



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

ANDRE GIOVANNI CASTALDIN

**CONDIÇÕES DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS E PROCESSOS
DE SEGMENTAÇÃO**

Londrina
2015

ANDRE GIOVANNI CASTALDIN

**CONDIÇÕES DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS E PROCESSOS
DE SEGMENTAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Mestrado em Ciência da Computação do Departamento de Computação da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Alan Salvany Felinto

LONDRINA - PR

2015

C3463 Castaldin, André Giovanni.

Condições de Aquisição de Imagens e Processos de Segmentação / André Giovanni Castaldin. – Londrina, 2015.

89 f. : il. ; 31 cm. Inclui bibliografia.

Orientador: Alan Salvany Felinto.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação, 2015.

Referências bibliográficas: f. 83-87

1. ÚLCERA (CLASSIFICAÇÃO;CIRURGIA). 2. PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS. 3. Segmentação (Processamento de imagens). 4. Classificação (Imagem digital). I. Felinto, Alan Salvany. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

ANDRE GIOVANNI CASTALDIN

**CONDIÇÕES DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS E PROCESSOS
DE SEGMENTAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Mestrado em Ciência da Computação do Departamento de Computação da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alan Salvany Felinto
Universidade Estadual de Londrina

Profa. Dra. Claudia Martins Siqueira
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Sylvio Barbon Junior
Universidade Estadual de Londrina

Londrina-PR, 11 de março de 2015.

*Este trabalho é dedicado à minha esposa, filhos, pais, familiares e à Deus
que sempre me acompanham e me dão forças para continuar.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador não só pela constante orientação neste trabalho, mas sobretudo pela sua amizade.

Às Faculdades Integradas de Ourinhos que me custearam no cursar o Mestrado.

Agradeço também aos envolvidos nos projetos realizados.

*“Não vos amoldeis às estruturas deste mundo,
mas transformai-vos pela renovação da mente,
a fim de distinguir qual é a vontade de Deus: o
que é bom, o que Lhe é agradável, o que é
perfeito.” (Bíblia Sagrada, Romanos 12, 2)*

CASTALDIN, A. G. **CONDIÇÕES DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS E PROCESSOS DE SEGMENTAÇÃO**. 89p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2015.

RESUMO

Aplicações de processamento de imagens digitais são cada vez mais utilizadas, em parte, porque os dispositivos atuais de computação possuem maior capacidade de processamento e memória, possibilitando extrair informação das imagens. Os objetivos deste foram avaliar os efeitos causados na fase de segmentação, pela mudança dos parâmetros de aquisição das imagens, propondo protocolo de aquisição que atendesse às necessidades de profissionais da saúde e associar aquisição das imagens ao treinamento de classificadores do tipo Árvore de Decisão para segmentação das imagens de batatas fritas buscando obter dados de coloração para controle de qualidade. Para tanto, foram realizados estudos de caso com imagens de úlceras de pele em membros inferiores e de batatas fritas. Métodos de pesquisa e desenvolvimento: Estudo de caso das úlceras – aquisição de 97 imagens do tratamento das úlceras de pele. Traçado manual e segmentação automática das imagens, comparação dos resultados, associação aos metadados fotográficos, especificação do protocolo de aquisição; Estudo de caso das batatas fritas – controle e calibração do ambiente e parâmetros fotográficos, treinamento de classificadores (*REPTree*, *J48* e *Decision Stump* do software WEKA) para segmentação, comparação dos resultados com a segmentação pelo algoritmo K-média. Resultados: protocolo de aquisição que possibilitou utilizar imagens na avaliação do tratamento das úlceras de pele; associação entre calibragem de ambiente fotográfico e treinamento de classificadores para segmentação. Conclusão: a aplicação do protocolo fornece imagens de qualidade para o profissional da saúde, como ferramenta de métrica das lesões sem a necessidade de contato direto; a associação entre controle ambiental e uso de classificadores para segmentação de imagens abre possibilidades de maior controle no processo de produção de batatas fritas.

Palavras-chave: ÚLCERA (CLASSIFICAÇÃO; CIRURGIA). 2. PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS. 3. Segmentação (Processamento de imagens). 4. Classificação (Imagem digital).

CASTALDIN, A. G. **Conditions For Acquisition Of Images And Segmentation Procedures.** 89p. Master Dissertation (Master in Science in Computer Science) – State University of Londrina, Londrina-PR, 2015.

ABSTRACT

Digital image processing application is used more and more, partly because of current computing devices having greater processing power and memory, allowing extract information from images. This work was aimed at evaluating the effects on the segmentation stage due to changes of image acquisition parameters. Recommended acquisition protocol, meeting the needs of health professionals, and associate the image acquisition for training of classifiers Decision Tree type for images segmentation of chips, researching for color data on quality control. Therefore, case studies were performed with skin ulcers images in lower limbs and chips. Research and development of methods: case study of ulcers - acquisition of 97 images for treatment of skin ulcers. Hand tracing and automatic images segmentation, comparing the results the association photographic metalized, specification of acquisition protocol; Case Study of chips - control and calibration of the environment and photographic parameters, classifiers (REPTree, J48 and Decision Stump software WEKA) training for segmentation, results comparing with the segmentation of K-average algorithm. Results: acquisition protocol which allowed images usage for evaluation of treatment of skin ulcers; association between photographic environment calibration and training classifiers for segmentation. Conclusion: protocol application provides quality images for the health professional, as a metric tool of lesions without the need of direct touching; the association between environmental control and the use of classifiers for image segmentation opens the possibilities for greater control of potato chips production.

Keywords: ULCER (CLASSIFICATION, SURGERY) 2.PROCESSAMENTO DIGITAL IMAGES 3. Segmentation (image processing) 4. Classification (digital image).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de Imagem (Matriz)	29
Figura 2 – Cores aditivas [2]	30
Figura 3 – Modelo RGB [20]	31
Figura 4 – Modelo HSV [2].....	32
Figura 5 – Modelo CIELAB [23]	33
Figura 6 – Câmera <i>compact</i> Canon, modelo SX210IS [24]	34
Figura 7 – Câmera <i>prosumer</i> Canon, modelo G11 [24]	34
Figura 8 – Câmera <i>reflex</i> Canon, modelo EOS 7D [24].....	35
Figura 9 – Fotômetro	36
Figura 10 – <i>ColorChecker</i>	36
Figura 11 – Passos fundamentais em processamento de imagens digitais [1]	37
Figura 12 – Fluxograma estudo de caso I.....	52
Figura 13 – Lesão fotografada durante primeira fase do experimento [49]	53
Figura 14 – Lesão fotografada durante segunda fase do experimento [49].....	53
Figura 15 – Lesão fotografada durante terceira fase do experimento [49].....	54
Figura 16 – Traçado manual [49]	54
Figura 17 – Segmentação automática x traçado manual	55
Figura 18 – Fases de processamento	56
Figura 19 – Divergências.....	57
Figura 20 – Fluxograma estudo de caso II	59
Figura 21 – Suporte de câmera e iluminação	60
Figura 22 – Antes e depois da calibração de balanço de branco	61
Figura 23 – Experimentos fotográficos	61
Figura 24 – Imagens rótulo.....	62
Figura 25 – Montagem do arquivo texto de treinamento	63
Figura 26 – Árvore de decisão J48	64
Figura 27 – Aplicação do classificador	65
Figura 28 – Diferença x parâmetros x imagens da úlcera 1	69
Figura 29 – Diferença x parâmetros x imagens da úlcera 2	70
Figura 30 – Diferença x parâmetros x imagens da úlcera 3	71
Figura 31 – Diferença x parâmetros x imagens da úlcera 4	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Metadados EXIF	57
Tabela 2 – Lesão x fases de configuração da câmara x diferença média x desvio padrão	73
Tabela 3 – Protocolo de aquisição de imagens de úlceras de pele	74
Tabela 4 – Imagens segmentadas x condição	77
Tabela 5 – Fundo x luminosidade x método/erro	78
Tabela 6 – Fundo x luminosidade x nós	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AWB	<i>Automatic White Balance</i>
BMP	<i>Bitmap Image File</i>
CCD	<i>Charge Coupled Device LAB Color Space</i>
CIELAB	<i>Commission internationale de l'éclairage</i>
CMOS	<i>Complementary Metal Oxide Semiconductor</i>
DS	<i>Decision Stump</i>
EXIF	<i>Exchangeable Image File Format</i>
EV	<i>Exposure Value</i>
HSI	<i>Hue saturation intensity</i>
HSV	<i>Hue saturation value</i>
ISO	<i>International Standard Association</i>
JPEG	<i>Joint Photographics Experts Group</i>
JEIDA	<i>Japan Electronic Industries Development Association</i>
L*a*b*	<i>L: lightness, a e b: color-opponent dimensions</i>
L*u*v*	<i>L: lightness, u e v: chroma values</i>
LED	<i>Light-emitting Diode</i>
PIXEL	<i>Picture Element</i>
RAW	<i>Tipo de arquivo de imagem equivalente ao negativo fotográfico</i>
RGB	<i>Red, green, blue</i>
SIOX	<i>Simple Interactive Object Extraction</i>
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
WB	<i>White Balance</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	Objetivos	26
1.2	Contribuição	27
2	FUNDAMENTAÇÃO	29
2.1	Imagens Digitais.....	29
2.1.1	Representação das Cores	30
2.1.1.1	O modelo RGB	31
2.1.1.2	O modelo HSV	31
2.1.1.3	O modelo CIELAB	32
2.1.2	Metadados em Imagens Digitais	33
2.2	Dispositivos de Captura	34
2.3	Dispositivos de Controle	35
2.3.1	Fotômetro	35
2.3.2	ColorChecker	36
2.4	Processamento de Imagens Digitais.....	37
2.4.1	K-Média	39
2.5	Termos Fotográficos	39
2.6	Classificadores	40
2.7	Trabalhos Correlatos	42
3	MÉTODO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO	51
3.1	Estudo de Caso I: Protocolo para Aquisição de Imagens de Úlceras de Membros Inferiores.....	51
3.1.1	Comissão de Ética	52
3.1.2	Padronização da Aquisição das Imagens.....	52
3.1.3	Traçado Manual das Imagens.....	54
3.1.4	Segmentação Automática das Imagens	55
3.1.5	Binarização das Imagens	55
3.1.6	Diferença entre Traçado Manual e Segmentação Automática	56
3.1.7	Extração de Metadados EXIF.....	57
3.1.8	Formatação e Análise dos Resultados	58
3.2	Estudo de Caso II: Aquisição Controlada e Mineração de Dados para Segmentação de Imagens de Batatas Fritas	58
3.2.1	Padronização da Aquisição das Imagens.....	59

3.2.2	Imagens de Rótulo.....	62
3.2.3	Montagem do Banco de Dados de Treinamento	63
3.2.4	Treinamento de Classificadores	64
3.2.5	Segmentação	65
3.2.6	Formatação e Análise dos Resultados	65
4	RESULTADOS E ANÁLISE	67
4.1	Estudo de Caso I: Protocolo para Aquisição de Imagens de Úlceras de Membros Inferiores.....	67
4.1.1	Formatação e Análise dos Resultados	67
4.1.1.1	Gráficos	68
4.1.1.2	Aplicação do protocolo.....	73
4.1.1.3	Protocolo para aquisição de imagens de úlceras de pele.....	73
4.2	Estudo de Caso II: Aquisição Controlada e Mineração de Dados para Segmentação de Imagens de Batatas Fritas	76
4.2.1	Segmentação	76
4.2.2	Formatação e Análise dos Resultados	78
4.2.2.1	Tabulação dos resultados	78
5	CONCLUSÃO	81
	REFERÊNCIAS	83
	TRABALHO PUBLICADO PELO AUTOR.....	89

1 INTRODUÇÃO

A computação gráfica é hoje, uma das ciências computacionais que mais se desenvolve, valendo-se do crescente aumento no poder computacional. É composta de três subáreas: síntese de imagens, processamento de imagens e análise de imagens. Imagens são representações visuais de objetos. Podem ser adquiridas por meio de dispositivos como câmeras, ou mesmo criadas, com o auxílio de computadores e softwares específicos.

Na computação gráfica, a imagem é dita digital, pois utiliza conjunto finito de valores inteiros na representação de seus pontos em uma região discreta. As imagens digitais mais comuns podem ter duas ou três dimensões.

Considerando a capacidade representativa do conjunto finito empregado para os pontos da imagem, podemos ter imagens binárias, monocromáticas ou coloridas. São descritas de formas vetoriais ou matriciais.

Nos primórdios de sua utilização, antes da década de 1980, a pesquisa espacial foi responsável por impulsionar seu emprego, pois como eram capturadas fora da Terra, deveriam ser transmitidas e recebidas como arranjos de números que representavam os valores capturados por sensores.

Na atualidade, é vasta a quantidade de aplicações que fazem uso das imagens digitais, principalmente, pois as imagens constituem a forma como são obtidas boa parte das informações no cotidiano por meio da visão.

A síntese de imagens utiliza dados para gerar imagens, enquanto que a extração de dados a partir de uma imagem, caracteriza a análise de imagens. O processamento de imagens transforma imagens utilizando algoritmos, assim como acontece no processamento de dados.

Imagens podem ser capturadas por diversos dispositivos: câmeras digitais, scanners, tomógrafos, sensores infravermelho, sensores de ultrassom, radares, satélites dentre outros.

Os passos fundamentais no processamento de imagens digitais são: aquisição de imagens, pré-processamento, segmentação, representação e descrição, reconhecimento e interpretação. Todos interligados a uma base de conhecimento aplicável a cada passo [1] [2] [3] [4] [5].

A pesquisa realizada para a composição deste estudo contou com dois estudos de caso, o primeiro trata de protocolo para aquisição das imagens e o segundo investiga a influência dos parâmetros e ambiente fotográficos no treinamento de classificadores aplicáveis à

segmentação de imagens. Os domínios abordados nos estudos de caso surgiram de necessidades ligadas à saúde e à produção de alimentos.

Verificou-se, no primeiro estudo de caso, das úlceras, que a literatura pesquisada relatava dificuldades em mensurar as lesões sem que fosse necessário contato direto de filmes plásticos com o local da lesão para traçado manual de seu perímetro. Também as imagens capturadas não possuíam cores fidedignas entre as diversas sessões do tratamento, por não haver padrão de aquisição, o que impedia que fossem utilizadas para estudos aprofundados das cores presentes na lesão e que podem representar estágios de evolução do processo de cura da úlcera [6] [7] [8] [9] [10] [11].

O segundo estudo de caso, das batatas fritas, surgiu da necessidade de profissionais da indústria alimentícia em obter parâmetros de avaliação do produto como a tomada de decisão para o controle da produção [12] [13]. O estudo de caso também atestou a possibilidade da segmentação de imagens por meio de classificadores, nas imagens de batatas fritas, método utilizado em outros domínios, tais como, sensoriamento remoto e identificação de pele de animais [14] [15] [16] [17] [18] [19], evidenciando influência das condições ambientais durante aquisição das imagens no desempenho e precisão de sua segmentação.

Atuando na fase de aquisição das imagens, as pesquisas realizadas, nos domínios propostos para a realização deste trabalho, visaram demonstrar que há robustez dos resultados dos algoritmos de segmentação aplicados, mesmo sem serem realizados pré-processamentos nas imagens.

1.1 Objetivos

Os objetivos deste trabalho foram avaliar os efeitos causados pela mudança dos parâmetros de aquisição das imagens na acurácia de algoritmos utilizados para segmentação, propondo um protocolo de aquisição de imagens e aplicando método de segmentação por classificadores treinados por meio de Árvores de Decisão, para solucionar problemas de aquisição e segmentação de imagens de úlceras e batatas fritas.

1.2 Contribuição

Os estudos realizados apontarão técnicas para a melhora da aquisição de imagens digitais, resultando imagens com cores fidedignas que permitiram a simplificação do processo de segmentação, devido à distinção na coloração dos diversos elementos. A utilização da Inteligência Artificial no processo de segmentação permitiu ir além do conceito de Gonzalez e Woods [1], que utiliza a Inteligência Artificial na fase de reconhecimento e interpretação no processamento digital de imagens. A Inteligência Artificial foi utilizada para generalizar conhecimento, ou seja, criar conjunto de regras com base na cor, no espaço de cores RGB, dos *pixels* da imagem, permitindo separá-los em classes, que quando rotuladas, resultaram imagens segmentadas.

Outras contribuições puderam ser observadas:

1) Assistência ao tratamento por meio de imagem: antes do uso de imagens para avaliar a evolução do tratamento das úlceras, era utilizado filme plástico em contato com a lesão para traçado da área, método que oferecia boa precisão na medida da área da lesão, porém, invasivo e sujeito à contaminação. Além de não permitir estudo da coloração da lesão, como referência para a efetividade do tratamento;

2) Padronização das imagens para estudos futuros: tornou-se possível fazer comparação entre as imagens adquiridas durante o tratamento. Não só para cálculo da área, mas também para extração de características da lesão com base nas cores;

3) Calibragem do método de aquisição de imagens e uso da mineração de dados para treinamento de classificadores, por meio de árvore de decisão.

4) Uso de código gerado por árvores de decisão, na segmentação, para classificação dos dados analisados (atributos dos *pixels* da imagem).

Este trabalho está dividido da seguinte forma: no Capítulo 2 será apresentada a fundamentação teórica dos conceitos utilizados na pesquisa realizada, o Capítulo 3 apresentará os métodos de pesquisa e desenvolvimento, o Capítulo 4 demonstrará os resultados e as análises e por fim, o Capítulo 5 trará as conclusões e as propostas para novos trabalhos.

2 FUNDAMENTAÇÃO

A fundamentação teórica constitui-se em embasamento teórico do domínio presente no desenvolvimento dos estudos e na pesquisa de artigos relacionados com a caracterização de dados existentes referentes às funcionalidades que se assemelhassem com as do projeto, seleção e comparação de métodos de processamento digital de imagens. Foram utilizados artigos e teses de mestrado e doutorado que contivessem conteúdo relacionado com o objeto de pesquisa em portais como a CAPES e bibliotecas eletrônicas de instituições de ensino superior.

O trabalho realizado envolveu a utilização de hardware: dispositivos de captura e controle. E software: calibragem das imagens, leitura de metadados, extração de características dos *pixels*, aplicação de classificadores, segmentação automática além de Mineração de Dados aplicada à segmentação das imagens. Na sequência, são expostos conhecimentos teóricos a respeito destes elementos.

2.1 Imagens Digitais

Segundo [1] [2], imagens digitais são funções $f(x, y)$ discretizadas em coordenadas espaciais e cor. Podem ser consideradas matrizes cujos índices de linhas e colunas identificam um ponto na imagem chamado *pixel* ou elemento de figura, cujo valor identifica a cor naquele ponto. A Figura 1 apresenta uma organização para esta descrição.

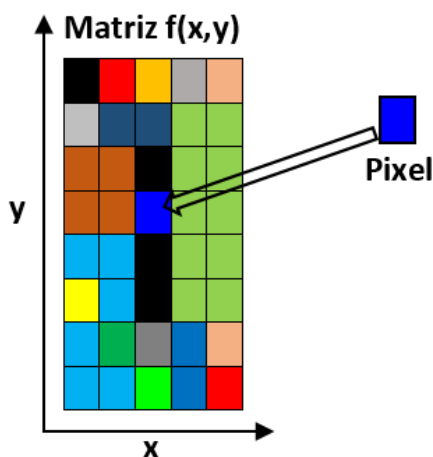


Figura 1 – Exemplo de Imagem (Matriz)¹

¹ Fonte: O autor.

2.1.1 Representação das Cores

Conforme [2] [3] [4], o sistema de cores é um modelo que explica as propriedades ou o comportamento das cores em um dado contexto. É impossível encontrar um sistema que quantifique e qualifique todos os aspectos relacionados à cor, para tanto, diferentes sistemas ajudam a descrever diferentes características das cores e como são percebidas pelo ser humano. Ao universo de cores reproduzidas por um sistema é dado nome de espaço de cores (*color space* ou *color gamut*), que é um método formal de especificar precisamente as sensações visuais das cores. Essa representação matemática do processo de especificação da cor gera benefícios, pois permite que uma cor seja especificada por meio de um sistema de coordenadas.

Há vários sistemas de cores e alguns deles serão citados para elucidar suas características, no entanto, é necessário esclarecer alguns princípios sobre cores em imagens digitais.

As cores primárias aditivas são: vermelho, verde e azul. A cor preta é resultado da ausência de qualquer cor, que indica que nenhuma luz está sendo transmitida e a cor branca resulta da mistura de todas elas.

Cada *pixel* de uma imagem colorida, tem sua cor *C* representada matematicamente por:

$$C = r.R + g.G + b.B, \text{ onde:}$$

R, *G*, *B* são as três cores e *r*, *g*, *b* são os coeficientes de mistura que correspondem às intensidades associadas de cada um dos canais RGB.

Em uma imagem de 24 bits, cada *pixel* tem seus coeficientes (*r*, *g*, *b*) com seus valores representados por 8 bits, podendo assumir valores entre 0 e 255, ou seja, 256 valores, que ao todo permitem a representação de 16.777.216 cores.

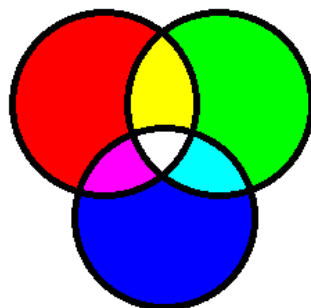


Figura 2 – Cores aditivas [2]

A Figura 2 mostra as cores aditivas e suas combinações.

2.1.1.1 O modelo RGB

O modelo RGB tem base na sensibilidade do olho e usa sistema de coordenadas cartesianas R, G, B, suas cores primárias são as cores aditivas vermelhas (R - *Red*), verdes (G - *Green*) e azuis (B - *Blue*) [2] [4]. Conforme mostra o cubo da Figura 3:

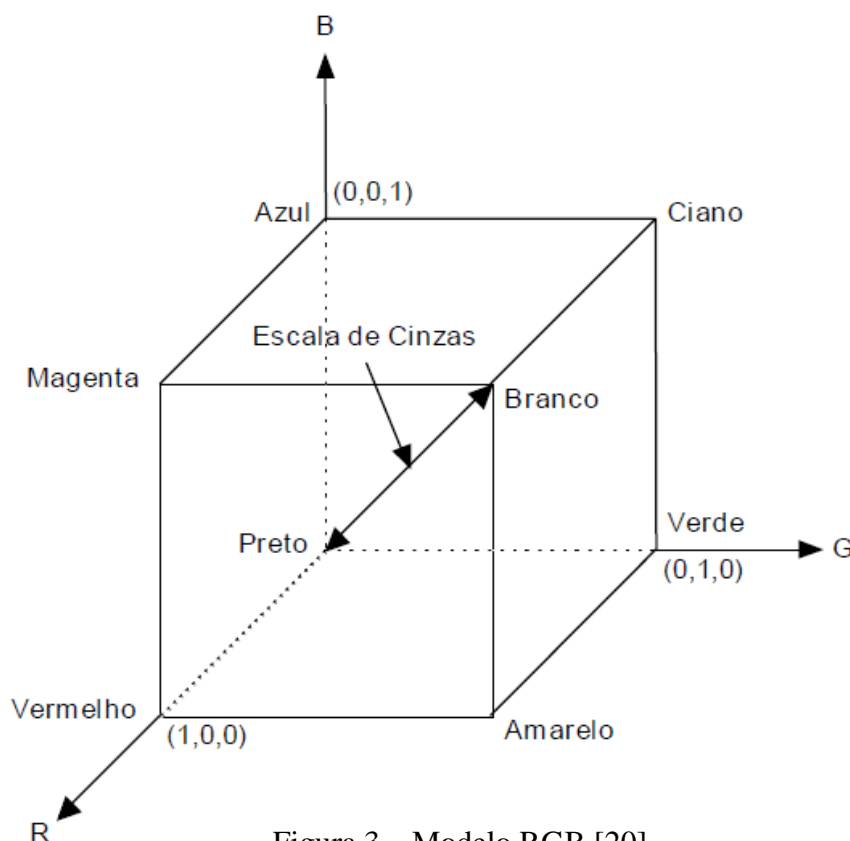


Figura 3 – Modelo RGB [20]

A diagonal do cubo, reta que contém os pontos (0/0/0 – preto) e (255/255/255 – branco), representa a escala de cinza, pois seus pontos possuem combinação da mesma quantidade das cores primárias.

Este modelo não consegue representar todas as cores existentes, pois nem todas elas são fruto da superposição das três cores primárias.

2.1.1.2 O modelo HSV

O modelo HSV (*Hue, Saturation, Value*) [2] [21], desenvolvido em 1978 por Alvey Ray Smith, teve base na maneira com que o artista descreve e mistura as cores. É definido como uma pirâmide de seis lados conforme ilustra a Figura 4.

Este sistema utiliza os parâmetros de cor: tonalidade (*hue*), a saturação (*saturation*) e a luminância (*value*). As tonalidades estão representadas na parte superior do cone, a saturação é representada pelo do eixo horizontal e a luminância pelo eixo vertical no centro do cone.

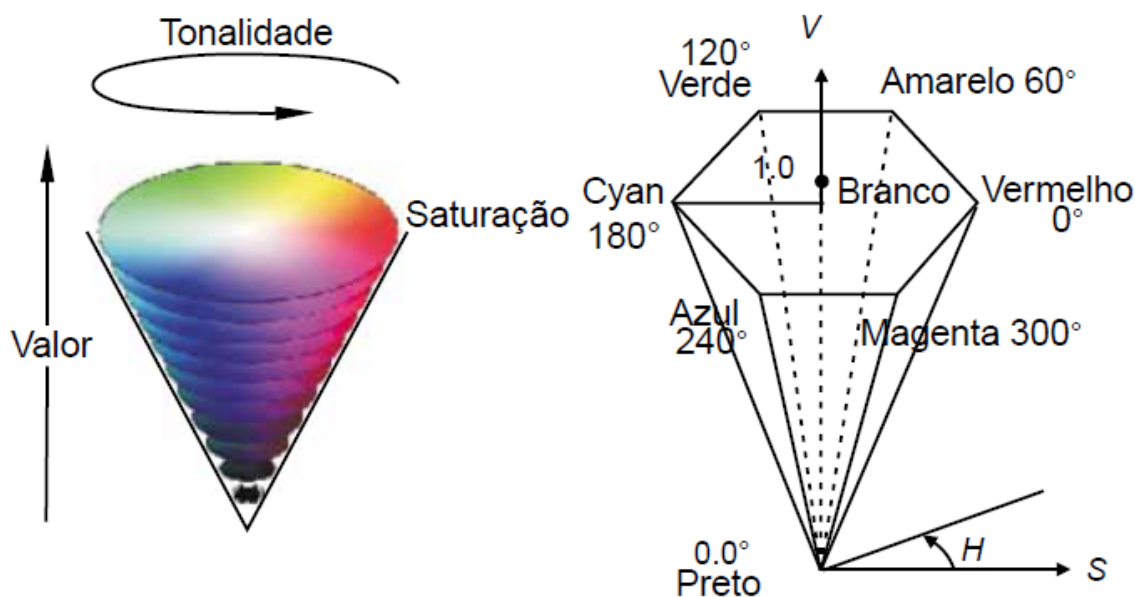


Figura 4 – Modelo HSV [2]

2.1.1.3 O modelo CIELAB

De acordo com [4] [22] [23], o espaço de cores CIELAB, publicado em 1976, surgiu do padrão CIEXYZ, criado em 1931, pela Comissão Internacional em Iluminação (CIE: *Commission Internationale d'Eclairage*), modelo matemático com o propósito de descrever numericamente todas as cores visíveis pelo olho humano. O padrão é absoluto, não-ambíguo, independente de dispositivos e é aceito universalmente como sistema de referência colorimétrica para quantificar cores.

A arquitetura básica e a premissa operacional do CIELAB são baseados na teoria de que o cérebro traduz estímulos de cor da retina em distinções de claro e escuro (luminosidade), e entre as zonas mutuamente exclusivas de cores opostas: vermelho / verde e azul / amarelo.

O modelo CIELAB, também é chamado $L^*a^*b^*$, onde L é um canal que representa a luminosidade e vai de 0 (preto) à 255 (branco), a e b são canais representativos de cores, $-a$ verde, $+a$ vermelho, $-b$ azul, $+b$ amarelo. A Figura 5, representa a organização do espaço de cores CIELAB.

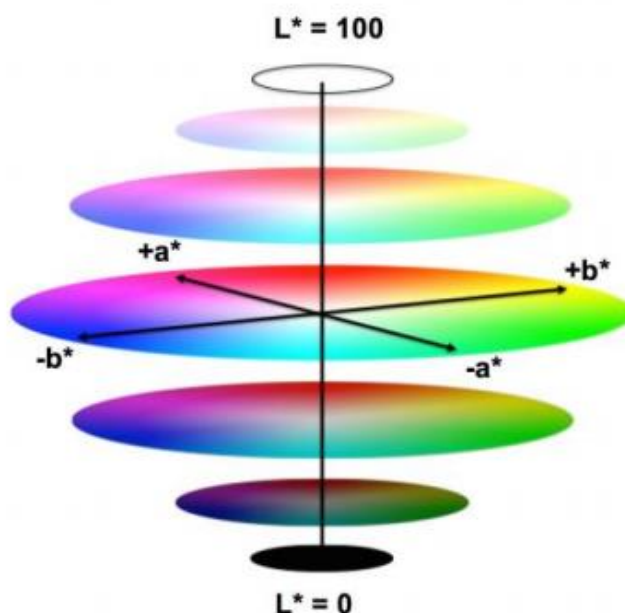


Figura 5 – Modelo CIELAB [23]

2.1.2 Metadados em Imagens Digitais

Criadas pela *Japan Electronic Industries Development Association*, (JEIDA) as etiquetas de metadados EXIF armazenam informações de parâmetros fotográficos e são gravadas pela câmera digital no arquivo da imagem quando a fotografia é capturada [24] [25].

Dentre os dados armazenados estão data e hora em que a fotografia foi capturada, modelo de câmera, velocidade de exposição, abertura da lente, uso de flash, informações de ISO, balanço de branco, resolução, podendo incluir a localização por GPS se a câmera oferecer tal recurso. Os itens mencionados aqui serão abordados com mais detalhes na seção 2.5.

Alguns dos experimentos contidos neste estudo só foram possíveis devido à extração dos metadados EXIF, e por meio deles foi realizada comparação entre as condições em que as fotografias eram tiradas.

2.2 Dispositivos de Captura

Os dispositivos imageadores ou de captura, ou seja, as câmeras digitais utilizadas durante os experimentos deste estudo foram divididas em duas categorias: automáticas ou manuais.

As câmeras digitais, no entanto, se dividem em três tipos, cada qual com utilização e finalidade específicas: *compact*, *prosumer* e *reflex* [24] [26] [27] [28].

As câmeras *compact* possuem a maioria de suas funções automáticas, ou seja, não é necessário grande conhecimento para ajuste dos mecanismos, pois o equipamento se encarrega de realizar as medições e configurações necessárias para a obtenção de uma boa fotografia. Tais câmeras possuem um display por meio do qual o utilizador se baseia para enquadrar a cena, estes displays também são utilizados para ajustar configurações e em alguns casos são telas de toque que permitem a entrada de comandos.

A Figura 6 mostra uma câmera *compact* Canon, modelo SX210IS.



Figura 6 – Câmera *compact* Canon, modelo SX210IS [24]

Os próximos modelos permitem configurações automáticas e manuais, o primeiro deles, o *prosumer*, dispõe de modo de exposição manual com acesso aos controles de exposição, abertura, velocidade e ISO, dentre outros. É um padrão intermediário entre as *compact* e as *reflex*. A Figura 7 mostra uma câmera *prosumer* marca Canon, modelo G11.



Figura 7 – Câmera *prosumer* Canon, modelo G11 [24]

O terceiro tipo de câmera, *reflex*, além de permitir ajustes totalmente manuais, também permite a troca do tipo de lente para determinada aplicação, grande angular, objetiva e zoom. A Figura 8 mostra uma câmera *reflex* marca Canon, modelo EOS 7D.



Figura 8 – Câmera *reflex* Canon, modelo EOS 7D [24]

De acordo com a classificação apresentada, foram utilizadas durante os experimentos deste estudo, uma câmera *compact* e uma *reflex*, das quais os modelos e especificações serão descritos no capítulo 3, MÉTODO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO.

2.3 Dispositivos de Controle

A realização dos experimentos exigiu a utilização de equipamentos de controle medição para garantir que as condições ambientais fossem sempre as mesmas para todas as fotografias capturadas e para que as cores fossem devidamente calibradas e ficassem mais perto possível das cores reais [26] [28].

2.3.1 Fotômetro

O fotômetro mede a intensidade da luz por meio de parâmetros fotográficos, a luz é convertida em corrente elétrica para ser medida em valores referentes à velocidade de abertura e quantidade de abertura do obturador. É um aparelho muito utilizado por fotógrafos e cinegrafistas para medir a intensidade da luz no ambiente, permitindo seu controle.

A Figura 9 mostra um Fotômetro da marca Sekonic, modelo L-758dr.



Figura 9 – Fotômetro¹

2.3.2 ColorChecker

O *ColorChecker* é um equipamento de calibração que consiste em uma estrutura com amostras de cores com reflectância espectral destinadas a imitar objetos naturais como pele humana, folhagem e flores, para que tenham aparência de cor consistente, em especial, quando fotografadas sob uma variedade de condições de iluminação [24] [28].

O *ColorChecker* deve ser utilizado em conjunto com o fotômetro e com um software para edição fotográfica, para, por meio dos dados lidos com o fotômetro e uma imagem do *ColorChecker*, criar perfil de cor referente às condições ambientais da captura que se está realizando. A Figura 10 mostra um *ColorChecker* da marca Xrite, modelo Passport.



Figura 10 – *ColorChecker*²

2014.

¹ Disponível em: <<http://www.sekonic.com/products/l-758dr/overview.aspx>> Acesso em ago.

ago. 2014.

² Disponível em: <http://xritephoto.com/ph_product_overview.aspx?id=1257> Acesso em

2.4 Processamento de Imagens Digitais

O processamento de imagens cresce a cada dia, em parte, pelo aumento do poder computacional dos dispositivos, processamento e memória, e também por tornar viável grande número de aplicações em duas categorias distintas:

1. Aprimoramento de informações para interpretação humana, ou “processamento de imagens”: permite o tratamento de imagens para que estas possam ser entendidas mais facilmente por nós humanos.

2. Extração e análise automática de informações de uma cena, ou “análise de imagens”: visão computacional ou reconhecimento de padrões de forma automatizada [20] [21].

O processamento de imagens digitais abrange tanto hardware e software quanto fundamentos teóricos. A seguir, são apresentados os passos fundamentais para executar uma tarefa de processamento de imagem [1].

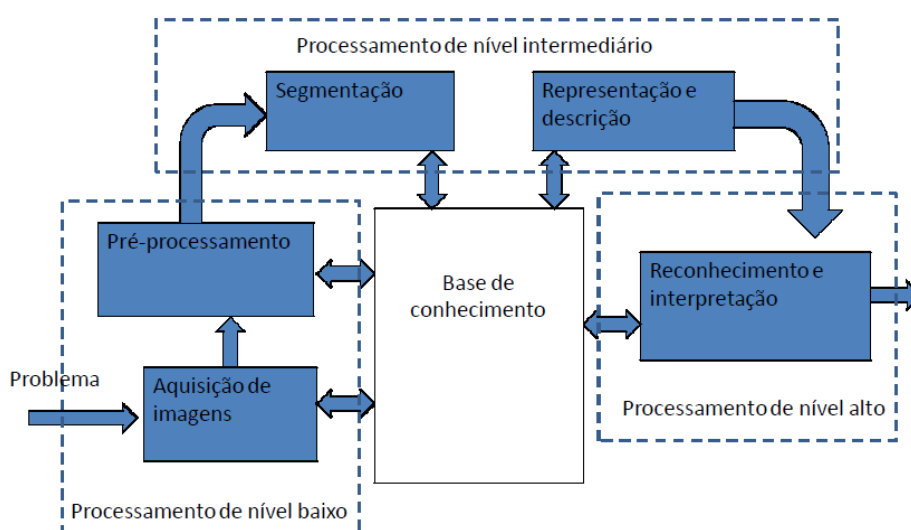


Figura 11 – Passos fundamentais em processamento de imagens digitais [1]

Conforme se vê na Figura 11, o objetivo global é chegar a um resultado partindo do domínio do problema, por meio de processamento de imagens.

O domínio do problema no processamento de imagens tem o intuito de chegar a um resultado esperado, ler o endereço de uma correspondência ou placas de veículos, contar células, demarcar propriedades produtivas, identificar peças defeituosas em uma linha de montagem. Vários tipos de saídas podem ser produzidos: dados numéricos e alfanuméricos [20].

Passos do processamento de imagens [1] [3]:

- Aquisição de imagens: é realizada por meio de um sensor que gera sinal elétrico que será digitalizado, como exemplos o CCD (*charge coupled device*) e o CMOS (*complementary metal oxide semiconductor*), presentes nas câmeras de fotografia ou vídeo, podendo ser montados para aplicação específica. Devem ser capazes de repetir a aquisição sempre que necessário, de forma aleatória ou não. É o início do processo e desde que suas técnicas sejam bem aplicadas, como uma boa regulagem na câmera, pode produzir imagens de boa qualidade, aumentando as chances de sucesso dos passos restantes.

- Pré-processamento: por melhor que sejam as imagens geradas durante o processo de aquisição, pode ser necessário fazer algumas modificações para realce dos objetos, como alteração do contraste e remoção de ruído.

- Segmentação: conseguir distinguir os objetos presentes em uma imagem e separa-los ou segmenta-los automaticamente é a tarefa mais difícil de todo o processo. Durante esta fase, os dados gerados estão na forma de *pixels* e são relativos às fronteiras ou aos pontos dentro de uma região.

- Representação e descrição: este estágio realiza uma conversão dos dados anteriores para uma forma que permita o processamento computacional. No entanto, é necessário definir como será a representação dos dados, se como fronteiras ou regiões completas. As fronteiras possibilitam identificar cantos ou pontos de inflexão, isto é, características da forma externa, já as regiões são utilizadas quando o interesse são as propriedades internas da região, textura e forma do esqueleto, por exemplo. Dependendo do domínio do problema, pode-se utilizar um dos dois métodos ou os dois ao mesmo tempo. Uma vez representados os dados, é necessário descreve-los ou extrair suas características que podem ser informações quantitativas de interesse. Para a representação de fronteiras, temos as concavidades, para região, buracos. Esta técnica é muito utilizada para reconhecimento de caracteres.

- Reconhecimento e interpretação: baseado na informação fornecida pela representação e pela descrição, o reconhecimento produz etiquetas, ou rótulos, para objetos de interesse, por exemplo, em uma imagem de uma placa de carro, poderíamos encontrar um objeto caractere ou um objeto número. A interpretação atribui significado ao conjunto de objetos, sendo uma sequência de três caracteres, um hífen e quatro números, a composição de uma placa de carro com padrão brasileiro.

- Base de conhecimento: a base de conhecimento é composta do conhecimento e do detalhamento sobre o domínio do problema que irá guiar os diversos passos discutidos anteriormente, ou seja, um padrão ou resultado a ser alcançado durante a execução dos módulos.

Cada procedimento descrito anteriormente produz um resultado e este pode ser suficiente para resolver o problema apresentado, portanto, nem todos os módulos precisam ser executados. [1]

2.4.1 K-Média

O K-Média é o algoritmo utilizado neste trabalho como parâmetro de referência para a segmentação de imagens realizada por classificadores. É um tipo de classificação não supervisionada e utiliza a distância euclidiana como critério de agrupamento dos *pixels* com base em seus atributos. É necessário informar a quantidade de centroides para que o algoritmo possa agrupar os *pixels* em *clusters* [2].

2.5 Termos Fotográficos

Nesta seção são detalhados alguns termos regularmente encontrados ao longo do texto presente e que são termos ligados à fotografia [24] [26] [27] [28].

- Abertura: tamanho da abertura da lente. Determina quanta luz irá incidir no sensor da câmera, abrindo mais ou menos, quanto menor o valor, maior a abertura da lente. Quando for máxima, permitirá o máximo de entrada de luz. Em câmeras compactas é configurada automaticamente. Nas câmeras *prosumer* e *reflex* pode ser configurada manualmente;

- *Automatic Shutter*: recurso de disparo automático que possibilita que a foto seja tirada sem o acionamento direto do botão do obturador, possibilitando diminuir a vibração produzindo fotografias mais nítidas;

- Balanço de branco: processo de remoção de cores não reais, o correto balanço de branco deve levar em consideração a temperatura de cor de uma fonte de luz. Em geral, as lâmpadas trazem informações sobre sua temperatura de cor, que deve ser configurada na câmera.

- EXIF (*Exchangeable Image File Format*): são metadados gravados no arquivo da imagem com os conteúdos: resolução, data e hora, abertura, velocidade, ISO, configurações da câmera;

- Exposição (EV): relação entre abertura e velocidade para determinada condição de luz. Parâmetro responsável por fotos mais claras ou escuras limitando a quantidade de luz do ambiente que entra na câmera, com mais luz é necessário diminuí-lo, ou aumentá-lo, caso contrário. Regula automaticamente o tempo de exposição com abertura máxima;

- Filtros: acessórios acoplados à lente da câmera que ajustam fisicamente o comportamento da luz. Um exemplo é o filtro polarizador que consegue eliminar reflexos das superfícies, principalmente úmidas, realçando cores e aumentando o contraste;

- Flash: luz auxiliar para fotografar quando há deficiência na iluminação do ambiente. Pode causar reflexão ou efeito de superexposição que altera cores reais do objeto, tornando-as esbranquiçadas, quando utilizado em ambiente com muita luz ou objetos muito próximos;

- Foco: busca do melhor contraste e nitidez da imagem. Pode ser automático ou manual. Em condições adversas ao uso de câmeras, o modo automático simplifica a captura da imagem;

- ISO: sensibilidade dos sensores em relação à luz. Utilizado para compensar a falta de luz, aumentando a captação do sensor. Quando utilizado com valores muito altos gera ruído nas imagens;

- Marcador: referência colocada na fotografia para que se possa digitalmente representar e adequar padrão de escala ou medida;

- Resolução: quantidade de *pixels* presentes na imagem, por exemplo, uma fotografia com 1920 x 1080 *pixels* tem 2.073.600 *pixels* e tamanho de dois *megapixels*;

- Tripé: a fixação da câmera em tripé permite maior mobilidade para manipulação dos objetos a serem fotografados e reduz consideravelmente a chance de imagens tremidas;

- Velocidade do obturador ou Tempo de exposição: tempo de abertura do obturador da câmera, medido em segundos, que determina quanto tempo a luz terá para incidir sobre o sensor da câmera. Pode ser curto o suficiente para evitar fotografias tremidas e com boa iluminação.

2.6 Classificadores

Classificadores, treinados por meio de Árvore de Decisão, têm sido cada vez mais empregados no auxílio à segmentação das imagens, ver Trabalhos Correlatos, seção 2.7. Zhao e Zhang [29] e Witten e Frank [30] exemplificam esta técnica de treinamento de classificadores.

Árvores de Decisão apresentam vantagens: são conversíveis em conjunto de regras de produção, podem classificar dados categóricos ou numéricos, sendo o atributo gerado,

categorico. Não há associações de prioridade com a natureza dos dados. E desvantagens: não permitem saídas com múltiplos atributos, pequenas diferenças entre os dados de treinamento e os dados a serem classificados podem gerar distorções na classificação e a falta de poda nas árvores pode gerar um grande número de nós.

Ainda segundo [29], as Árvores de Decisão representam abordagem supervisionada para a classificação, são estruturas simples, onde nós intermediários representam os testes em um ou mais atributos e os terminais exprimem resultados da decisão. Constituem-se de uma raiz, galhos, nós (que dividem os galhos) e folhas. De um nó ou raiz partem um ou mais galhos. O conjunto raiz, galho, nó ou nós e folha representa uma porção de características que representam uma classe.

Os métodos de geração de Árvore de Decisão aplicados durante este estudo, *REPTree*, *J48* e *Decision Stump*, são componentes do pacote de software WEKA (*The Waikato Environment for Knowledge Analysis*), que além das Árvores de Decisão, inclui implementações de pré-processamento de dados, classificação, regressão, clusterização, associação e visualização [30].

O *REPTree* é um método de aprendizado rápido de Árvore de Decisão que constrói uma árvore de decisão/regressão usando informação de ganho como critério de divisão, realiza poda por meio de redução de erros, ordena valores de atributos numéricos apenas uma vez e trata valores perdidos usando o método de instancias fracionadas do algoritmo C4.5 [31] [32].

O *J48* é uma implementação modificada do algoritmo C4.5 para o pacote WEKA. Gera uma árvore de decisão de classificação para um conjunto de dados por seu particionamento recursivo. O crescimento da árvore adota a estratégia de profundidade. O algoritmo avalia todos os testes que podem dividir o conjunto de dados e seleciona aquele que oferece o melhor ganho de informação. Para cada atributo discreto é realizado um teste com resultados tão diversos quanto o número de valores distintos para os valores do atributo. Cada atributo contínuo passa por testes binários envolvendo seus valores distintos. Há ainda procedimento para o ganho de entropia que trabalha com os dados relacionados à cada nó da árvore [31] [32].

O *Decision Stump* é um método de árvore de decisão de apenas um nível que divide os dados no nível da raiz com base em um par específico de atributo-valor [31] [32].

O estudo realizado por [29] apontou o método *REPTree* com pouca performance no domínio investigado, o *Decision Stump* foi considerado o mais rápido e o *J48* o mais preciso e também mais rápido que o *REPTree*, sendo considerado a melhor escolha.

2.7 Trabalhos Correlatos

O levantamento bibliográfico abrangeu relatos do uso de imagens, softwares e técnicas de segmentação que incluem utilização de classificadores treinados por ferramentas de mineração de dados e redes neurais, tanto no auxílio do acompanhamento e monitoração do tratamento de úlceras de pele quanto nas imagens de sensoriamento remoto, dentre outros. Constituindo base de desenvolvimento para os projetos realizados no decorrer deste.

Manios et al. [8] apresentaram um estudo de caso utilizando imagens escaneadas de traçados manuais, realizados em transparências aplicadas diretamente na lesão, para alimentação do software Archytas. O software é utilizado para calcular a área da lesão e armazenar os dados históricos do tratamento, permitindo acompanhar sua evolução. De acordo com o autor, que desenvolveu o software Archytas, este é capaz de aceitar imagens de câmeras digitais e outras mídias. O estudo contou com a participação de um paciente paraplégico de 36 anos com úlcera na região sacral que, durante o experimento, recebia todos os cuidados necessários para o tratamento da úlcera. Embora o software suportasse a leitura de imagens de câmeras digitais, o estudo não indica seu uso no acompanhamento da evolução do tratamento.

Minatel et al. [33] avaliaram a fototerapia na cicatrização de úlceras de perna, utilizando leds de 660 e 890 nm em pacientes diabéticos e hipertensos, de 77 e 50 anos de idade. Para aquisição das imagens foi utilizada câmera digital Sony®, modelo DSC-P100, posicionada perpendicularmente à 30 cm da úlcera, em base de alumínio com régua milimetrada. Para a avaliação clínico-fotográfica das úlceras foi utilizado software ImageJ® durante realização do cálculo da área total das úlceras, por meio da delimitação de suas bordas. Além do uso de fixação e do modelo de câmera utilizado, não é informado protocolo de uso da câmera. Nas fotos apresentadas, percebem-se cores discrepantes nas imagens do decorrer do tratamento, além alternância no uso de flash.

Kosmopoulos e Tzeveleku [34] desenvolveram sistema automatizado de diagnóstico de úlceras de pressão para sistemas de telemedicina. O sistema recebe imagens das úlceras, as segmenta e analisa com base na coloração e na textura, identificando seus estágios. Os requisitos do sistema não especificam condições ideais para a aquisição das imagens, apenas que deve ser capaz de apresentar resultados em diversas condições, como presença de ruídos, reflexos e diferentes tipos de iluminação. Considera a influência da cor de pele do paciente. Para a segmentação das imagens utiliza classificador SVM, treinado com base nas características de cor, a partir do espaço de cores HSV.

Leclere et al. [7] mediram eficiência do uso de laser de comprimento de onda 980 nm no tratamento de úlceras de perna, em um grupo de 34 pacientes caucasianos. Para obter as medidas das úlceras, foi utilizada lâmina para desenhar seus traçados. A lâmina foi então escaneada com o software Sigmascan® que já calculava a área da lesão em *pixels*. Imagens foram capturadas no intuito de possibilitar o acompanhamento das cores presentes na úlcera. Não cita cuidados na aquisição das imagens e em alguns exemplos é possível perceber que há utilização de flash e condições adversas na captura.

Torquato et al. [35] pesquisaram a segmentação de imagens de nevos melanocíticos a partir da determinação de limiar nos valores dos componentes de cor no espaço de cores HSV. O intuito foi facilitar a detecção de bordas irregulares. Foi realizado estudo comparativo do método de segmentação proposto com o traçado manual realizado por dois dermatologistas em 25 imagens de nevos, sendo o método proposto mais eficiente. Não foi fornecido qualquer detalhe sobre o método de aquisição das imagens, também não foi observado se uma melhora na aquisição das imagens poderia ser benéfica tanto para o traçado manual quanto para o método de segmentação empregado.

McMahon et al. [9] utilizaram imagens para monitorar o tratamento de úlceras de perna com o uso de butirato de arginina. Semanalmente, as úlceras foram fotografadas e suas bordas traçadas com o uso de filme de acetato. As imagens foram analisadas com o software ImageJ® por equipe que não participou da aquisição dos artefatos. Não há detalhamento do processo de aquisição das imagens, tão pouco sua influência nos passos seguintes.

Abbade, Lastória e Rollo [6] reuniram as características clínicas e os fatores de risco ligados às úlceras de perna. Nos estudos foram pesquisados todos os pacientes com úlcera venosa de perna tratados no Hospital Universitário de Botucatu da Universidade Estadual de São Paulo, desde março de 1998 até outubro de 2003. Todas as úlceras foram medidas a partir do desenho de seu perímetro em filme plástico. Para analisar as imagens das úlceras foi utilizado o software KS-300. Nenhuma informação foi adicionada a respeito da captura das imagens utilizadas para montagem do banco de dados com os dados dos pacientes.

Jones e Plassman [36] desenvolveram método de segmentação de imagens com base em modelos de contorno ativos que delineia mudanças na cor das imagens caracterizadas pela presença de bordas, a segmentação das imagens é utilizada para auxiliar na medição da área das lesões. O estudo não citou como as imagens foram capturadas.

Bochko et al. [37] descreveram a utilização de uma câmara fechada e com iluminação própria, em quatro comprimentos de onda, 470, 520, 640 e 940 nm, representando as cores vermelha, verde, azul e infravermelha. A câmera empregada foi a Canon Power Shot G5 e

sua distância até as úlceras foi mantida constante devido à utilização da câmara. As regiões das imagens das úlceras foram classificadas em necrose, cor preta, fibrose, cor amarela e tecido de granulação, cor vermelha. O sistema de segmentação das imagens baseou-se em classificador SVM, treinado por meio da biblioteca LIBSVM e dados divididos em classes a partir da leitura dos parâmetros RGB e infravermelho e sua associação com a leitura de uma imagem máscara criada manualmente. Por fim foi aplicada filtragem mediana com janela 5 x 5 para suavizar os resultados da classificação. O método de aquisição das imagens desenvolvido permitia exercer máximo controle na aquisição das imagens porém, era necessário tocar a pele do paciente com as extremidades da câmara, além do aparato utilizado requerer conhecimento técnico para sua reprodução.

Hansen et al [38] criaram sistema para avaliação de úlceras em animais usando processamento de imagens coloridas. No estudo realizado foi criado protocolo para determinar o procedimento de captura das imagens, uso de câmera de vídeo marca Javelin modelo JE-3662RGB, posicionada entre 50 e 70 cm de distância da lesão, iluminação constante com lâmpada incandescente de temperatura 2900 K. Para o processamento da imagem foi utilizada placa de tradução de dados e processamento de imagens coloridas DT2871 em conjunto com a biblioteca Aurora *subroutine library*, que converte automaticamente imagens do modelo de cores RGB para o modelo de cores HSI por meio de hardware. O software de tratamento e análise foi escrito na linguagem FORTRAN. Cada imagem resultante tinha 750 *kilobytes* em resolução 512x480 *pixels*. Para segmentação das imagens foram aplicados limiares nos valores HSI, resultando destaque da área da lesão. O experimento foi realizado com animais. A câmera utilizada no experimento requeria conexão própria com computador, comprometendo sua reprodutibilidade. É interessante notar a preocupação com uso de mesmo tipo de lâmpada na aquisição das imagens.

Pereira et al. [39] apresentou comparativo entre métodos de processamento de imagens aplicáveis à análise de lesões dermatológicas, por meio da aplicação da extração de características e seleção de métodos para classificação e divisão da composição das lesões de pele em classes, granulação (cores vermelhas), fibrose (cores amarelas), necrose (cores pretas), calos (cores brancas). As imagens passaram por análise prévia por dermatologista especialista para detecção das classes citadas. Foram extraídas características das imagens a partir de vários modelos de cores RGB, HSI, $L^*a^*b^*$ e $L^*u^*v^*$. A base de dados de imagens utilizada consistia de 172 imagens do tratamento de pacientes da Escola de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Cada imagem foi capturada com uma câmera digital marca Canon EOS 5D, com lente 50-mm macro, filtro polarizador e flash circular. Nas imagens também

estavam presentes padrão de cores e régua, padronizando as cores das imagens e sua medida, facilitando o processamento. Como plano de fundo foi utilizado pano azul. Foram utilizados como classificadores os métodos *naive bayes*, *multilayer perceptron*, *decision tree* e *k-nearest-neighbor*, todos executados com o software Weka no intuito de encontrar as características mais relevantes para a classificação e segmentação da imagem. A performance da classificação foi medida em termos da precisão da segmentação, quando comparada ao traçado realizado por especialistas.

Santana et al. [10] montaram aparato para fixar a câmera e utilizaram tanto marcadores (régua) autocolantes na perna do paciente, quanto plástico filme para traçar o perímetro da lesão. Toda análise das imagens foi feita por meio do software ImageJ®. Não cita configurações utilizadas na câmera, no entanto, conclui que o ImageJ® é apropriado para estudos das características das úlceras, desde que a captura das imagens seja devidamente padronizada.

Hani et al. [40], o principal objetivo deste estudo foi investigar as características ópticas da hemoglobina, contida nas úlceras, como um possível marcador de tecido de granulação na imagem, a partir de suas cores RGB. Para tanto, utilizou-se a escala de cinza, calculada a partir dos dados RGB e aplicou-se o algoritmo K-média. O resultado da segmentação foi comparado com o traçado manual e sua precisão chegou à 97,31%. O estudo ainda deixa evidente a ligação das condições de aquisição da imagem com a precisão do método, quando informa que a interpretação dos componentes de cor na imagem é sempre comprometida por diferenças nas condições de aquisição como o tipo de câmera, a iluminação na sala e o flash utilizado, sendo estes fatores responsáveis pela modificação da qualidade de cor e escalas na imagem. Somente as imagens com condições de iluminação ótimas foram utilizadas na análise. Perante a análise das imagens pode ser montado acompanhamento para a evolução das úlceras.

Hani et al. [41], a partir do resultado obtido no estudo anterior [40], os autores fazem comparativo do método desenvolvido anteriormente com técnicas presentes na literatura e que envolvem informações de vários modelos de cor, análise de histograma e descritores de cor e textura. Assim como no estudo anterior [40], não cita um protocolo de uso e configuração de câmera para capturar imagens no intuito de eliminar erros na interpretação dos componentes de cor na imagem.

Veredas et al. [42] discutiram diversas técnicas de processamento de imagens aplicadas às imagens de úlceras e desenvolveram uma abordagem híbrida baseada em redes neurais e classificadores bayesianos, tornando desnecessária a intervenção de um supervisor externo que realize a classificação inicial fornecendo dados de treinamento. A metodologia proposta inclui: 1) usar técnicas de processamento de imagens, como filtros de convolução, 2)

extração de características significativas de cor e textura, 3) uso de análise estatística para reduzir a dimensão do espaço de características, 4) treinamento supervisionado de rede neural perceptron multicamada, 5) treinar classificador bayesiano que combine com as previsões da rede neural para melhorar a performance da classificação. Para a aquisição das imagens foi utilizada câmera marca Canon, modelo EOS 40D com lente marca Canon, modelo EF-S 60 mm f/2.8 macro USM e flash em anel marca Sigma, modelo EM-140. A câmera foi posicionada à 30-40 cm de distância da lesão. Como referencial de medida foi utilizado quadrado branco de papel de medida 1 cm². Não informa como a câmera era configurada e sua influência nos passos seguintes do processamento das imagens.

Galushka et al. [43] utilizaram imagens de 24 bits representando os três canais RGB, capturadas por câmera digital não especificada. As imagens tiveram seus histogramas analisados, gerando limiares de corte, mínimos e máximos e para os três canais RGB de forma que apenas as cores das lesões permaneceram. O método foi comparado com extração de textura para uso na segmentação. A segmentação proposta tem o intuito de auxiliar a determinação da área da lesão para acompanhamento. Não há informações sobre iluminação, nem temperatura de cor da fonte luminosa, tão pouco configuração da câmera.

Wannous, Lucas e Treuillet [44] apresentaram ferramenta automática de acompanhamento das úlceras com base em câmera digital comum. O sistema foi capaz de segmentar as imagens e criar modelos 3-D. Para tanto, as cores foram corrigidas, as imagens marcadas manualmente por profissionais e então foram extraídas as características necessárias para treinar classificadores SVM. Durante a aquisição das imagens foi utilizado padrão de cores que tornou possível a correção das cores, que de acordo com o autor, foi um dos principais descritores utilizados. Não foi descrito protocolo de aquisição.

Zheng et al. [45] definiram um protocolo para classificação de tecidos das úlceras a partir das imagens digitais. O protocolo utiliza o histograma das cores RGB, e as características foram extraídas dos histogramas utilizando o algoritmo *k-nearest-neighbors*. O estudo recomenda atenção com a aquisição das imagens, principalmente na iluminação.

Oliveira et al. [46] desenvolveram sistema computadorizado capaz de classificar lesões de pele dos tipos, nevo melanocítico, ceratose seborreica e melanoma, a partir de imagens fotográficas para auxiliar os dermatologistas no tratamento de câncer de pele. O sistema caracteriza as lesões, utilizando a análise de assimetria, borda, cor, diâmetro e textura. Para a construção destes sistemas foram utilizadas várias técnicas de processamento de imagem, tais como, filtro mediana, modelo Chan-Vese (segmentação de imagens) e SVM. O uso destas técnicas possibilitou a análise mais rápida e informações mais precisas sobre os estágios dos

cânceres. O estudo utilizou bases de dados prontas, DermAtlas, DermIS e Saúde Total, não especificando como foram adquiridas as imagens.

Siqueira et al. [11] fez uso das imagens como registro do tratamento de úlceras venosas com aplicação luz por LEDs. A área das lesões foi calculada a partir de desenho em filme plástico aplicado diretamente na lesão. Os desenhos foram posteriormente escaneados e analisados computacionalmente. As imagens capturadas foram utilizadas apenas para catalogação.

A área do processamento de imagens dedicada ao estudo de imagens de sensoriamento remoto faz utilização da mineração de dados para a descoberta de classificadores capazes de segmentar imagens, conforme a literatura a seguir.

Santos e Santos [18] propõem a coleta manual de conjunto de dados para formação da base de dados de treinamento com base nos valores RGB dos *pixels* das imagens, bem como sua divisão em classes, *pixels* de áreas verde, asfalto, calçada, faixas de sinalização, dentre outros, que a partir do algoritmo J48 irão criar conjunto de regras do classificador. Após o uso do classificador na segmentação da imagem são aplicados outros algoritmos com a função de aumentar a precisão do método.

Luz, Santos e Antunes [15] realizaram a coleta dos atributos de imagens do satélite Spot5 do ano de 2005, desvio padrão, valor mínimo e valor médio dos *pixels* dos objetos para cada uma das 4 bandas originais, brilho, índice de forma, área, largura, comprimento, relação comprimento / largura, ajuste à forma retangular, ajuste à forma elíptica, densidade, compacidade, comprimento de borda e assimetria para criação da base de dados de treinamento, com até 350 instâncias de dados, para o algoritmo J48, para a definição de árvore de decisão capaz de segmentar as imagens.

Antunes e Gonçalves [14] utilizaram como fonte de coleta imagens espaciais de 4 bandas espectrais e resolução espacial de 50 cm do sensor GeoEye-1 da região central da cidade de Goianésia, Goiás. Foram utilizados os atributos: brilho, compacidade, razão, média e outros, referentes às classes: cobertura com telhado metálico, amianto, cerâmica (clara e escura) piscina e solo (exposto e outro). E a mineração de dados por meio do algoritmo J48, do software WEKA tornou automática a definição de valores limiares que podem ser expressos de forma intercalada e aplicados em classificação orientada a objetos de imagem de sensoriamento remoto.

Francisco e Almeida [47] criaram um banco de dados de treinamento composto de 14 planos de informação: quatro bandas multiespectrais fusionadas do sistema ALOS, quatro componentes principais (*Principal Components* - PC), três componentes IHS, NDVI, MDE e grade de declividade, classificados como: afloramento rochoso, floresta, vegetação herbácea,

vegetação herbácea rala, queimada, reflorestamento, sombra e área urbana, num total de 225 amostras para o treinamento da árvore de decisão, correspondentes às oito classes de cobertura da terra. Foi utilizado algoritmo J48 do software WEKA para gerar árvore de decisão capaz de diferenciar as classes de cobertura de terra.

Vieira, Formaggio e Rennó [19] elaboraram classificador, a partir do algoritmo J48 do software WEKA e uma base de dados um conjunto de objetos amostrais através de um processo de avaliação cognitiva por um especialista da área, num total de 396 atributos, dois quais, 184 representaram a classe cana-de-açúcar e 212 a classe de outras áreas. Os dados foram extraídos de imagens de satélite: TM/Landsat-5 (b3, b4, b5) e ETM+/Landsat-5 (b3, b4, b5).

Quinta e Pistori [16] e Ruiz et al. [17] utilizam técnicas de mineração de dados, primeiramente, para a seleção de atributos relevantes para a criação da base de dados de treinamento, em seguida, a árvore de decisão é gerada por meio do algoritmo J48 do software WEKA para ser aplicado em segmentação de imagens.

Boutella e Luob [48] relacionou a configuração de câmeras digitais com a classificação de imagens capturas, para tanto, realizou a leitura de metadados EXIF e associou em classes que permitiam separar tipos específicos de imagens.

Os trabalhos pesquisados apontaram indícios de que há a necessidade de explorar a padronização da aquisição das imagens, seja para torna-las confiáveis para cálculo de área da lesão ou acompanhamento do histórico evolutivo do tratamento das úlceras de pele. Ao criar câmara para utilização com a câmera digital, Bocko et al. [37], evidencia a preocupação com a aquisição das imagens na melhora da precisão dos métodos de segmentação das imagens, de modo oposto, [34] [39] [42] [46], concentram esforços na especialização dos métodos de segmentação das imagens afim de preencher a lacuna deixada por falhas no processo de aquisição, realizado sem padronização.

A necessidade do uso de filme plástico para desenhar a área da lesão a ser estudada é outro ponto a ser destacado, visto que boa parte dos trabalhos a utiliza em detrimento ao uso de imagens como forma de mensurar as lesões [6] [7] [8] [9] [11]. Santana et al. [10] determina que as imagens podem ser utilizadas em conjunto como o software ImageJ® pode ser utilizado para mensurar as áreas de lesão desde que se tenha referencial adequado nas imagens e Veredas et al. [19] sugere o uso de quadrado de papel, de medida conhecida, como referencial.

Já a utilização de regras geradas por meio de treinamento de classificadores por Árvore de Decisão tem sido utilizado com sucesso em domínios como Sensoriamento Remoto [14] [15] [18] [19], Imagens de couro animal [16] e imagens diversas [17]. Sem explorar o mesmo

princípio pesquisado com as úlceras, no qual a qualidade da imagem poderia permitir o uso de classificadores mais simplificados e especificamente calibrados para segmentação das imagens.

3 MÉTODO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

A pesquisa realizada para a composição deste estudo contou com dois estudos de caso, o primeiro trata de protocolo para aquisição das imagens e o segundo investiga a influência dos parâmetros e ambiente fotográficos no treinamento de classificadores aplicáveis à segmentação de imagens.

3.1 Estudo de Caso I: Protocolo para Aquisição de Imagens de Úlceras de Membros Inferiores

O estudo de caso I surgiu a partir da necessidade da utilização de imagens digitais de úlceras de membros inferiores para acompanhar o tratamento com LEDs, descrito no artigo Siqueira et al. [49], como avanço ao método utilizado em Siqueira et al. [11], que obtinha as medidas das lesões por meio de desenho feito em plástico filme em contato com a pele do paciente. Havia também a falta de especificação de protocolo de captura de imagens para parâmetros e práticas, ao menos na literatura pesquisada, apesar de alguns dos trabalhos citarem tal preocupação [11] [34] [38] [39] [40]. O objetivo deste estudo de caso foi avaliar os efeitos causados pela mudança dos parâmetros de aquisição das imagens na fase de segmentação, propondo protocolo de aquisição de imagens, para tanto, foram testadas variadas configurações na câmera e tipos de marcadores na aquisição das imagens. As imagens foram traçadas manualmente, segmentadas automaticamente, comparadas e relacionadas aos parâmetros utilizados para determinar protocolo de aquisição de imagens que possibilitassem realização de cálculo da área das úlceras e ganho em não haver necessidade de contato direto de filme plástico com a lesão, evitando contaminações.

A Figura 12 mostra o fluxograma.

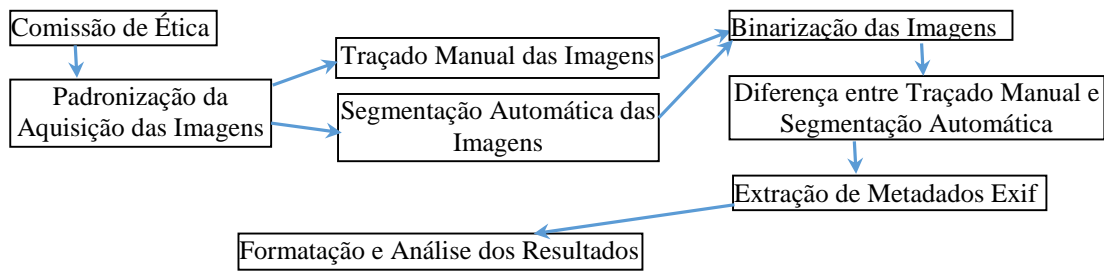


Figura 12 – Fluxograma estudo de caso I¹

3.1.1 Comissão de Ética

A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em pesquisa da UEL de acordo com o parecer 315/06 de 02/02/07 (emenda 1/2010). O indivíduo foi esclarecido sobre a natureza da pesquisa e assinou o termo de consentimento livre e esclarecido. Foram admitidos pacientes portadores de úlceras crônicas nos membros inferiores por insuficiência venosa. A pesquisa foi realizada no Consórcio Intermunicipal de Saúde do Médio Paranapanema (CISMEPAR) em parceria com o Hospital Universitário de Londrina/Universidade Estadual de Londrina com financiamento da Fundação Araucária [11] [49].

3.1.2 Padronização da Aquisição das Imagens

A padronização na aquisição das imagens tem o intuito de produzir imagens com cores realistas, nitidez e destaque entre os objetos, dispensando pré-processamentos como ajuste de brilho, correção de balanço de branco e suavização de ruídos. Foram avaliados: uso de flash, utilização de linhas guia na câmera para alinhar objetos de interesse, quantidade de luz absorvida, sensibilidade do sensor da câmera, foco e adequação das cores em relação à iluminação do ambiente [24].

Os experimentos realizados com úlceras de pele contaram com 97 imagens de 4 úlceras. úlcera 1, 22 imagens, úlcera 2, 31 imagens, úlcera 3, 28 imagens, úlcera 4, 16 imagens, cada úlcera foi selecionada a partir dos critérios, maior quantidade de imagens e participação em,

¹ Fonte: O autor.

pelo menos duas fases de configuração da câmera. As imagens do tratamento das úlceras foram capturadas em três condições:

Primeira fase do experimento: câmera em modo automático. Flash disparado automaticamente. Marcador: régua de papel. A Figura 13 exemplifica uma destas imagens, sendo importante mencionar que, devido à utilização do flash, muita informação de cor é perdida (há várias regiões de reflexo, na cor branca, dentro da ferida).



Figura 13 – Lesão fotografada durante primeira fase do experimento [49]

Segunda fase do experimento: câmera em modo manual e superexposição (muita claridade). Flash desativado. Marcador: régua de papel.

A Figura 14 exemplifica uma destas imagens, esta fotografia apresenta ganho significativo quanto às informações de cor, porém a medida em relação ao marcador era suscetível a erros devido à geometria da perna do paciente, o marcador também chegou a produzir sombra da régua na lesão, além da superexposição ter causado distorções nas cores capturadas, como pode ser observado nas bordas da lesão.



Figura 14 – Lesão fotografada durante segunda fase do experimento [49]

Terceira fase do experimento: câmera em modo manual, de acordo com o ambiente. Análise visual mostrou imagens com bom contraste. Flash foi desativado. Marcador: quadrado de papel autocolante [42]. A Figura 15 exemplifica uma destas imagens, esta fotografia apresenta as melhores condições alcançadas no experimento, com imagens que facilitaram a percepção visual e aumentaram a precisão na leitura das informações.



Figura 15 – Lesão fotografada durante terceira fase do experimento [49]

3.1.3 Traçado Manual das Imagens

As úlceras foram fotografadas em cada atendimento ao paciente com máquina fotográfica digital marca Sony, em seguida, as imagens foram transferidas para um computador para realização do traçado manual da área das úlceras, por profissional da área da saúde, e seu cálculo por meio do software ImageJ® (*US National Institutes of Health, Bethesda, MD*) [9] [33] [44] [49]. A Figura 16 exemplifica um destes traçados.



Figura 16 – Traçado manual [49]

3.1.4 Segmentação Automática das Imagens

O plug-in SIOX do software ImageJ foi utilizado por profissional da área de computação, para segmentar automaticamente as imagens, marcando-se áreas da fotografia na região da úlcera, como referência para o software. A utilização do plug-in SIOX se deu pela interatividade na segmentação, por trabalhar com as cores no modelo de cores $L^*a^*b^*$ [50], e também, por possuir boa precisão e eficiência do algoritmo quando aplicado à identificação de regiões em imagens [51].

A Figura 17 mostra uma das segmentações realizadas com o plug-in SIOX do software ImageJ, e sua correspondente traçada manualmente.



Figura 17 – Segmentação automática x traçado manual ¹

3.1.5 Binarização das Imagens

As áreas de lesão marcadas pelos procedimentos executados durante o Traçado Manual das Imagens, seção 3.1.3, e a Segmentação Automática das Imagens, seção 3.1.4, foram diferenciadas com preenchimento de *pixels* na cor preta, sendo as demais áreas pintadas de branco, com o software ImageJ ®. Esta diferenciação, a qual chamou-se binarização, serviu para separar duas classes de objetos na imagem, após seu traçado ou segmentação. Ou seja, área de lesão e demais áreas, de acordo com o resultado de cada um dos dois métodos.

¹ Fonte: O autor.

A Figura 18 exemplifica as fases de preparação para a comparação das imagens.

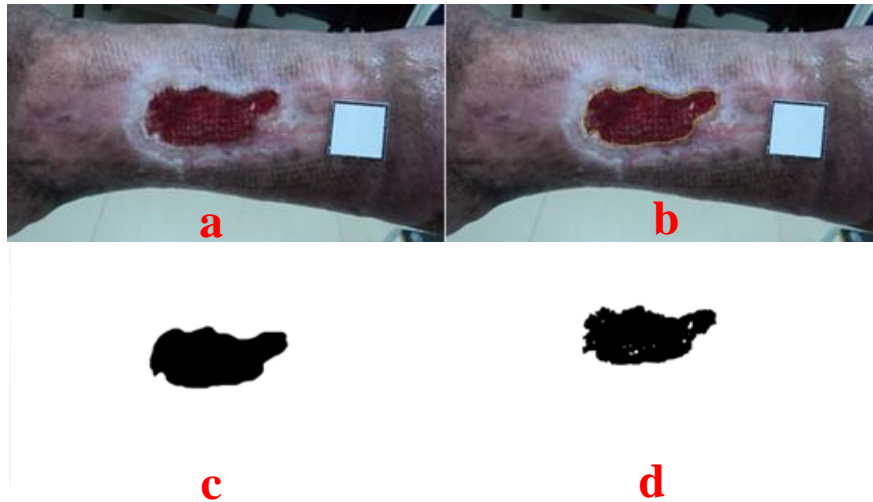


Figura 18 – Fases de processamento¹

Na Figura 18 temos: a) imagem original, b) imagem traçada manualmente, c) imagem binarizada do traçado manual, d) imagem da segmentação automática.

3.1.6 Diferença entre Traçado Manual e Segmentação Automática

Para análise das imagens das úlceras, foi desenvolvido algoritmo de processamento de imagens, escrito em Linguagem Java, para comparar *pixels* correspondentes nas imagens binarizadas, criadas durante a Binarização das Imagens, seção 3.1.5. Quando os dois *pixels* comparados eram iguais, para traçado manual e segmentação automática, o *pixel* correspondente na imagem resultante recebia a cor branca, R = 255, G = 255, B = 255, caso contrário, preta, R = 0, G = 0, B = 0.

O traçado manual foi considerado medida padrão, seguindo o padrão literário [9] [33] [39] [40] [49], e a diferença entre o traçado manual e a segmentação automática, calculada em porcentagem, conforme equação 1:

$$\%dif = \frac{|m-s|}{m} * 100 \quad (1)$$

% dif = porcentagem da diferença,

m = *pixels* traçado manual,

s = *pixels* segmentação automática.

¹ Fonte: O autor.

A Figura 19 apresenta a diferença calculada entre os diferentes métodos de marcação da imagem, ou seja, o traçado manual e a segmentação automática. As áreas em preto representam tais divergências.



Figura 19 – Divergências¹

3.1.7 Extração de Metadados EXIF

Os Metadados EXIF foram extraídos das fotografias dos experimentos das úlceras por meio do aplicativo EXIF, versão 0.6.21, executado em *shell* Linux, e exportados para arquivo texto para posterior análise. A Tabela 1 exemplifica dados representativos das configurações realizadas na câmera para a terceira fase dos experimentos.

Tabela 1 – Metadados EXIF²

Tag (Parâmetro)	Value (Valor)
Balanceamento de branco	Balanceamento manual de branco
<i>F-Number</i> (abertura)	f/3,1
Flash	<i>Flash did not fire, compulsory flash mode</i>
<i>ISO Speed Ratings</i> (ISO)	400
Linha de exibição	-0,30 EV
Tempo de Exposição	1/40 seg.

¹ Fonte: O autor.

² Fonte: O autor.

3.1.8 Formatação e Análise dos Resultados

O protocolo para captura das imagens resultou do relacionamento gráfico entre os metadados extraídos de cada imagem das úlceras com sua respectiva diferença, calculada a partir do traçado manual, tomado como padrão [9] [33] [39] [40] [49] e da segmentação automática [50] [51], em conformidade com [25], que demonstra que as informações de ajustes de câmera podem também servir como estudo de influência na captura da imagem, para seu aperfeiçoamento.

3.2 Estudo de Caso II: Aquisição Controlada e Mineração de Dados para Segmentação de Imagens de Batatas Fritas

O estudo de caso II foi motivado pela necessidade da indústria alimentícia, no processo de fabricação de batatas fritas, em obter produtos com a coloração mais clara possível, agregando valor ao produto, porém, com muitas variáveis influenciando o resultado final, tais como: tempo de armazenamento das batatas, tipos de banhos (água ou álcool), temperatura de banhos, temperatura do óleo e tempo de fritura [13].

O processo de produção necessita de calibração dos parâmetros citados para cada novo lote de matéria prima, e parte considerável é utilizada no procedimento, gerando desperdício que contraria a otimização e os programas de melhoria de produção.

Além de poder separar batatas com coloração fora das normas, obter imagens segmentadas significa a oportunidade de extração de dados que, aliados aos demais coletados durante o processo de fabricação, formam uma coleção que permitiria avaliação de lotes de matéria prima e calibração com mínimo desperdício, garantindo a qualidade do produto.

O objetivo deste foi, por meio do domínio proposto, atestar a possibilidade de obter imagens segmentadas, comparar resultados do controle na aquisição de imagens, e mineração de dados das imagens capturadas, com treinamento supervisionado de classificadores do tipo Árvore de Decisão, com os algoritmos *Decision Stump*, *J48* e *REPTree*, componentes do software WEKA.

A Figura 20 é o fluxograma dos métodos deste estudo de caso.

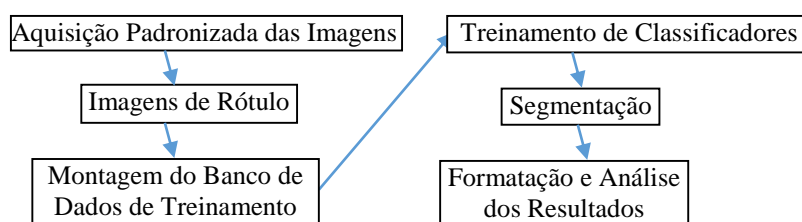


Figura 20 – Fluxograma estudo de caso II

3.2.1 Padronização da Aquisição das Imagens

A padronização na aquisição das imagens contribuiu na produção imagens que dispensam pré-processamentos, tais como, melhora no contraste, ajuste de brilho, correção de balanço de branco e suavização de ruídos, facilitando marcações manuais ou automáticas dos objetos de interesse. Para tanto, alguns itens foram analisados: controle do uso de flash, controle da quantidade de luz no sensor da câmera, controle da sensibilidade do sensor da câmera, controle de foco e adequação das cores em relação à iluminação do ambiente [24].

Nos experimentos com batatas fritas comerciais, as fotos foram capturadas em ambiente controlado com a utilização do *ColorChecker* para calibração das cores, Fotômetro para medição da quantidade de luz e tripé para fixação de câmera e iluminação. As batatas foram dispostas em papel cartão colorido (preto, branco e vermelho), e fotografadas com câmera digital profissional, marca Sony, modelo Alpha SLT-A55V, com lente 28-75mm F2.8 SAM, configurada em 16,2 *megapixels*, resolução máxima. Foram configurados ISO (sensibilidade do sensor fotográfico), controle de velocidade do obturador (quantidade de tempo que o obturador da máquina fotográfica leva para abrir e fechar, deixando passar luz), e de abertura das lentes (ajuste da abertura do diafragma da lente para controlar a quanto de luz chega ao sensor digital), o ISO foi mantido constante para todas as fotos com valor igual a 100 e também a abertura da lente em f/4.0. A velocidade do obturador foi alterada entre 1/4, 1/6 e 1/8 segundos para cada foto com a mesma cor de fundo, gerando respectivamente imagens claras, intermediárias e escuras.

A escolha das variáveis no ambiente controlado da captura das imagens é justificada a seguir:

- Papel cartão colorido (fundo): seu uso é justificado por oferecer diferentes contrastes em relação à cor do objeto.

- ISO: este parâmetro, quando configurado, aumenta ou diminui a luminosidade na imagem, porém pode gerar ruídos na imagem, razão pela qual foi mantido constante.

- Abertura e velocidade: tanto a variação de abertura, quanto de velocidade modificam a luminosidade na imagem, porém a variação dos dois parâmetros, além de desnecessária, poderia influir na profundidade de campo e também no foco. A escolha da variação na velocidade é explicada pela facilidade em obter as imagens nas luminosidades desejadas.

A Figura 21 demonstra o experimento montado para a aquisição das imagens.



Figura 21 – Suporte de câmera e iluminação¹

Durante o procedimento de padronização das imagens das batatas fritas foram realizadas medidas de quantidade de luz com fotômetro e calibração de cores utilizado *ColorChecker*. A Figura 22 mostra o antes e depois da calibração do balanço de branco para a realização dos experimentos, à esquerda, sem balanceamento, à direita, com balanceamento. É importante destacar que o procedimento envolve tanto o uso do fotômetro quanto do software UFRaw.

¹ Fonte: O autor.



Figura 22 – Antes e depois da calibração de balanço de branco¹

Ainda na questão do controle do ambiente fotográfico, a Figura 23 mostra alguns exemplos de fotos das batatas com diferentes fundos e condições de iluminação. Neste caso a quantidade de luz do ambiente não foi alterada, mas sim a quantidade da exposição do sensor da câmera.

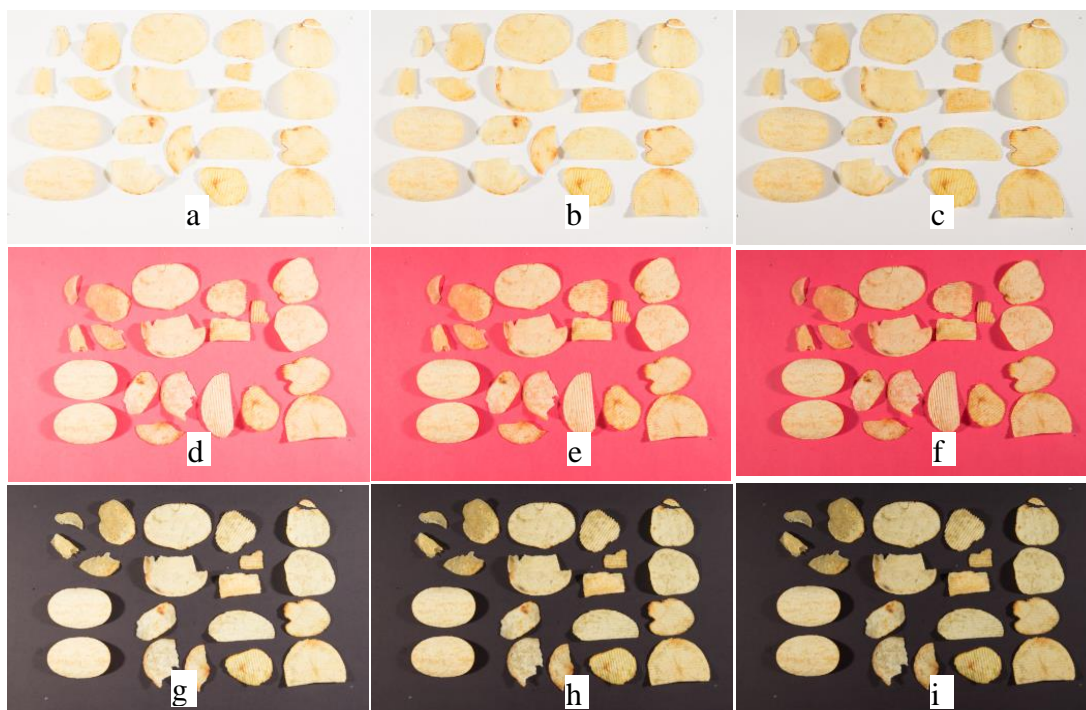


Figura 23 – Experimentos fotográficos²

¹ Fonte: O autor.

² Fonte: O autor.

Na Figura 23, podemos observar os três fundos utilizados, branco, vermelho e preto, as imagens também mostram a quantidade luz absorvida devido à velocidade de abertura do obturador, a)1/4, b)1/6, c)1/8, d)1/4, e)1/6, f)1/8, g)1/4, h)1/6, i)1/8. As imagens capturadas com velocidade 1/4 de segundo (0,25s) apresentam mais clareza que prejudica tanto a nitidez, quanto o contraste.

3.2.2 Imagens de Rótulo

As imagens de rótulo serviram de referência para o algoritmo de montagem da base de dados de treinamento quanto à classe que cada *pixel* analisado pertencia, classe fundo ou classe batata (objeto de interesse). São imagens geradas manualmente, e gravadas em arquivo tipo BMP, por não apresentar compressões de cores em seus *pixels*, especialmente em bordas ou onde há mudanças significativas na coloração, isto é importante pois o algoritmo foi configurado para considerar somente *pixels* azuis ou brancos, qualquer outro valor é desconsiderado, podendo causar problemas no momento de informar à qual classe pertence o *pixel* na montagem da base de dados de treinamento.

As imagens de rótulo foram criadas com base nas imagens originais correspondentes, sendo o fundo da imagem pintado com a cor branca (R = 255, G = 255, B = 255) e as batatas com a cor azul (R = 0, G = 0, B = 255) por meio do software GIMP.

Outra questão importante é que para cada novo posicionamento dos objetos na imagem, uma nova imagem de rótulo teve que ser gerada para que os atributos de cada *pixel* fossem corretamente rotulados, dividindo-os corretamente em classes. A Figura 24 ilustra esta preocupação.

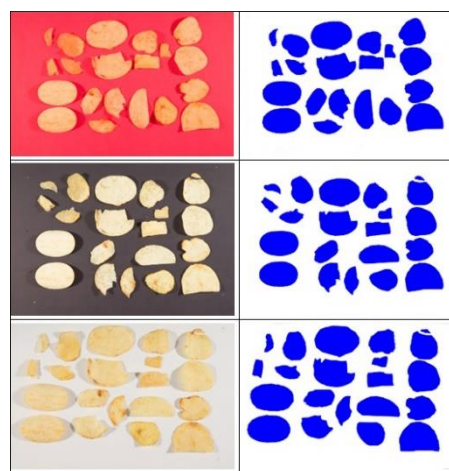


Figura 24 – Imagens rótulo¹

¹ Fonte: O autor.

A utilização de imagens rótulo forneceu subsídio para a criação de algoritmo que automatizou a coleta dos dados dos atributos dos *pixels* com o fim de construir o banco de dados, descrito a seguir.

3.2.3 Montagem do Banco de Dados de Treinamento

A montagem do banco de dados para treinamento do classificador foi feita gravando dados: escala de cinza, R, G, B de cada *pixel* da imagem original, seguido da classificação “*true/false*” (fundo/não fundo), retirada a partir da leitura do *pixel* correspondente na imagem mapa (cor branca = fundo “*true*”, cor azul = não fundo “*false*”), em arquivo texto no formato próprio para análise com o software Weka, utilizando código escrito em Linguagem Java, com utilização da biblioteca *BufferedImage* para leitura das imagens.

A Figura 25 é o esquema do funcionamento deste algoritmo.

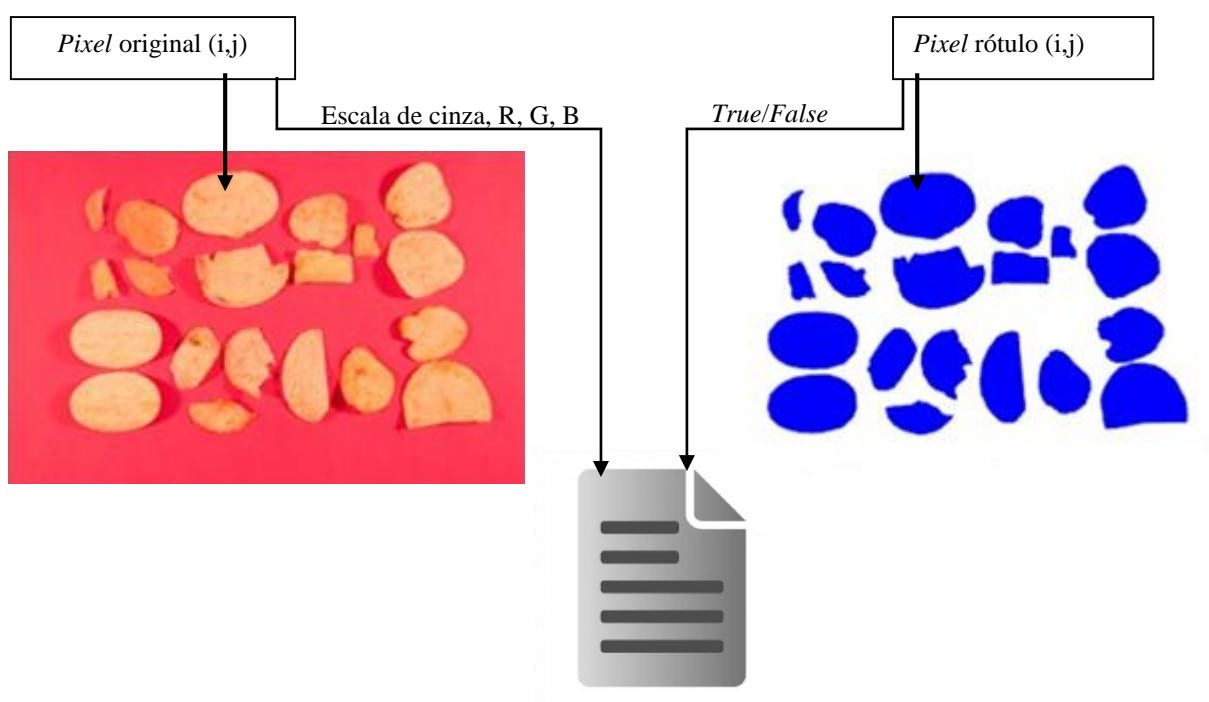


Figura 25 – Montagem do arquivo texto de treinamento¹

As bases de dados geradas contaram com 16.032.768 instâncias de dados cada, sendo a instância referente aos atributos de cada *pixel* presente na imagem, podendo ser de fundo ou de qualquer tipo de batata, citado no item 3.2.1.

¹ Fonte: O autor.

A quantidade de *pixels* informada é referente ao uso da resolução máxima da câmera, 16,2 *megapixels*, e pode ser calculada pela multiplicação (*pixels* largura x *pixels* altura) da imagem, $4912 \times 3264 = 16.032.768$.

O algoritmo utilizado contribuiu com a manipulação da totalidade dos dados sem a necessidade de que estes fossem obtidos por amostragem, ou seja, todas as possibilidades de atributos dos *pixels* de cada imagem, bem como sua classificação estavam presentes na base de dados de treinamento.

A geração das bases de dados de treinamento forneceu dados passíveis de utilização para este trabalho e para trabalhos futuros, não sendo necessário criar novas bases de dados para análises futuras que complementem o item a seguir, mineração de dados.

3.2.4 Treinamento de Classificadores

O processo de geração dos classificadores se deu de forma supervisionada, a partir das bases de dados de treinamento, geradas para cada condição de captura de imagem. Foram utilizados os algoritmos de geração de árvore de decisão *Decision Stump*, J48 e *REPTree*, todos presentes no software WEKA, cujo uso foi motivado por ter apresentado boa performance em diversas aplicações [14] [15] [16] [17] [18] [19] [47]. A utilização de outros algoritmos de geração de árvore de dados, além do J48, para posterior segmentação das imagens e testes comparativos constitui-se colaboração científica quanto à utilização dos métodos.

Os atributos RGB e escala de cinza foram utilizados na geração de regras para a segmentação das imagens.

A Figura 26 é um exemplo de árvore de decisão gerada pelo algoritmo J48 com dados da imagem em fundo preto e luminosidade média.

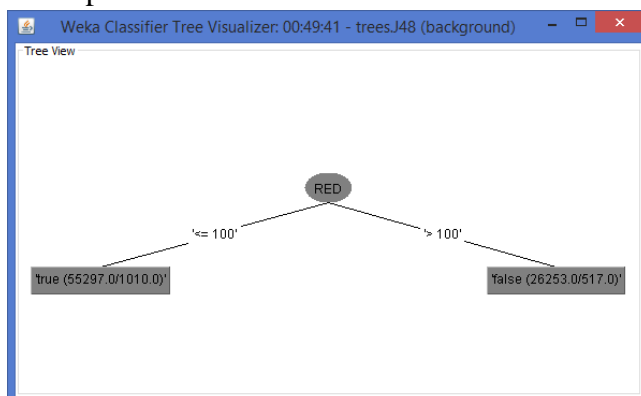


Figura 26 – Árvore de decisão J48¹

¹ Imagem gerada pelo software WEKA.

3.2.5 Segmentação

As árvores de decisão geradas pelos algoritmos *Decision Stump*, *J48* e *REPTree* do software WEKA, durante o processo de treinamento foram utilizadas para classificar os *pixels* lidos de uma imagem não utilizada no treinamento.

Cada *pixel* da nova imagem é lido e seus atributos, RGB e escala de cinza submetidos às regras da árvore de decisão para classificação como *pixels* de fundo ou batata, resultando em imagem segmentada.

A Figura 27 exemplifica a utilização do classificador treinado

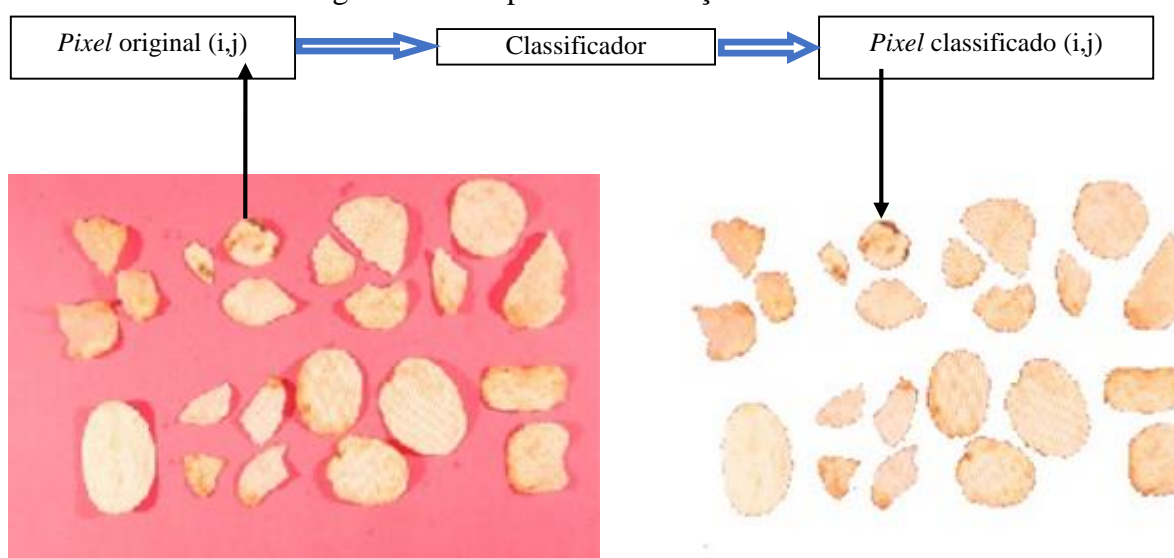


Figura 27 – Aplicação do classificador¹

O algoritmo de segmentação desenvolvido foi utilizado para todas as imagens e árvores de decisão correspondentes apenas modificando a chamada ao código correspondente de cada árvore. Sua contribuição, no entanto, vai além por permitir que quaisquer tipos de dados sejam analisados por uma árvore de decisão, desde que tenham sido também utilizados tipos similares no treinamento da árvore.

3.2.6 Formatação e Análise dos Resultados

Cada imagem segmentada foi comparada com sua imagem rótulo correspondente, também gerada para as imagens de teste, avaliando-se a quantidade de *pixels* marcada fora dos limites determinados [39] [40].

¹ Fonte: O autor.

Para avaliação da capacidade de segmentação e precisão do método, as imagens segmentadas foram comparadas com a segmentação automática realizada utilizando o algoritmo K-média, método utilizado em [40], informando a existência de 2 centroides ao algoritmo, esperando que o algoritmo pudesse agrupar os *pixels* com base nas semelhanças referentes às batatas e ao fundo. O algoritmo de segmentação K-média foi selecionado para comparação por ser amplamente difundido em aplicações de Processamento de Imagens Digitais [1] [2] [4].

Os resultados obtidos na segmentação das imagens por meio dos três tipos de classificadores treinados a partir da mineração de dados nas imagens das batatas fritas, com todas as condições descritas para fundo e luminância foram tabelados para análise comparativa de forma análoga ao ocorrido em [14] [15] [16] [17] [18] [19] [47].

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Ambos os estudos de caso geraram artefatos que serão apresentados no decorrer desta seção.

4.1 Estudo de Caso I: Protocolo para Aquisição de Imagens de Úlceras de Membros Inferiores

Com base nos estudos e nas experiências realizadas, foram obtidos resultados e produzidos artefatos que comprovam que a mudança nos parâmetros de câmera e no modo de aquisição das imagens relaciona-se com o resultado final da segmentação automatizada. Esta tese é reforçada na literatura pesquisada, quando demonstra a preocupação com parâmetros utilizados nas câmeras e também as condições ambientais no momento da captura das imagens [34] [38] [39] [40].

O conhecimento reunido possibilitou a criação de protocolo de aquisição, não disponível na literatura pesquisada, da forma unívoca e ampla como é apresentada, diversos estudos preocupam-se parcialmente com a aquisição das imagens, porém, nenhum deles relaciona os efeitos do tratamento realizado na aquisição das imagens, com sua implicação nos processos seguintes para extração de informação das imagens. A aplicação deste estudo possibilitou o uso da informação obtida das imagens como forma de dados para análise [49].

4.1.1 Formatação e Análise dos Resultados

Os resultados foram organizados em gráficos e tabelas que permitiram melhores entendimento e análise.

4.1.1.1 Gráficos

Os gráficos apresentados a seguir relacionam as imagens capturadas a partir de cada configuração da câmera, em conformidade com a seção 3.1.2, Padronização da Aquisição das Imagens, com sua respectiva diferença entre traçado manual e segmentação automática, conforme a seção 3.1.6, Diferença entre Traçado Manual e Segmentação Automática, e os valores de cada metadado, exposição, ISO, flash, tempo(s) e abertura, de acordo com a seção 3.1.7, Extração de Metadados EXIF.

A seções presentes nos gráficos A, B, C são agrupamentos das imagens dentro das fases do experimento de configuração dos parâmetros na câmera, além do aperfeiçoamento nos instrumentos de extração de medida (uso de marcador na imagem).

Os gráficos mostram que a cada nova aplicação de configurações na câmera, é menor a diferença entre o traçado manual, tomado como padrão, e a segmentação automática, bem como a variação entre os resultados, que, por conta das configurações automáticas, na primeira fase, e do pouco realce entre as cores, na segunda fase, variavam bastante.

Cada úlcera fotografada gerou conjunto de imagens para confecção dos gráficos apresentados, foram selecionadas aquelas com maior quantidade de imagens e participação em, pelo menos duas fases de configuração da câmera.

O termo “diferença média” utilizado nas análises dos gráficos a seguir, refere-se à média dos resultados obtidos por meio da equação 1, para cada imagem dentro de uma fase de configuração da câmera, e o desvio padrão mostra a variação existente em relação à média. Por se tratarem de valores relativos, são expressos em porcentagem.

Lesão 1: fotografada durante a segunda e terceira fases. A Figura 28 apresenta, por meio de gráficos, os dados obtidos dos processamentos descritos nos métodos.

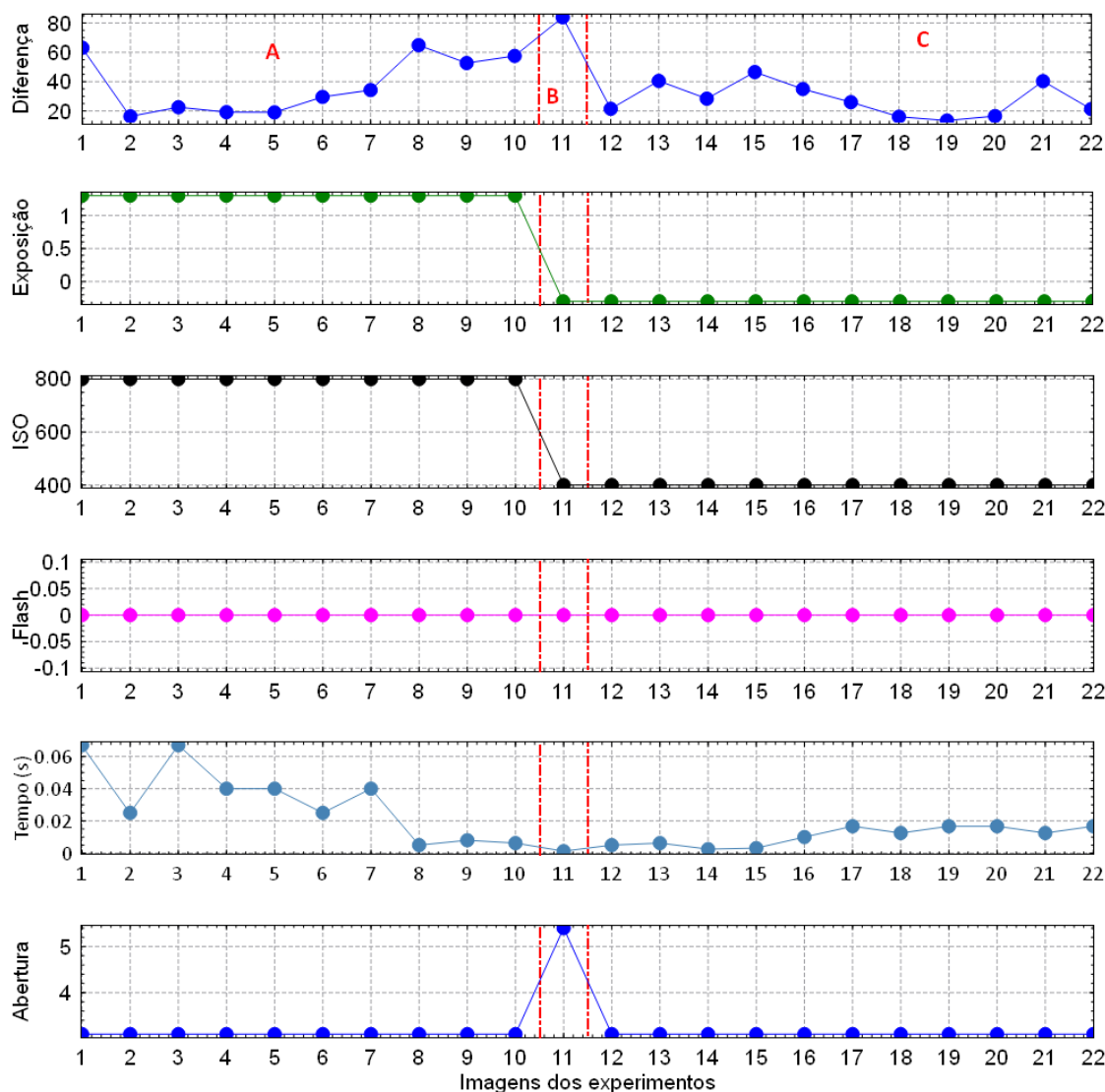


Figura 28 – Diferença x parâmetros x imagens da úlcera 1¹

O gráfico da Figura 28 é dividido em três seções. As imagens 1-10 na seção A, pertencem à segunda fase do experimento, com diferença média, entre traçado manual e segmentação automática, de 37,91% e desvio padrão 19,60%. A imagem 11 na seção B, mostra diferença de 83,92%, indício de que a variação na iluminação do ambiente pode causar forte distorção nos dados. Neste caso em particular a câmera estava configurada para fotos com iluminação fluorescente e houve incidência de luz solar na região fotografada. As imagens 12-22 na seção C do gráfico, foram capturadas durante a fase três do experimento demonstrando menor diferença média, 27,77% e desvio padrão 11,31%.

¹ Fonte: O autor.

Lesão 2: fotografada durante as três fases. A Figura 29 apresenta, por meio de gráficos, os dados obtidos dos processamentos.

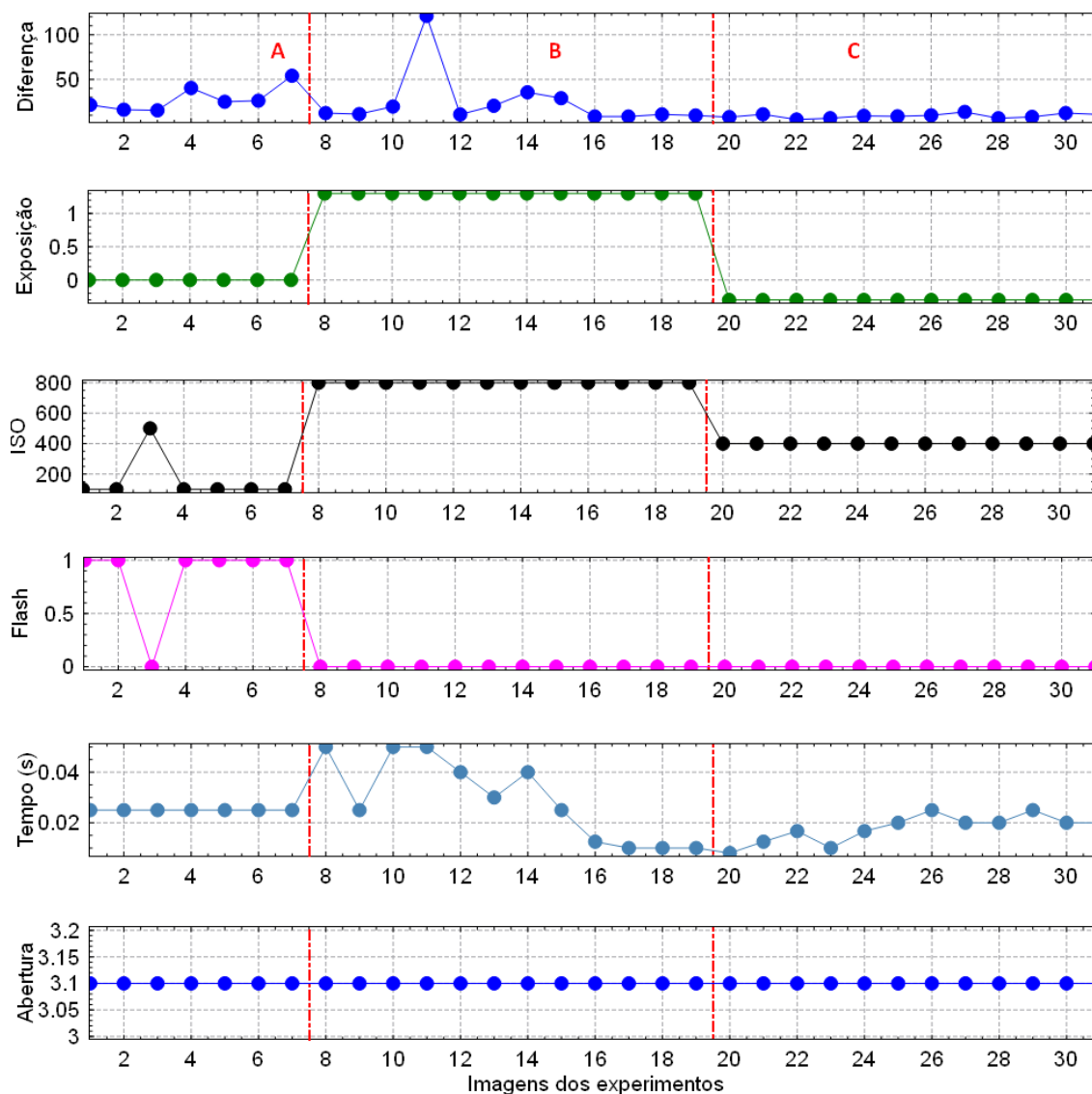


Figura 29 – Diferença x parâmetros x imagens da úlcera 2¹

O gráfico da Figura 29 é dividido em três seções. As imagens 1-7 na seção A pertencem à primeira fase do experimento com diferença média de 28,43% e desvio padrão 14,07%. As imagens 8-19 na seção B pertencem à segunda fase do experimento com diferença média de 24,84% e desvio padrão 31,48%. As imagens 20-31 na seção C pertencem à terceira fase do experimento apresentando diferença média de 9,19% e desvio padrão 2,52%.

¹ Fonte: O autor.

Lesão 3: fotografada durante as três fases do experimento. A Figura 30 apresenta, por meio de gráficos, os dados obtidos dos processamentos descritos nos métodos.

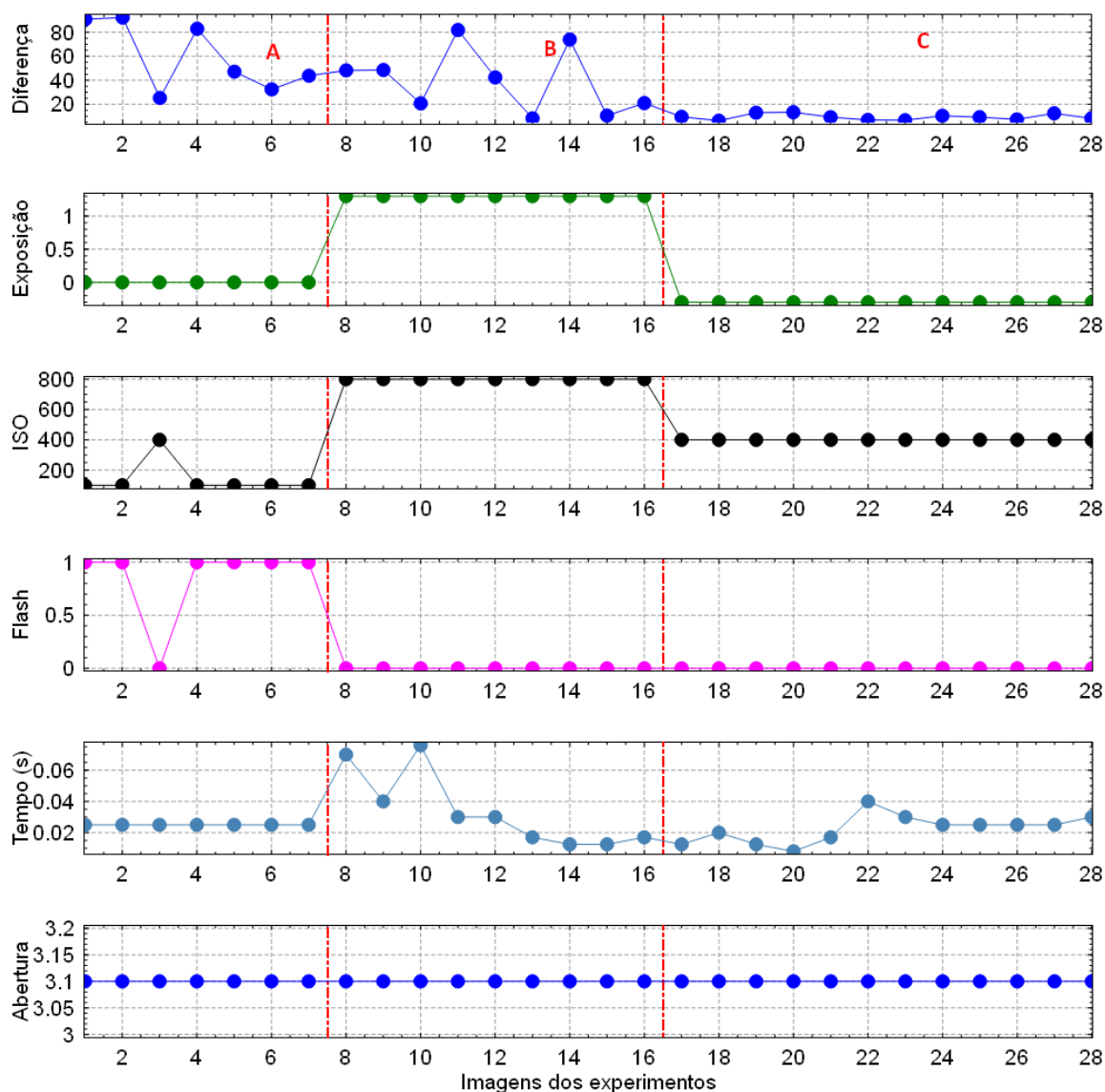


Figura 30 – Diferença x parâmetros x imagens da úlcera 3¹

O gráfico da Figura 30 é dividido em três seções. As imagens 1-7 na seção A pertencem à primeira fase do experimento com diferença média de 59,22% e desvio padrão 28,62%. As imagens 8-16 na seção B pertencem à segunda fase do experimento com diferença média de 39,48% e desvio padrão 26,58%. As imagens 17-28 na seção C do gráfico pertencem à terceira fase do experimento apresentando diferença média de 9,40% e desvio padrão 2,48%.

¹ Fonte: O autor.

Lesão 4: fotografada durante a segunda e a terceira fases do experimento. A

Figura 31 apresenta, por meio de gráficos, os dados obtidos dos processamentos.

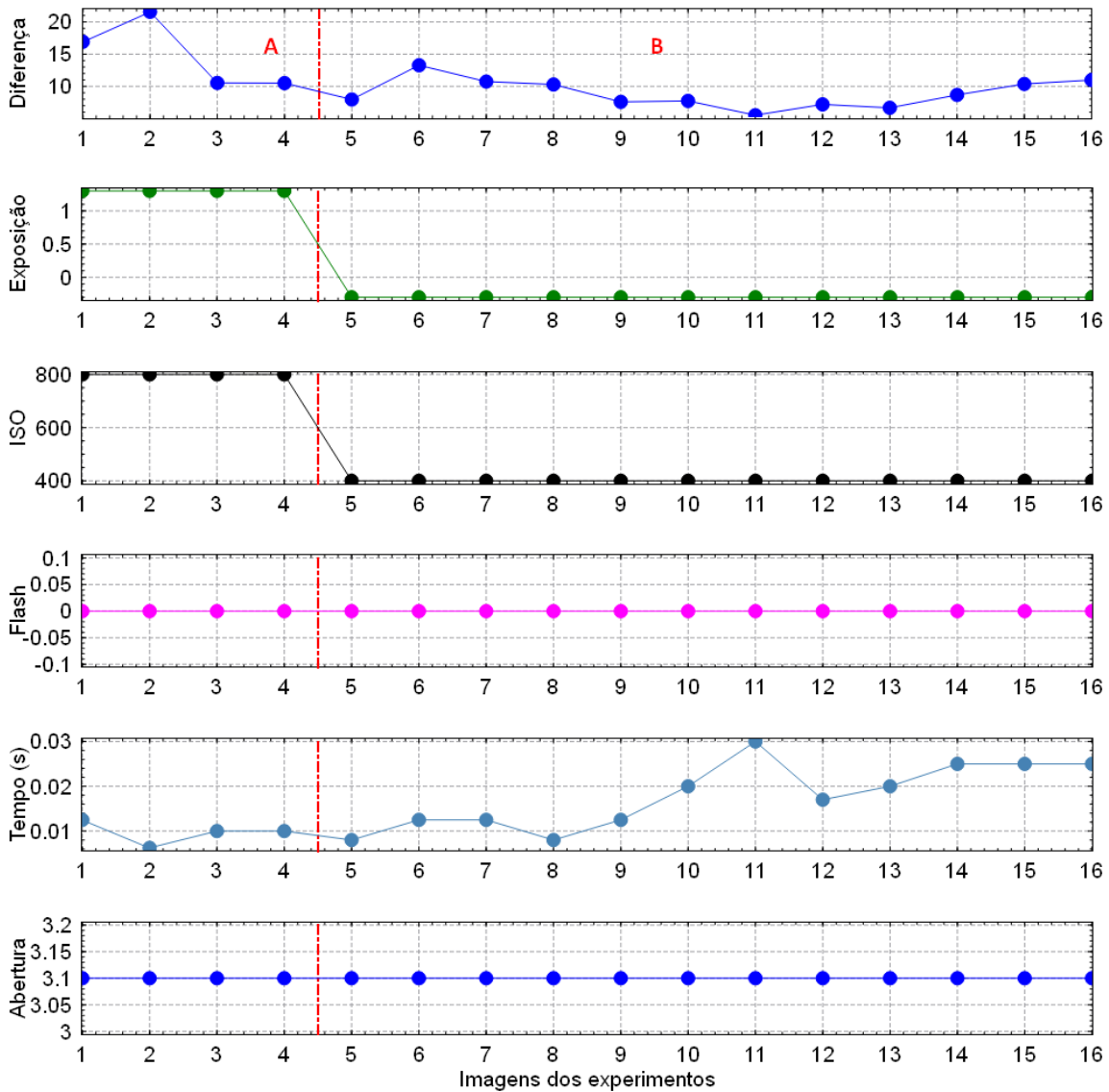


Figura 31 – Diferença x parâmetros x imagens da úlcera 4¹

O gráfico da Figura 31 é dividido em duas seções. As imagens 1-4 na seção A pertencem à segunda fase com diferença média de 14,88% e desvio padrão 5,39%. As imagens 5-16 na seção B do gráfico pertencem à terceira fase do experimento com diferença média de 8,92% e desvio padrão 2,22%.

¹ Fonte: O autor.

4.1.1.2 Aplicação do protocolo

Contabilizando as médias de diferença percebidas durante as fases de experimentação de configurações da câmera, seção 3.1.2, Padronização da Aquisição das Imagens, tem-se a Tabela 2, que indica crescimento na semelhança entre traçado manual e segmentação automática, conforme vai sendo aplicado o protocolo de aquisição.

Tabela 2 – Lesão x fases de configuração da câmera x diferença média x desvio padrão¹

Lesão	Fases de experimentação	Diferença Média (%)	Desvio Padrão (%)
1	Segunda	37,91	19,60
	Terceira – iluminação imprópria	83,92	--
	Terceira	27,77	11,31
2	Primeira	28,43	14,07
	Segunda	24,84	31,48
	Terceira	9,19	2,52
3	Primeira	59,22	28,62
	Segunda	39,48	26,58
	Terceira	9,40	2,48
4	Segunda	14,88	5,39
	Terceira	8,92	2,22

É importante notar que o Desvio Padrão também se torna menor, indicando menor dispersão da diferença entre a marcação manual e a segmentação automática. Indicando a homogeneidade nas cores, nitidez e destaque entre os objetos.

4.1.1.3 Protocolo para aquisição de imagens de úlceras de pele

O protocolo para aquisição das imagens, observado durante a execução das experiências, é listado na

Tabela 3. Sua utilização produz imagens padronizadas, com melhores resultados em segmentações automáticas, por apresentarem cores fiéis, nitidez e destaque entre os objetos. O uso do protocolo também dispensa ajustes extras de brilho, balanço de branco e suavização de ruídos.

¹ Fonte: O autor.

Indica-se que as configurações a seguir sejam realizadas de forma manual na câmera digital.

Tabela 3 – Protocolo de aquisição de imagens de úlceras de pele¹

Recurso	Utilização
Abertura	Máximo valor possível, evitando excesso de branco.
<i>Automatic Shutter</i>	Utilizar sempre que possível.
Balanço de branco	Configurar de acordo com a temperatura de cor da fonte luminosa. Para sequência de aquisições, utilizar mesma fonte luminosa e configuração prévias.
Exposição (EV)	Valores médios.
Filtro	Utilizar filtro polarizador sempre que possível.
Flash	Desativado.
Foco	Automático em condições adversas, manual com câmera fixa.
ISSO	Valores médio-baixos, impedindo ruídos e excesso de brancos.
Marcador	Utilizar junto ao plano do objeto de interesse.
Tripé	Utilizar sempre que possível.
Velocidade do obturador ou Tempo de exposição	Mínimo valor possível, prevenindo imagens escuras.

Na sequência é apresentada justificativa da escolha dos parâmetros indicados.

A abertura é a capacidade de abertura da lente, quanto maior seu valor, mais luz irá incidir no sensor da câmera, nos gráficos, Figura 28, Figura 29, Figura 30, Figura 31, a abertura é fixada em 3,1 valor máximo para o equipamento utilizado, regulado automaticamente pela câmera com base na velocidade e na exposição. Em câmeras digitais *prosumer* ou *reflex*, seção 2.2, Dispositivos de Captura, a abertura pode ser configurada manualmente.

Automatic Shutter é um recurso de disparo automático das câmeras digitais, que, em conjunto com apoio ou tripé [10] [33] [37] [38] [42], pode eliminar borrados e tremidos da imagem, produzindo imagens mais nítidas.

¹ Fonte: O autor.

Balanco de branco (*White Balance*) é o processo que leva em consideração a temperatura de cor de uma fonte de luz, luzes podem ser mais quentes ou mais frias, uma lâmpada do tipo incandescente de 2900 K [38] tem aspecto amarelado que altera as cores de um objeto por ela iluminado, quando comparado a outros tipos de lâmpada. O tipo de lâmpada utilizado deve ser o mesmo em uma sequência temporal de aquisição de imagens, pois do contrário, as cores não seriam fiéis.

A exposição (EV) é a relação entre abertura e velocidade para determinada condição de luz. É utilizado para configurar automaticamente a relação entre abertura e velocidade, nos gráficos, Figura 28, Figura 29, Figura 30, Figura 31, a configuração da Exposição ficou próximo dos valores centrais ou médios, quando configurada em 0 (zero), exigia da câmera modificação automática dos demais parâmetros para compensação, em 1,3 permitiu a entrada de muita luz, sendo corrigida para -0,3.

Filtros são acessórios acoplados à lente da câmera para ajustes físicos no comportamento da luz, o filtro polarizador, por conseguir eliminar reflexos das superfícies, é indicado para utilização, visto que a superfície das lesões é úmida e pode causar reflexos, também foi empregado por [39].

O flash é a luz auxiliar para fotografar quando há deficiência na iluminação do ambiente. Apesar de ser ótima referência para o balanço de brancos, seu uso pode implicar em reflexos e geração de clarão ou partes esbranquiçadas na imagem, razão pela qual indica-se não utilizar.

O foco é responsável pela nitidez nas imagens, ou em determinada região delas, uma imagem de úlcera pode conter vários planos, o ajuste do foco permite que a nitidez seja aumentada somente no plano da lesão. Devido à sua facilidade de alteração, a menos que objeto e câmera estejam devidamente fixados, o uso manual não é indicado, pois apenas o toque no botão de disparo da câmera pode desfocar a imagem.

ISO é o parâmetro de sensibilidade dos sensores em relação à luz, nos gráficos, Figura 28, Figura 29, Figura 30, Figura 31, ajudou a equilibrar a luz fornecida devido à configuração da Exposição (EV).

Marcador é a referência colocada na imagem, afim de possibilitar medidas ou escala, utilizado por [33] [39] [42], também é indicado neste protocolo.

O tripé é um tipo de fixação da câmera que permite maior mobilidade para manipulação dos objetos a serem fotografados, reduzindo a chance de imagens tremidas, utilizado por [10] [33] [37], também é recomendado neste protocolo.

A velocidade do obturador ou tempo de exposição é o tempo em que o obturador irá ficar aberto para entrada de luz, o tempo de abertura do obturador determina se a imagem irá ficar escura, pela falta de luz, ou se ficará clara e registro de tremido, nos experimentos realizados, as melhores imagens foram capturadas com tempo médio de 0,02 segundos, aproximadamente, o valor 1/50 nas configurações da câmera, Figura 28, Figura 29, Figura 30, Figura 31.

4.2 Estudo de Caso II: Aquisição Controlada e Mineração de Dados para Segmentação de Imagens de Batatas Fritas



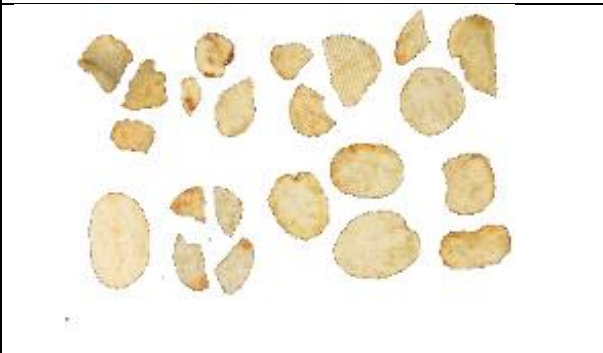
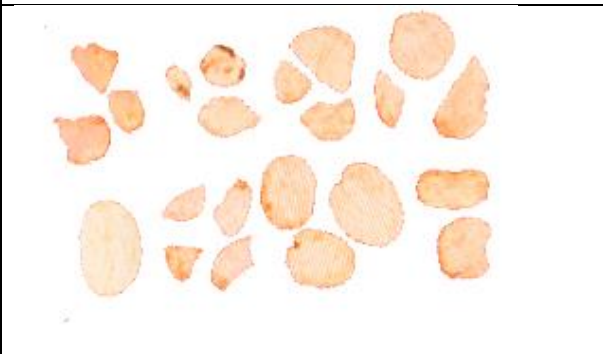
Com base nos estudos e nas experiências realizadas, foram obtidos resultados que comprovam o uso de classificadores treinados por método supervisionado, do tipo Árvore de Decisão, *REPTree*, *J48* e *Decision Stump*, do software WEKA, na segmentação das imagens [14] [15] [16] [17] [18] [19] [47]. Foi possível observar também as melhores circunstâncias para o uso dos classificadores, sendo o ambiente de aquisição controlado, uma forma de calibragem do sistema, protótipo que dá subsídio para construção de equipamento específico para a realização em série de captura de imagem sem mudança de condições de aquisição para análises sequenciais, mantendo sempre o mesmo algoritmo classificador escolhido para a segmentação.

4.2.1 Segmentação

A execução da segmentação das imagens foi realizada por algoritmo criado em linguagem Java, descrito na seção 3.2.5, Segmentação, utilizando os classificadores gerados por algoritmos de Árvore de Decisão do software WEKA.

Na sequência, são apresentados exemplos da aplicação dos classificadores na segmentação de imagens que não pertenciam ao conjunto de dados de treinamento. São apresentadas imagens com resultados variados para a segmentação. A Tabela 4 apresenta algumas imagens segmentadas citando a descrição do ambiente: fundo branco, preto ou vermelho. A configuração da câmera utilizada: velocidade do obturador 1/4, 1/6 e 1/8 segundos para cada, gerando respectivamente imagens claras, intermediárias e escuras, e o algoritmo utilizado para o treinamento do classificador aplicado na segmentação.

Tabela 4 – Imagens segmentadas x condição¹

Imagem Segmentada	Condições
	Fundo: vermelho Luminosidade: escura Algoritmo: <i>REPTree</i>
	Fundo: branco Luminosidade: clara Algoritmo: <i>Decision Stump</i>
	Fundo: preto Luminosidade: intermediária Algoritmo: J48
	Fundo: vermelho Luminosidade: clara Algoritmo: <i>REPTree</i>

Para efeito comparativo do método, foi utilizado software ImageJ® com algoritmo K-média [37], para segmentação das imagens, informando a presença de dois *clusters*, e o resultado da segmentação utilizado para avaliação da precisão na segmentação.

¹ Fonte: O autor.

O método proposto apresenta resultados similares com a segmentação realizada por meio do algoritmo K-média, porém, quando é utilizado o melhor conjunto fundo, iluminação e classificador do método proposto para segmentação, há superioridade de resultados em detectar as áreas de fundo e objeto, pois houve treinamento do classificador para tal, utilizando todo o conjunto de atributos de *pixels* das imagens e não apenas delimitando valores em conjuntos de semelhanças, como realizado pelo K-média.

4.2.2 Formatação e Análise dos Resultados

Os resultados foram organizados em gráficos e tabelas que permitiram melhores entendimento e análise.

4.2.2.1 Tabulação dos resultados

Os resultados obtidos foram utilizados para montar a Tabela 5 e a Tabela 6, que permitem visualizar o desempenho de cada algoritmo utilizado, tanto no tamanho da árvore gerada, quanto na eficiência da segmentação quando associado às condições de captura da imagem. Nelas encontram-se os dados relativos ao fundo utilizado, à luminosidade, aos tipos de algoritmos e o tamanho da árvore de decisão gerada por cada um, bem como o erro percebido na segmentação. O erro percebido na tabela foi calculado em superposição da imagem segmentada e a imagem de rótulo especialmente gerada para análise, a diferença entre as duas foi considerada erro.

Tabela 5 – Fundo x luminosidade x método/erro¹

Fundo	Luminosidade	DS Erro (%)	J48 Erro (%)	<i>REPTree</i> Erro (%)	K-média Erro (%)
Vermelho	Clara	0,15	0,67	0,73	0,07
	Intermediária	0,21	0,74	0,64	0,07
	Escura	0,51	0,55	0,83	0,07
Preto	Clara	1,57	1,70	1,86	0,92
	Intermediária	1,57	1,57	1,48	0,82
	Escura	1,35	1,45	1,61	0,78
Branco	Clara	1,50	1,76	1,69	1,38
	Intermediária	3,28	1,36	1,40	1,77
	Escura	1,32	1,73	1,65	2,12

¹ Fonte: O autor.

A árvore decisão gerada pelo algoritmo *Decision Stump* apresenta sempre a mesma quantidade de nós, razão pela qual a informação sobre seus nós foi omitida.

Tabela 6 – Fundo x luminosidade x nós¹

Fundo	Luminosidade	J48 – nós	<i>REPTree</i> – nós
Vermelho	Clara	61	103
	Intermediária	55	129
	Escura	45	115
Preto	Clara	15	145
	Intermediária	3	131
	Escura	13	139
Branco	Clara	37	135
	Intermediária	51	213
	Escura	21	233

Os melhores resultados foram obtidos na segmentação quando se utilizou o fundo vermelho para a captura das imagens. Os três algoritmos de treinamento geraram árvores de decisão capazes de realizar a segmentação em várias condições, porém, quando é avaliado custo computacional, tanto o algoritmo *Decision Stump*, quanto o algoritmo J48 se destacaram nos testes, por gerarem árvores de decisão menores e mais simples. Apresentando menos de 1% de erro, o algoritmo J48 se firma com a preferência de uso encontrada na literatura [14] [15] [16] [17] [18] [19] [30] [47]. O algoritmo *REPTree* gera árvores de decisão altamente complexas, nem sempre eficientes para segmentação, não sendo apropriado para uso, pois era procurada a relação do menor custo computacional com a melhor qualidade na segmentação.

¹ Fonte: O autor.

5 CONCLUSÃO

O estudo de caso I, Protocolo para Aquisição de Imagens de Úlceras de Membros Inferiores, atendeu a falta de especificação de protocolo de captura de imagens para parâmetros e práticas, na literatura pesquisada. Conforme foram aplicadas as recomendações protocolo, houve aproximação do resultado da segmentação automática com o traçado manual.

O Protocolo para aquisição de imagens de úlceras de pele, seção 4.1.1.2 contribuiu para:

1) Assistência ao tratamento por meio de imagem: antes do uso de imagens para avaliar a evolução das úlceras, utilizava-se filme plástico em contato com a lesão para traçar área e, apesar de oferecer precisão na medida da área, era invasivo e sujeito à contaminação.

2) Padronização das imagens para estudos futuros: tornou-se possível fazer comparação entre as imagens adquiridas durante o tratamento. Não apenas calculando área, mas extraíndo características com base nas cores: vermelha – tecido em cura; preta – tecido em necrose; amarela – tecido em fibrose, conforme literatura pesquisada. A partir destes dados é possível criar modelo matemático que descreva o processo de cura da lesão;

3) A média e o desvio padrão observados nos gráficos, Figura 28, Figura 29, Figura 30, Figura 31 e Tabela 2, mostraram que, na medida em que a câmera era adequadamente configurada, a segmentação automática apresentava robustez nos resultados.

Como continuidade deste estudo, sugere-se:

1) Explorar métodos de segmentação das imagens da lesão, incluindo conceitos do estudo de caso II, usando vários modelos de cores (HSV e CIELAB, por exemplo);

2) Identificar diferentes colorações presentes na lesão para quantificação e estudo, investigando modelo matemático que represente os estados da evolução do tratamento.

O estudo de caso II, Aquisição Controlada e Mineração de Dados na Segmentação de Imagens de Batatas Fritas, validou a aplicação do método utilizado na literatura, também para uso com imagens de batatas fritas comerciais. Atestou o uso do algoritmo J48, que apresentou boa capacidade de classificação dos *pixels* da imagem.

O trabalho descreveu forma de calibrar associativamente, método de aquisição de imagens com treinamento de classificadores, por meio de árvore de decisão, demonstrou também a possibilidade de uso dos classificadores na segmentação das imagens, aproveitando técnicas de Inteligência Artificial não apenas na fase de reconhecimento e interpretação dos dados.

Por fim, o estudo realizado, solucionou a questão da segmentação das imagens das batatas fritas comerciais, importante para a aquisição dos dados de cor da batata, para fins de controle e feedback do processo de produção.

A continuidade deste estudo abrange duas áreas distintas:

1) Produção das batatas fritas: subsídios para a aquisição de dados, que quando relacionados aos parâmetros de controle de produção, gera banco de dados de treinamento de sistema inteligente de ajuste e controle da produção evitando desperdício;

2) O método permite aplicação do controle de aquisição e do uso de classificadores no processo de segmentação para a captura de imagens quaisquer garantindo cores fidedignas ao objeto, mesmo com diferentes momentos de aquisição de imagens. Contribuindo com a linha de pesquisa de Processamento de Imagens Digitais desenvolvida no Departamento de Ciências da Computação da Universidade Estadual de Londrina.

REFERÊNCIAS

- [1] GONZALEZ, R. C. WOODS, R. E. *Processamento de Imagens Digitais*. Editora Edgard Blücher Ltda, 2000.
- [2] CONCI, A. AZEVEDO, E. LETA, F. R. *Computação Gráfica - Teoria e Prática - Volume 2*. Editora Campus Elsevier, 2008.
- [3] PRATT, W. K. *Digital Image Processing*, Editora Willey, 2007.
- [4] ACHARYA, T., RAY, A. K. *Image Processing - Principles and Applications*, Editora Willey, 2005.
- [5] CHENG, D. H. *Color image segmentation: advances and prospects*. Pattern Recognition, dez. 2001. Volume 34. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031320300001497>>. Acesso em: 11 nov. 2012.
- [6] ABBADE, L. P. F.; LASTÓRIA, S. ROLLO, H. A. *Venous Ulcer: Clinical Characteristics and Risk Factors*. International Journal of Dermatology. 2011; 50(4):405-11. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-4632.2010.04654.x>
- [7] LECLERE, F. PUECHGUIRAL, I. ROTTELEUR, G. THOMAS, P. MORDON, S. A *prospective randomized study of 980 nm diode laser-assisted venous ulcer healing on 34 patients*. Wound Healing Society. 2010; 18(6) 580 - 585. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1524-475X.2010.00637.x>
- [8] MANIOS, A. TOSCA, A. VOLAKAKIS, E. LEIVADARA, M. TSIFTISIS, D. *Computer assisted evaluation of wound healing in chronic ulcers*. Computers in Biology and Medicine. 2003; 33(4) 311 - 317.
- [9] MCMAHON, L. TAMARY, H. ASKIN, M. ADAMS-GRAVES, P. EBERHARDT, R. SUTTON, M. WRIGHT, E. CASTANEDA, S. FALLER, D. PERRINE, S. A *randomized phase II trial of Arginine Butyrate with standard local therapy in refractory sickle cell leg ulcers*. British Journal of Haematology. 2010; 151(5) 516 - 524. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2141.2010.08395.x>
- [10] SANTANA, L. GOMES, F. KAJIWARA, J. FRADE, M. *Quantificação de Áreas de Úlceras de Perna através de um Programa de Análise de Imagem (Image J ®)*. Congresso Brasileiro de Informática em Saúde [internet]. 2011. Disponível em: <<http://www.sbis.org.br/cbis11/arquivos/903.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2014

- [11] SIQUEIRA, C. P., FILHO, D. O., LIMA, F. M., SILVA, F. P., DURANTE, H., DIAS, I. F., DUARTE, J. L., KASHIMOTO, R. K., CATRO, V. A. *Efeitos biológicos da luz: aplicação de terapia de baixa potência empregando LEDs (Light Emitting Diode) na cicatrização da úlcera venosa: relato de caso*. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde. 2009; 30(1):37-46
- [12] VENDRUSCOLO, J. L. S., ZORZELLA, C. A. *Processamento de batata (solanum tuberosum l.): Fritura*. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2002. ISSN 1516-8840.
- [13] ARRUDA, A. C. *Análise das etapas do processamento de batatas chips*. 2004, 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de engenharia de Alimentos) – Universidade Católica de Goiás. Disponível em: <[http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/8930/material/TCC-Cassiana%20\(AN%C3%81LISE%20DAS%20ETAPAS%20DO%20PROCESSAMENTO%20E%20BATATA%20CHIPS\).pdf](http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/8930/material/TCC-Cassiana%20(AN%C3%81LISE%20DAS%20ETAPAS%20DO%20PROCESSAMENTO%20E%20BATATA%20CHIPS).pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2012.
- [14] ANTUNES, R. R., GONÇALVES, I. R. *Aplicação da técnica de mineração de dados por meio do algoritmo J48 para definição de limiares de imagens de sensoriamento remoto*. Periódico Científico Tecnologias em Projeção. 2014; 5(1):37-42.
- [15] LUZ, N. B., SANTOS, D. J., ANTUNES, A. F. B. *Segmentação de imagens e classificação baseada em regras de conhecimento como novas abordagens para o mapeamento do uso da terra no Estado do Paraná*. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2009; 989-996.
- [16] QUINTA, L. N. B., PISTORI, M. *Seleção de atributos para a segmentação do couro bovino*. Workshop de Visão Computacional. 2008.
- [17] RUIZ, H. S., JORGE, L. A. C., FERREIRA, E. J., GONZAGA, A. *Seleção automática de componentes de cor para segmentação de imagens*. Workshop de Visão Computacional. 2007.
- [18] SANTOS, J. S., SANTOS, R. S. *Estratégia semiautomática de extração de cruzamento de vias em áreas urbanas usando ortoimagens de alta resolução*. Boletim Paranaense de Geociências. 2012; 66:30-40.
- [19] VIEIRA, M. A., FORMAGGIO, A. R., RENNÓ, C. D. *Análise de imagem orientada a objeto e mineração de dados aplicadas ao mapeamento da cana-de-açúcar*. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2011; 467-474.
- [20] MARQUES, O. F., VIEIRA, H. N. *Processamento Digital de Imagens*. Editora Brasport, 1999.

- [21] SZELISKI, R. *Computer Vision Algorithms and Applications*. Springer-Verlag London, 2011.
- [22] JAHNE, B., HAUBECKER, H., GEIBLER, P. *Handbook of Computer Vision and Applications*. Academic Press, 1999.
- [23] HILL, B., ROGER, T., VORHAGEN, F. W. *Comparative Analysis of the Quantization of Color Spaces on the Basis of the CIELAB Color-Difference Formula*. ACM Transactions on Graphics. 1997; 16(2) 109–154.
- [24] LEITE, E. *Fotografia Digital – Aprendendo a fotografar com qualidade*. Santa Cruz do Rio Pardo, SP: Editora Viena, 2011.
- [25] LACERDA, Y. A. *Photogeo – uma biblioteca digital de fotografias com suporte de geoprocessamento*. Dissertação de Mestrado. 2009. Disponível em: <http://docs.computacao.ufcg.edu.br/posgraduacao/dissertacoes/2009/Dissertacao_YuriAlmeidaLacerda.pdf>. Acesso em 17 out. 2014.
- [26] KELBY, S. *Fotografia Digital na Prática - Vol I*. São Paulo, Pearson, 2007.
- [27] KELBY, S. *Fotografia Digital na Prática - Vol II*. São Paulo, Pearson, 2007.
- [28] FOLTS, J. A., LOVELL, R. P., ZWAHLEN, F. C. *Manual de fotografia*. Thomson Learning, 2007.
- [29] ZHAO, Y. e ZHANG, Y. *Comparison of decision tree methods for finding active objects*. Advances in Space Research. 2008; 41 1955–1959.
- [30] WITTEN, I.H., FRANK, E. *Data Mining: practical machine learning tools and techniques*. 2 ed, San Francisco: Morgan Kaufmann, 2005.
- [31] MITCHELL, T. *Machine Learning*. McGraw Hill, 1997.
- [32] QUINLAN, J.R. *Induction of decision trees*. Mac. Learn, 1986.
- [33] MINATEL, D. ENWEMEKA, C. FRANÇA, C. FRADE, M. *Fototerapia (LEDs 660/890nm) no tratamento de úlceras de perna em pacientes diabéticos: estudo de caso*. Anais Brasileiros de Dermatologia. 2009; 84(3) 279 - 283.
- [34] KOSMOPOULOS, D. TZEVELEKOU, F. *Automated Pressure Ulcer Lesion Diagnosis for Telemedicine Systems Increasing Efficiency and Monitoring Capabilities for Large Volumes of Patient Data*. IEEE Engineering In Medicine And Biology Magazine. 2007. doi: <http://dx.doi.org/10.1.1.77.5422>
- [35] TORQUATO, J. R. C. GALVÃO, S. S. L. MAGALHÃES, S. F. S.; SARAIVA, E. C. R. C. *Uma Ferramenta para o Auxílio de Diagnósticos de Câncer de Pele Com Segmentação da Imagem por Cor*. 3º National Meeting of Biomechanical Engineering

[internet]. 2011. Disponível em:
<[http://www.ifpi.edu.br/Sitio_arquivos/\[B@1f71814.pdfExpandedAbstract-ENEBI2011-Submetido\(2\).pdf](http://www.ifpi.edu.br/Sitio_arquivos/[B@1f71814.pdfExpandedAbstract-ENEBI2011-Submetido(2).pdf)> Acesso em: 17 mar. 2014.

- [36] JONES, T. PLASSMANN, P. *An active contour model for measuring the area of leg ulcers*. IEEE Transactions on Medical Imaging. 2000; 19(12) 1202 – 1210. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/42.897812>
- [37] BOCHKO, V. VALISUO, P. HARJU, T. ALANDER, J. *Lower extremity ulcer image segmentation of visual and near-infrared imagery*. Skin Research and Technology. 2010;16(2):190-7. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0846.2009.00415.x>
- [38] HANSEN, G. L. SPARROW, E. M.; KOKATE, J. Y.; LELAND, K. J.; IAIZZO P. A. *Wound status evaluation using color image processing*. IEEE Transactions on Medical Imaging. 1997; 16(1) 78 – 86. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/42.552057>
- [39] PEREIRA, S. M. FRADE, M. A. C. RANGAYYAN, R. M. AZEVEDO-MARQUES P. M. *Classification of Color Images of Dermatological Ulcers*. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine. 2013; 17(1) 136 - 142. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/TITB.2012.2227493>
- [40] HANI, A. F. M. ARSHAD, L. MALIK, A. S. JAMIL, A. BIN, F. Y. B. *Assessment of chronic ulcers using digital imaging*. National Postgraduate Conference (NPC). 2011; 1(1) 1, 5, 19-20. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/NatPC.2011.6136334>
- [41] HANI, A. M. ARSHAD, L. MALIK, A. S. JAMIL, A. BIN, F. Y. B. *Haemoglobin distribution in ulcers for healing assessment*. 4th International Conference on Intelligent and Advanced Systems (ICIAS). 2012; 1(1) 362 - 367. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/ICIAS.2012.6306219>
- [42] VEREDAS, F. MESA, H. MORENTE, L. *Binary tissue classification on wound images with neural networks and bayesian classifiers*. IEEE Transactions On Medical Imaging. 2010; 29(2) 410 - 427. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/TMI.2009.2033595>
- [43] GALUSHKA, M. ZHENG, H. PATTERSON, D. BRADLEY L. *Case-based tissue classification for monitoring leg ulcer healing*. 18th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems. 2005; 18(1) 353-358. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/CBMS.2005.39>
- [44] WANNOUS, H. LUCAS, Y. TREUILLET, S. *Enhanced Assessment of the Wound-Healing Process by Accurate Multiview Tissue Classification*. IEEE Transactions on

- Medical Imaging. 2011; 30(2) 315 - 326. doi:
<http://dx.doi.org/10.1109/TMI.2010.2077739>
- [45] ZHENG, H. BRADLEY, L. PATTERSON, D. GALUSHKA, M. WINDER, J. *New protocol for leg ulcer tissue classification from colour images*. 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS. 2004; 2 1389 – 1392.
- [46] OLIVEIRA, B. R. *Caracterização de lesões de pele em imagens digitais a partir da máquina de vetor de suporte*. Disponível em:
<http://paginas.fe.up.pt/~tavares/downloads/publications/artigos/lesoes_pele_imagens_digitais.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2013
- [47] FRANCISCO, C. N., ALMEIRA, C. M. *Mineração de dados e análise de imagens baseada em objeto aplicadas ao mapeamento de cobertura da terra*. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2013; 2282-2289.
- [48] BOUTELLA, M., LUOB, J. *Beyond pixels: Exploiting camera metadata for photo classification*. Pattern Recognition - The Journal of The Pattern Recognition Society. 2005; 38(6):935-946. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.patcog.2004.11.013>
- [49] SIQUEIRA, C. P. C. M., RAMOS, S. P., GOBBI, C. A. A., SHIGAKI, L., KASHIMOTO, R. K., VENÂNCIO E. J., FILHO, D. O. T., CASTALDIN, A. G., FELINTO, A. S., SILVA, F. P., SILVA B. R., DIAS, I. F. L. *Effects of weekly LED therapy at 625 nm on the treatment of chronic lower ulcers*. Lasers in Medical Science. 2014; 29(3).
- [50] FRIEDLAND, G., JANTS, K., ROJAS, R. SIOX: *Simple Interactive Object Extraction in Still Images*. Seventh IEEE International Symposium on Multimedia. 2005.
- [51] MCGUINNESS, K., O'CONNOR, N. E. *A comparative evaluation of interactive segmentation algorithms*. Pattern Recognition. 2010; 433-444.
- [52] LEVKOWITZ, H. *Color Theory and Modeling for Computer Graphics Visualization, and Multimedia Applications*. Massachusetts, Kluwer Academic Publishers, 1997.

TRABALHO PUBLICADO PELO AUTOR

1. Cláudia Patrícia Cardoso Martins, Solange de Paula Ramos, Cynthia A. A. Gobbi, Leonardo Shigaki, Roberto K. Kashimoto, Emerson José Venâncio, Dari de Oliveira Toginho Filho, André G. Castaldin, Alan S. Felinto, Francisco Pereira Silva, Ricardo B. Silva, Ivan Frederico Lupiano Dias, **Effects of weekly LED therapy at 625 nm on the treatment of chronic lower ulcers**, Lasers in Medical Science, setembro/2014, Springer-Verlag London, 9, issn: 0268-8921.