma tabela com a quantidade das nanopartículas, o seu diâmetro em nanômetros, o diâmetro em *pixels* e o tamanho da escala em *pixels*. O tamanho da escala em *pixels* foi solicitado pelo especialista consultado para caso o pesquisador queira validar as

informações obtidas pelo software.

A imagem processada pelo *software* cujo os resultados estão no Quadro 9 pela contagem do software possui 854 nanopartículas, a escala possui 257 *pixels* de comprimento e o diâmetro das nanopartículas são colocadas na tabela em ordem crescente.

Quadro 10 – Quadro gerado pelo *software*

Escala Pixels:	257
Quantidade	854
Nanômetros	<i>Pixels</i>
23	183
21	172
20	163
20	158
19	152
18	144
16	132
14	116
13	101
12	100

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018

O Quadro 10 mostra os resultados das validações do *software*. A coluna manual possui as informações das contagens manuais feitas para a validação do *software*. As nanopartículas foram contadas e medidas manualmente usando o método explicado na subseção 3.6. Na coluna “software” está a contagem obtida pelo *software* das mesmas imagens nas quais foi feito a contagem manual. Na coluna “percentual” está a percentual e acerto do *software*, ou seja, o percentual de nanopartículas que o software contou corretamente. A coluna “desvio” apresenta a diferença entre a contagem manual e a contagem feita pelo software. O desvio padrão é a dispersão dos dados em relação a média, ou seja, quão distante os valores estão da média. Na coluna “margem de erro” está a taxa de erro da contagem das imagens realizadas pelo *software* em relação a contagem manual, ou seja o percentual de erro da contagem realizada pelo *software*.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Com as validações apresentadas no Quadro 10 foi possível obter a acurácia do *software*. Após fazer uma média aritmética simples entre os percentuais de

acerto das imagens testadas foi atestado que o software obteve um desempenho médio de 85% de êxito em reconhecer o número de nanopartículas contadas nas imagens testadas.

Usando o mesmo método de média aritmética simples na coluna margem de erro foi mostrado que o *software* possui 15% de percentual de falha ao reconhecer as nanopartículas. Dentro dessa média de 15% de falha encontram-se nanopartículas que possuem algum tipo de sobreposição com outras nanopartículas, ruídos de imagem, nanopartículas com tamanhos muito diferentes da média de tamanho das nanopartículas das imagens ou nanopartículas com tonalidade muito semelhante ao fundo da imagem.

A validação da medição do diâmetro das nanopartículas feitas pelo *software* obteve uma margem de acerto de 83% consideram a comparação da medição feita manualmente conforme descrito na subseção 3.6. Estão inclusos na margem de erro de 17% algumas nanopartículas que ficam desconfiguradas após o processamento devidos a sua tonalidade e as sobreposições que não foram descartas pelo *software*.

Com esses resultados, as rotinas dos pesquisadores de nanopartículas e nanociência pode ser facilitada, pois os resultados das medições e das contagens é obtido mais rapidamente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta desse trabalho foi desenvolver um *software* para a contagem e medição de nanopartículas para auxiliar os pesquisadores nas pesquisas com nanopartículas. O software deveria agilizar o processo de contagem medição das nanopartículas e que ao final do processo deveria ser gerado uma planilha com o tamanho do diâmetro das nanopartículas localizadas na imagem.

Com base nessa proposta foi desenvolvido um *software* que permite o usuário importar uma imagem, solicita a ele que informe a escala da imagem e após o processamento, desenha na tela as nanopartículas encontradas e caso o usuário queira é gerado um arquivo com os diâmetros medidos pelo *software* acompanhado da quantidade de *pixels* de cada uma das nanopartículas, a quantidade de nanopartículas e a quantidade de *pixels* da escala da imagem.

Com o uso do *software* desenvolvido nesse projeto o tempo de contagem e medição das nanopartículas manualmente que antes demorava algumas horas foi diminuído para menos de 10 minutos. O que é uma grande diminuição em relação ao tempo gasto para essa etapa das pesquisas.

A taxa de acerto da contagem foi de 85% das nanopartículas das imagens importadas quando comparado com a contagem manual das mesmas imagens. Com essa taxa de acerto, foi constatado que o software é uma ferramenta confiável para os pesquisadores que precisam realizar contagens e medições de nanopartículas.

Com as informações apresentadas acima é considerado que o objetivo do *software* foi atingido, um processo que manualmente demora algumas horas para contar e medir as nanopartículas, com o uso do software foi diminuído para 10 minutos e com uma taxa de acerto de 85%.

Assim, o software desenvolvido nesse projeto se mostra uma ferramenta valiosa nas pesquisas com nanopartículas e nanociência, pois apresenta informações confiáveis e rápidas para o pesquisador.

### 5.1 Perspectivas

Para futuras versões do software desenvolvido foram levantados alguns pontos, tais como. (i)Adicionar componentes na interface para trazer mais informações ao pesquisador, mas pensando sempre em deixar o *software* o mais

simples possível quanto a sua usabilidade; (ii) aprimorar o reconhecimento das nanopartículas quando nos casos de sobreposições para trazer sempre a informação mais próxima da imagem processada pelo pesquisador; e (iii) usar e aplicar outros filtros para o processamento da imagem e a eliminação de ruídos para diminuir o tempo de espera do processamento e deixar na imagem processada apenas as partículas, eliminando assim os ruídos que restaram.

É pretendido disponibilizar o software para pesquisadores da área de nanociência a modo de obter opiniões e críticas construtivas dos mesmos para que se possa aperfeiçoar o software.

## REFERÊNCIAS

- ARCURI, Arline Sydneia Abel. Avaliação e prevenção da exposição aos materiais nanoestruturados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NANOTECNOLOGIA E OS TRABALHADORES, 2., 2008, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo, SP, 2008. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/arquivos/projetos/nanotecnologia/seminarios/2008/1-12-dez-arline-sydneia.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2017.
- BENSEBAA, Kamel. **Processamento de imagens e computação gráfica**. [201-?]. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/562564>>. Acesso em: 16 set. 2017.
- DAQUINO, Fernando. Nanopartículas poderão transformar sua roupa em computador. **Tecmundo [Online]**, 30 dez. 2011. (Produto). Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/17136-nanoparticulas-poderao-transformar-sua-roupa-em-computador.htm>>. Acesso em: 01 dez. 2017.
- DIAS, Felipe da Cruz. **Uso do software image j para análise quantitativa de imagens de microestruturas de materias**. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/04.30.20.23>>. Acesso em: 01 set. 2017.
- ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”. **Aula: Microscopia eletrônica**. 2012. Disponível em: <<http://micro-esalq.blogspot.com.br/2012/03/aula-2-microscopia-eletronica.html>>. Acesso em: 10 set. 2017.
- ESPALHAMENTO dinâmico de luz: WIKIPEDIA: a enciclopédia liver. 2017. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Espalhamento\\_din%C3%A2mico\\_de\\_luz](https://pt.wikipedia.org/wiki/Espalhamento_din%C3%A2mico_de_luz)>. Acesso em: 12 set. 2017.
- FIGUEIREDO, Margarida. Medição/detenção de nanopartículas suspensas no ar ambiente. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1845-1865, 2012. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20biologicas/medicao.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2017.
- GOLDNER, Eliana. **T1: Processamento de imagens**. [201-?]. Disponível em: <<https://webserver2.tecgraf.puc-rio.br/~mgattass/fcg/trb12/Eliana%20Goldner/images.html>>. Acesso em: 14 set. 2017.
- GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de imagens digitais**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- IMAGEJ. Dirigido po Wayne Rasband. EUA: National Institute of Mental Health, 2017. 1 software.

LONGO, Elson. Nanotecnologia. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 56., 2004, Cuiabá. MT. **Anais...**, Cuiabá, MT, 2004. Disponível em: <[http://www.sbpnet.org.br/livro/56ra/banco\\_conf\\_simp/textos/ElsonLongo.htm](http://www.sbpnet.org.br/livro/56ra/banco_conf_simp/textos/ElsonLongo.htm)>. Acesso em: 29 set. 2017.

MACEDO, Mayza M. G. de. **Uso da transformada de Hough na vetorização de moldes e outras aplicações**. 2005. 117 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2005. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/PosGraduacao/Dissertacoes/253.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2018.

MARQUES FILHO, Ogê; VIEIRA NETO, Hugo. **Processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999. Disponível em: <<http://www.ogemarques.com/wp-content/uploads/2014/11/pdi99.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2017.

MATURANA, Patrícia S. **Algoritmos de detecção de bordas implementados em FPGA**. 2010. 163 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista “JÚLIO MESQUITA FILHO”, Ilha Solteira, SP, 2010. Disponível em: <[http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/pos-graduacao/273-dissertacao\\_patricia.pdf](http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/pos-graduacao/273-dissertacao_patricia.pdf)>. Acesso em: 03 out. 2017.

MENEZES, E.L.; SILVA, E.M. **Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. e atual. Florianópolis, 2005. Disponível em: <[https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia\\_de\\_pesquisa\\_e\\_elaboracao\\_de\\_teses\\_e\\_dissertacoes\\_4ed.pdf](https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf)>. Acesso em: 04 out. 2017.

MUEHLMANN, L.A. **Nanotecnologia verde para nanopartículas de prata**. 2012. Disponível em: <<http://nanohoje.blogspot.com.br/2012/07/nanotecnologia-verde-para.html>>. Acesso em: 10 set. 2017.

NOMURA, Daniela A *et al.* **Espalhamento dinâmico de Luz**. 2013. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/374074/mod\\_resource/content/1/DLS.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/374074/mod_resource/content/1/DLS.pdf)> Acesso em: 01 out. 2017.

OLIVEIRA, Fabrício S. **Desenvolvimento de um sistema para contagem de micro-organismos em testes de toxinas**. 2014. 35 p. Projeto integrador (Técnico) - Curso Técnico Concomitante de Informática, Instituto Federal de Santa Catarina, Gaspar, SC. 2014.

PEREIRA, Joana Castello. **Estudo do comportamento de nanopartículas de dióxido de titânio em diferentes suspensões**. 2010. 112 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: <[https://run.unl.pt/bitstream/10362/5420/1/Pereira\\_2010.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/5420/1/Pereira_2010.pdf)>. Acesso em: 09 nov. 2017.

PINELLI, Natasha. 6 benefícios que as nanopartículas podem trazer para a humanidade. **Galileu [Online]**, 25 ago. 2016. (Saúde). Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Saude/noticia/2016/10/6-beneficios-que-nanoparticulas-podem-trazer-para-humanidade.html>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

RAMOS, Thaniele Muller. **Potencialidades da microscopia eletrônica(transmissão e varredura) e microscopia confocal como ferragens para análises de amostras biológicas**. 2013. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96777/000919613.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 30 set. 2017.

RAUTA, L. R. P.; FERNANDES, A. M. R. Algoritmos de subtração básica de fundo. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO DE TECNOLOGIA, 9., 2012, Resende, RJ. **Anais...** Resende, RJ, 2012. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/61916773.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2017.

SANTOS, Priscilla Crispiniano dos. **Nanopartículas: toxicidade biológica**. 2014. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Graduação em Farmácia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014. Disponível em: <<http://rei.biblioteca.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/898/1/PCS24022015.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2017.

SCITECH DAILY. **Silicon nanopaticles react with water to produce hydrogen**. 2013. Disponível em: <<https://scitechdaily.com/silicon-nanoparticles-react-with-water-to-produce-hydrogen/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

SILVA, Hélio Araujo. **Por dentro das nanopartículas**. [2017]. Disponível em: <<https://helioaraujosilva.wordpress.com/2017/08/14/por-dentro-das-nanoparticulas/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

SILVA, Rhayson. **Processamento de imagens: detecção de bordas**. 2012. Disponível em: <<https://rhaylsonsilva.wordpress.com/2012/03/02/processamento-de-imagens-deteccao-de-bordas-de-imagens/>>. Acesso em: 14 set. 2017.