

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS SENADOR HELVÍDIO NUNES DE BARROS
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

SEGMENTAÇÃO DE LESÕES DE PELE EM IMAGENS MÉDICAS

Emerson de Sousa Silva

**PICOS – PIAUÍ
2016**

EMERSON DE SOUSA SILVA

SEGMENTAÇÃO DE LESÕES DE PELE EM IMAGENS MÉDICAS

Monografia submetida ao Curso de Bacharelado de Sistemas de Informação como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientadora: Prof^a. Ma. Alcilene Dalília de Sousa.

Coorientador: Prof. Me. Romuere Rodrigues Veloso e Silva.

FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí

Biblioteca José Albano de Macêdo

S586s Silva, Emerson de Sousa.
Segmentação de lesões de pele em imagens médicas. /
Emerson de Sousa Silva. – 2016.
CD-ROM : 4 ¾ pol. (37f.)

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em
Sistemas de Informação) – Universidade Federal do
Piauí.

Orientador (a): Prof^a. Ma. Alcilene Dalilia de Sousa.

1. Processamento de Imagens. 2. Câncer de Pele -
Diagnóstico. 3. Algoritmo - Mean Shift. I. Título.

CDD 005.1

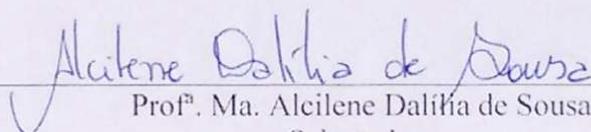
SEGMENTAÇÃO DE LESÕES DE PELE EM IMAGENS MÉDICAS

EMERSON DE SOUSA SILVA

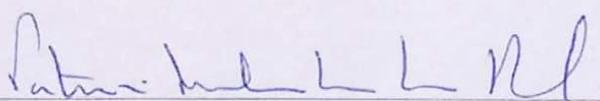
Monografia apresentada como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharel em
Sistemas de Informação.

Data de Aprovação

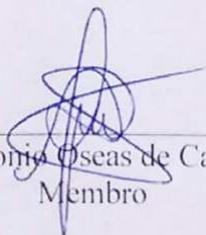
Picos – PI, 14 de julho de 2016.



Prof.^a. Ma. Alcilene Dalízia de Sousa
Orientadora



Prof.^a. Ma. Patrícia Medyna Lauritzen de Lucena Drumond
Membro



Prof. Me. Antonio Oseas de Carvalho Filho
Membro

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por sempre carregar-me em seus braços. Ele nunca me deixou cair e conduziu o meu ser a um caminho próspero. A ti Deus, dedico tudo!

Dedico à minha família, que sempre foi o pilar de sustentação nos momentos difíceis. Em especial dedico à minha mãe, pelo cuidado e dedicação empreendido sobre mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por sempre carregar-me em seus braços, principalmente quando a hora do aperto se fez presente, a Ele agradeço tudo, pois sem Deus não teria desenvolvido nada e não seria alguém.

Aos orientadores Romuere Rodrigues Veloso e Silva e Alcilene Dalilia de Sousa pela paciência, presteza, disponibilidade, amizade e dedicação ao orientar-me em especial na monografia e na vida acadêmica repassando seus conhecimentos.

A toda a equipe de professores pelo apoio e dedicação demonstrada para disseminar seus conhecimentos.

Aos demais idealizadores, coordenadores e funcionários da Universidade Federal do Piauí.

Agradeço também à minha família por ser a base de sustentação em todos os momentos, sendo eles tristes ou felizes sempre permaneceram ao meu lado. À dona Maria Izoete Soares de Sousa, exemplo de mãe, por se dedicar integralmente para poder garantir que pudesse seguir em frente com os meus objetivos.

Aqui deixo o meu agradecimento especial a Agleison Luis de Carvalho, Gabriel Carvalho Moura, Luana Batista da Cruz e Leonardo de Moura Santos, exemplos de pessoas de bem que me acompanharam nessa caminhada empreendida.

E, finalmente, a todos os meus amigos que não pude listar que me ajudaram a amadurecer e seguir em frente com os meus objetivos, seja aconselhando, “puxando a orelha” ou apoiando.

*“Se você precisa engolir um sapo, não o
encare por muito tempo.”*

Connie Hilliard

RESUMO

Com o avanço da tecnologia, métodos que auxiliam no diagnóstico automático de doenças estão ganhando espaço na área da saúde. Dentre essas, o câncer de pele, que necessita de um diagnóstico na fase inicial para aumentar as chances de cura. O passo inicial e crucial para o diagnóstico da doença através de Processamento Digital de Imagens é a segmentação da lesão. Esta monografia tem por objetivo descrever o método desenvolvido, para a segmentação de lesões de pele a partir de imagens médicas dermatoscópicas. Para isso, o método proposto utiliza um algoritmo de *Mean Shift* para suavizar e um algoritmo baseado em contorno ativo para segmentar. Os resultados gerados foram satisfatórios levando em consideração os índices Jaccard e Sorensen-Dice, obtendo 0,672 e 0,7844 respectivamente, avaliando o contexto geral. Dessa forma, o método se mostra eficiente uma vez que o processo de segmentação é complexo e a base de imagens é desafiadora.

Palavras-chave: Câncer de Pele. Processamento de Imagem. Segmentação.

ABSTRACT

Since the technology has been modernised, methods that assist in automatic diseases diagnosis are finding their way into the health sphere. Among these, skin cancer, which require a diagnosis in the early stage to increase the chances of cure. The initial and crucial step in the diagnosis of disease through Digital Image Processing is the segmentation of the lesion. This paper aims to describe the method developed for the segmentation of skin lesions from dermoscopy medical images. For this, the proposed method using a Mean Shift algorithm to soften and an algorithm based on active contours to segment. The results generated were satisfactory taking into account the indices Jaccard and Sorensen-Dice, obtaining 0.672 and 0.7844 respectively, assessing the general context. Thus, the method is efficient since the segmentation process is complex and the database image is challenging.

Keywords: Skin Cancer. Image Processing. Segmentation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de máscara binária da base PH ² . (a) Nevo comum; (b) Nevo atípico; (c) Melanoma; Em (d), (e) e (f) têm-se as máscaras binárias de cada lesão respectivamente.....	20
Figura 2 – Fluxograma do método proposto.....	21
Figura 3 – Pré-processamento parte inicial. (a) Nevo comum; (b) Fase inicial; (c) <i>Mean Shift</i> ; (d) Resultado.....	22
Figura 4 – Máscaras. (a) Foco na lesão; (b) Destaque de cantos.....	23
Figura 5 – Pré-processamento parte final	23
Figura 6 – Segmentação. (a) Contorno ativo; (b) Maior área	24
Figura 7 – Fim do pós-processamento.....	25
Figura 8 – Demarcações cruzadas. (a) Correto; (b) Incorreto	26
Figura 9 – Segmentações do método proposto em comparação com a do especialista.....	27
Figura 10 – Comparação dos índices.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Resultados do índice de Jaccard sobre a base completa.	28
Tabela 2	– Resultados do índice de Jaccard sobre os nevos comuns.....	28
Tabela 3	– Resultados do índice de Jaccard sobre os nevos atípicos	28
Tabela 4	– Resultados do índice de Jaccard sobre os melanomas	29
Tabela 5	– Resultados do índice de Sorensen-Dice sobre a base completa ..	29
Tabela 6	– Resultados do índice de Sorensen-Dice sobre os nevos comuns.	30
Tabela 7	– Resultados do índice de Sorensen-Dice sobre os nevos atípicos.	30
Tabela 8	– Resultados do índice de Sorensen-Dice sobre os melanomas	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCD

Assimetria, Borda, Cor, Diâmetro

CAD

Computer Aided Diagnosis

INCA

Instituto Nacional de Câncer

PDI

Processamento Digital de Imagem

RGB

Red, Green, Blue

SBD

Sociedade Brasileira de Dermatologia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	15
1.2 Organização do Trabalho	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 Câncer de Pele	17
2.2 Processamento Digital de Imagem	17
2.2.1 Segmentação	18
2.3 Trabalhos Relacionados	18
2.4 Base de Imagens	19
3 MÉTODO PROPOSTO	21
3.1 Pré-processamento	21
3.2 Segmentação	23
3.3 Pós-processamento	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1 Índice de Jaccard	27
4.2 Índice de Sorensen-Dice	29
4.3 Discussão	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Câncer é o nome dado a um conjunto de várias doenças que possuem como característica a proliferação sem controle de células incomuns. Em conjunto essas células causam a formação do tumor. O câncer de pele, por exemplo, é o mais comum de todos os tipos. Dentre os tipos de câncer de pele o melanoma é o mais invasivo e agressivo. Ele possui maior capacidade de se espalhar para outros órgãos, assim, é responsável pelo o maior índice de mortes mesmo com sua baixa incidência (INCA, 2016).

A lesão de pele, em muitos casos, pode demorar um longo tempo para se manifestar e caso seja cancerosa a sua aparição ainda pode ser mais prolongada. Na fase inicial as possibilidades de cura são maiores e por conta disso um diagnóstico prévio é necessário por parte de um especialista. O diagnóstico da lesão de pele pode ser feito através de exames visuais sobre o local da lesão auxiliado por um dermatoscópio. Para obter-se um diagnóstico das lesões de pele de forma mais precisa, algumas características visuais são observadas como, Assimetria, irregularidade da Borda, variação da Cor interna e o Diâmetro, características essas conhecidas como ABCD (BARCELOS; BOAVENTURA; SILVA JUNIOR, 2003).

O diagnóstico é dificultado pelos fatores visuais humanos, por exemplo, o cansaço visual depois da análise de várias lesões, acarretando em falhas na demarcação da lesão. Por isso, um método automático pode auxiliar o diagnóstico. Diversos tipos de diagnósticos assistidos por computador (CAD - *Computer Aided Diagnosis*) têm sido desenvolvidos nos últimos anos. Os sistemas CAD ajudam a equipe médica na interpretação de imagens médicas e, conseqüentemente, proporcionam uma “segunda opinião” (VERAS *et al.*, 2011).

Com o avanço da tecnologia e o avanço do poder de processamento das máquinas, a quantidade de pesquisas abordando o tema de Processamento Digital de Imagem (PDI) evoluiu. Isso pode ser observado pela quantidade de trabalhos publicados na área, alguns deles são: Kuzmina *et al.* (2011); Zhou *et al.* (2011) e Zortea *et al.* (2014). Métodos computacionais estão sendo amplamente utilizados para auxiliar no momento do diagnóstico médico de alguma doença e também no acompanhamento da mesma.

A detecção automática de lesões de pele é, geralmente, dividida em três passos, a saber: segmentação da lesão onde o algoritmo é responsável por retornar somente as bordas pertencentes à lesão; extração de atributos onde características visuais são observadas como, ABCD; classificação das lesões a partir dos atributos extraídos, nesse passo são utilizados algoritmos de inteligência computacional para identificar lesões malignas e benignas.

É importante salientar que para a extração de atributos e que a classificação sejam as mais precisas possíveis, é necessário que a segmentação da lesão seja a mais fiel possível. Dessa forma, o presente trabalho tem como principal contribuição, o desenvolvimento de uma nova metodologia para segmentação automática de lesões de pele, que objetivou maior fidelidade à lesão original. Além disso, a metodologia proposta foi empregada em um base de imagens desafiadora e foram obtidos resultados promissores.

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como foco, o desenvolvimento de um método para segmentar e determinar o contorno de imagens de lesão de pele, de forma automática.

1.2 Organização do Trabalho

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos e seus subtópicos. Logo após a introdução, que explica de modo geral o conteúdo abordado no trabalho, os outros capítulos esclarecem o tema e estão organizados da seguinte forma:

- Capítulo 2 – Fundamentação Teórica: reúne os conceitos relacionados com o objetivo do trabalho, explicando sobre a patologia, processamento digital de imagem, segmentação, trabalhos relacionados e a base de imagens utilizada no trabalho.
- Capítulo 3 – Método Proposto: apresenta de forma estrutural como foi desenvolvido o método utilizado para segmentar as imagens médicas, subdivido em pré-processamento, segmentação e pós-processamento.
- Capítulo 4 – Resultados e Discussões: são discutidos os resultados das segmentações realizadas pelo método.

- Capítulo 5 – Considerações Finais: apresenta as considerações finais acerca do trabalho e discute sobre possíveis trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A visão geral sobre o tema e seus conceitos são explanados nos tópicos a seguir, para o bom entendimento da ideia apresentada sobre a Segmentação Automática de Lesões de Pele em Imagens Médicas.

2.1 Câncer de Pele

O câncer é provocado pelo crescimento anormal e descontrolado de células anômalas formando o tumor. A cada ano, 135 mil novos casos são registrados pelo Instituto Nacional de Câncer (INCA). Dentre todos os diagnósticos de câncer no Brasil, cerca de 25% corresponde ao câncer de pele. A exposição excessiva ao sol é a principal causa do mesmo (INCA, 2016).

Os principais tipos de câncer de pele são o carcinoma basocelular, carcinoma espinocelular e o melanoma. O primeiro é o mais frequente e possui pouca capacidade de se espalhar pelo corpo e produzir metástase, porém é agressivo e destrutivo. O segundo é de desenvolvimento lento podendo ocorrer metástases com pequena quantidade. O último, o melanoma, tem uma elevada produção de metástase, constituindo-se em uma forma de câncer de pele muito perigosa (SBD, 2016).

Quanto mais cedo for diagnosticado o câncer de pele, melhor será para o seu eventual tratamento e cura. A detecção de lesões de pele é feita a partir da análise de imagens, obtidas através do exame de dermatoscopia ou de fotografias feitas com câmeras digitais convencionais. A partir disso, o dermatologista pode analisar, tomar alguma decisão e tratar seu paciente. Às vezes os diagnósticos podem se tornar imprecisos, por conta da fadiga visual do dermatologista.

2.2 Processamento Digital de Imagem

O Processamento Digital de Imagem é um elemento de grande interesse por proporcionar um amplo número de aplicações que auxiliam nas mais diversas áreas. O PDI é essencial tanto para a análise de informações provenientes de uma imagem como também para o aprimoramento da mesma (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999). O PDI com todas as suas características e utilidades, está também, difundido no campo da medicina por diversas razões, entre elas auxiliar

no diagnóstico de doenças.

O diagnóstico automático de doenças ajuda em grande parte os médicos, para que possam tomar alguma atitude a respeito do assunto. No diagnóstico automático do câncer de pele a imagem da lesão é processada com o objetivo de retirar os elementos necessários, logo após as características provenientes desses elementos são extraídas para uma posterior classificação.

2.2.1 Segmentação

O processo denominado de segmentação, no contexto de processamento de imagens, é a ação de dividir a imagem em partes de acordo com o objetivo requerido (GONZALEZ; WOODS, 2010). Com o objetivo de contornar a imprecisão do diagnóstico, a segmentação automática da lesão de pele tem como finalidade retirar um contorno aproximado da lesão de pele original.

No momento de segmentar a imagem da lesão de pele, os pelos corporais influenciam na segmentação, pois um pelo pode ser detectado como parte da borda de uma lesão e assim produzir um erro de segmentação. Além dos pelos corporais, a cor da pele influencia, pois a lesão deve ser “destacada” da pele, assim os tons de cores de pele parecidos com as lesões podem dificultar o processo. Outras características como reflexões claras incidentes na imagem e sombras dificultam o processo de segmentação (SOARES, 2008).

2.3 Trabalhos Relacionados

Vários métodos computacionais estão sendo utilizados no contexto de segmentação de imagens médicas. No trabalho de Araujo (2010), o procedimento de segmentação da lesão de pele foi fundamentado na suavização e extração da região. Na suavização seletiva da imagem foi utilizada a difusão anisotrópica que preserva as bordas e permite a extração do contorno. Em seguida é aplicado o crescimento de regiões de Mumford-Shah (MUMFORD; SHAH, 1989) com a finalidade de retirar um contorno inicial e os métodos de *watershed* (DIGABEL; LANTUÉJOUL, 1978) e contorno ativo (KASS; WITKIN; TERZOPOULOS, 1988) para refinar o resultado da segmentação obtido. Os resultados satisfatórios obtidos giram em torno de apenas 40 imagens e com mais outras imagens disponibilizadas em uma fonte distinta.

Em Torquato, Galvão e Magalhães (2011), a técnica utilizada para a segmentação é baseada em cor e textura. Essa técnica leva em consideração os objetos que compõem a imagem, porque os mesmos possuem características como cor, saturação e luminosidade que os distinguem. O trabalho proposto tem uma abordagem semiautomática, pois o fator de tolerância que o método irá trabalhar deve ser informado manualmente.

Em Araujo *et al.* (2012), utilizam técnicas de segmentação baseadas em uma metodologia híbrida com a finalidade de encontrar e retirar os contornos das lesões de pele. O primeiro método de segmentação utilizado foi o de divisão e união, com o intuito de encontrar a lesão e obter o contorno. O segundo tinha como função, aperfeiçoar o contorno encontrado, usando o modelo de contorno ativo. Os resultados foram obtidos utilizando uma base de imagens contendo apenas 40 imagens de lesões com 92% de resultados considerados aceitáveis.

Abuzagheh, Barkana e Faezipour (2014), propuseram uma segmentação de lesões de pele utilizando contorno ativo e análise para a detecção precoce com fundamento na cor e forma. O sistema reúne ainda diferentes conjuntos de recursos, tal como a cor para determinar o tipo de lesão. O quadro proposto comparou classificadores, obtendo resultados acima de 90% para suas classificações de benignidade e malignidade.

Em Sumithra, Suhil e Guru (2015), uma metodologia para segmentar e classificar as lesões de pele foi proposta. Para melhorar o processo de segmentação, inicialmente é feita uma filtragem e uma suavização da imagem da lesão. Após isso, é aplicado o método de crescimento de regiões. A base de imagens utilizada possui 141 imagens coletadas na internet.

Os trabalhos citados possuem em sua maioria, uma base de imagens relativamente pequena em comparação na base utilizada na monografia. Um trabalho em especial utiliza uma abordagem semiautomática. O método descrito na monografia faz uma segmentação automática e utiliza uma base de imagens maior.

2.4 Base de Imagens

Neste trabalho foi utilizada a base de imagens PH² (MENDONÇA *et al.*, 2013). A base é constituída por imagens com *pixels* de 8 *bits* no sistema de cores

RGB (*Red, Green, Blue*) com uma resolução de 768×560 *pixels*. Ela contém um total de 200 imagens dermatoscópicas, distribuídas da seguinte forma: 80 nevos (manchas) comuns, 80 nevos atípicos, e 40 melanomas. As cores das peles representadas na base de dados PH² podem variar de branco a branco creme. A Figura 1 mostra os tipos de imagens que a base possui, em (a), (b) e (c) encontra-se nevo comum, nevo atípico e melanoma, respectivamente.

Cada imagem do banco possui uma máscara binária ilustrando a segmentação manual feita pelo dermatologista. A Figura 1 mostra um exemplo de imagem da base e sua máscara correspondente. A máscara binária da segmentação é um importante atributo da base PH², a mesma foi utilizada para a avaliação do método proposto.

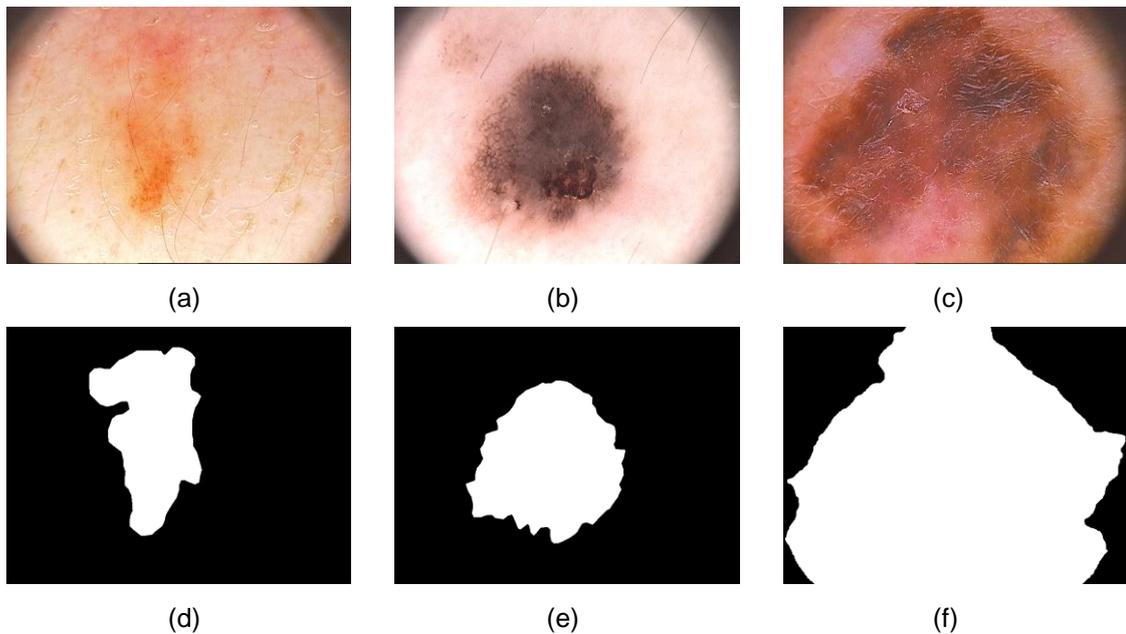


Figura 1 – Exemplo de máscara binária da base PH². (a) Nevo comum; (b) Nevo atípico; (c) Melanoma; Em (d), (e) e (f) têm-se as máscaras binárias de cada lesão respectivamente.

3 MÉTODO PROPOSTO

O método proposto é dividido em três etapas principais: pré-processamento, segmentação e pós-processamento. Na primeira etapa, os ruídos da imagem são suavizados com a utilização do *Mean Shift* (COMANICIU; MEER, 2002). Em seguida, foi utilizada uma máscara e a aplicação de operadores morfológicos para eliminar regiões irrelevantes.

A segunda etapa é a utilização do algoritmo baseado em contorno ativo, ele utiliza métodos para traçar a região da lesão na imagem que foi suavizada na etapa anterior. A terceira etapa consiste em melhorar o contorno, ou seja, aproximar o contorno extraído à lesão original. Para isso, são utilizados operadores morfológicos e a aplicação de outra máscara com o objetivo de remover regiões que não sejam parte da lesão (cantos). A Figura 2 mostra as etapas do método proposto.

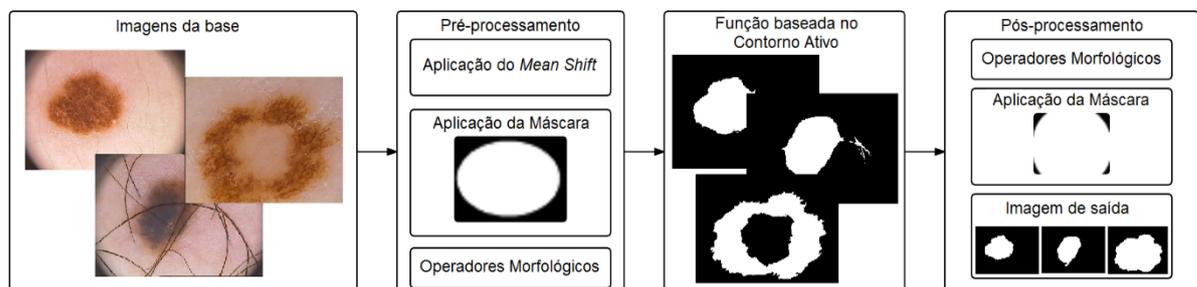


Figura 2 – Fluxograma do método proposto.

3.1 Pré-processamento

A base de imagens PH², como dito anteriormente, é desafiadora. Isso se deve ao fato da variedade nas formas e artefatos das lesões. A Figura 3 (a) mostra uma imagem com pelos corporais, um dos artefatos que dificultam a segmentação. Uma tentativa de segmentação sem um pré-processamento adequado irá resultar em falha. Assim, ao se tentar extrair bordas sem um pré-processamento serão encontradas falhas na imagem resultante.

Por conta desses fatores, a primeira etapa do pré-processamento consiste em filtrar os elementos indesejáveis com o intuito de suavizar a imagem para as etapas posteriores. A partir da imagem original, o primeiro passo é calcular sua

correspondente em tons de cinza. A imagem em tons de cinza é obtida utilizando a equação $0,2989 \cdot R + 0,5870 \cdot G + 0,1140 \cdot B$, onde R, G e B são as componentes do modelo de cores RGB. Posteriormente, é aplicado um filtro Gaussiano (ITO; XIONG, 2000) com uma janela 9x9 e um desvio padrão de 0.5, outros valores de janelas e desvios foram testados, mas esses obtiveram os melhores resultados de pré-processamento. O objetivo desse filtro é diminuir a variação de tons de cinza na imagem. A Figura 3 (b) exibe o resultado desse processamento.

A etapa seguinte no pré-processamento, é a aplicação do filtro *Mean Shift* na imagem. Isso foi feito com o intuito de tornar a imagem mais homogênea, ou seja, agrupar *pixels* semelhantes, como pode ser observado na Figura 3 (c). Visualmente a diferença já é nítida quando comparada a imagem com e sem a aplicação do filtro. Os parâmetros utilizados no *Mean Shift* foram: larguras das janelas (espacial e do recurso) recebem o valor de 20; e critério de convergência, este recebeu o valor 10. Os valores informados são resultados de testes empíricos.

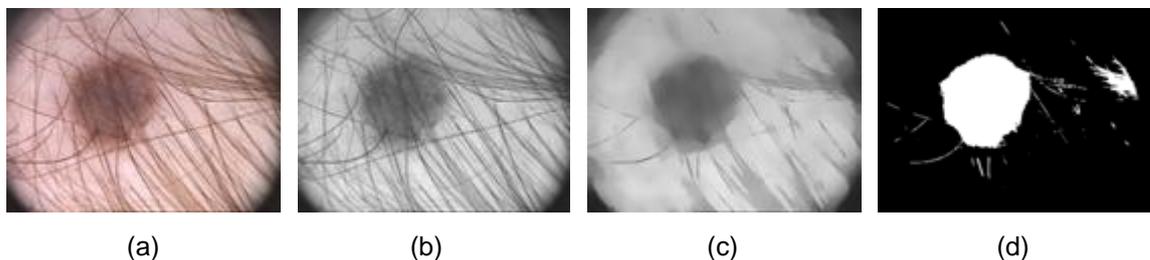


Figura 3 – Pré-processamento parte inicial. (a) Nevo comum; (b) Fase inicial; (c) *Mean Shift*; (d) Resultado.

O passo seguinte é binarizar a imagem com o método de Otsu (OTSU, 1979). A partir da imagem binária, foi necessário a utilização de máscaras moldadas de acordo com as imagens dermatoscópicas com objetivos específicos. As máscaras utilizadas no trabalho podem ser visualizadas na Figura 4. A primeira possui o intuito de focar na lesão desconsiderando os cantos, para que na segmentação a máscara binária tome a forma apenas da lesão. Essa máscara parte do princípio que a lesão estará disposta ao centro da imagem, pois nas imagens dermatoscópicas, o dermatologista posiciona a lesão mais ao centro. A segunda máscara binária destaca os cantos obscurecidos nas imagens dermatoscópicas resultantes do método proposto. É feita uma operação *and* entre a imagem binária obtida com o método de Otsu e a máscara da Figura 4 (a). A

Figura 3 (d) mostra o resultado desse processamento.



Figura 4 – Máscaras. (a) Foco na lesão; (b) Destaque de cantos.

Antes da etapa de segmentação, a imagem sofre ainda duas operações. Para isso, um elemento estruturante é criado em forma de círculo, com tamanho definido em 11, para suavizar bordas dos objetos na imagem. A primeira operação é um fechamento morfológico na imagem e a segunda é uma abertura morfológica. Os valores foram obtidos através de testes empíricos. A imagem resultante dessas operações pode ser visualizada na Figura 5.



Figura 5 – Pré-processamento parte final.

3.2 Segmentação

Nesse subtópico será descrita a etapa de segmentação cuja função utilizada é baseada em contorno ativo (LANKTON; TANNENBAUM, 2008). A técnica considera as características locais na imagem ao invés das globais. Os contornos localizados têm a capacidade de segmentar elementos na imagem com perfis heterogêneos que seriam complicados de detectar corretamente usando um método considerando as características globais da imagem. A técnica utiliza uma máscara binária como ponto de partida da segmentação, além de definir o número de iterações para que o contorno se ajuste da melhor forma. A Equação 1 abaixo tem a finalidade de manter a evolução da curva de uma forma suave.

$$E(v) = \frac{1}{2} \int [(\omega_1(s) \| v_s \|^2 + \omega_2(s) \| v_{ss} \|^2) - \|\nabla I(v)\|^2] ds \quad (1)$$

onde o termo $\omega_1(s) \| v_s \|^2$ torna a curva resistente à tração, e o termo $\omega_2(s) \| v_{ss} \|^2$ torna a curva resistente à flexão. O termo $\|\nabla I(v)\|^2$ faz com que a curva tente se posicionar nas regiões da imagem onde o gradiente é alto, ou seja, onde tem maior probabilidade de ser uma fronteira (borda).

Dessa forma, o contorno pode crescer ou diminuir de acordo com as bordas da imagem original resultando em bordas próximas às reais. A máscara binária é a resultante do pré-processamento, Figura 5, a imagem original na qual o contorno será moldado é a Figura 3 (b) e o valor de interações na imagem são 400. Verificamos que valores maiores que 400 iterações resultavam em processamento desnecessário.

O resultado desse processo pode ser visto na Figura 6 (a) e percebe-se que há elementos indesejados, objetos que não fazem parte da lesão. Com a finalidade de retirar os objetos menores é calculada a quantidade de objetos na imagem e o que tiver maior área é o que permanece. O resultado dessa etapa pode ser visto na Figura 6 (b).

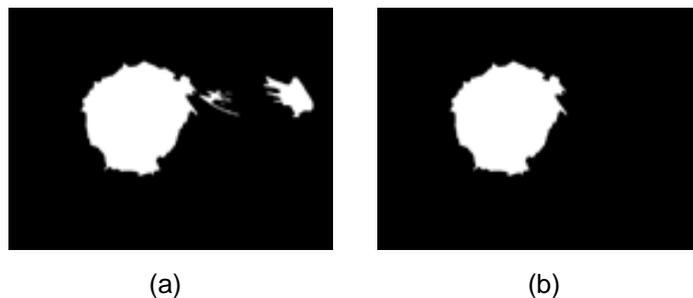


Figura 6 – Segmentação. (a) Contorno ativo; (b) Maior área.

3.3 Pós-processamento

A última etapa é a do pós-processamento, com a finalidade de ajustar as bordas do objeto encontrado na imagem. Novamente o processo de fechamento e abertura morfológica na imagem é realizado utilizando a mesma estrutura de círculo criada. Por fim, a máscara da Figura 4 (b) é utilizada com o intuito de remover os cantos das imagens. O resultado do pós-processamento pode ser visualizado na Figura 7.



Figura 7 – Fim do pós-processamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O banco de imagens possui as imagens de todas as lesões segmentadas por um dermatologista, essas imagens foram utilizadas para validar os resultados obtidos. Há fatores a serem mencionados, que são os padrões de lesões que são diferentes, pelos corporais, ruídos, entre outros fatores pertinentes na imagem que dificultaram na criação da máscara binária para a avaliação.

A Figura 8 (a) ilustra um nevo comum com duas demarcações, uma verde que é a do especialista e outra azul que representa a segmentação proposta. O exemplo mostrado abaixo é considerado correto levando em consideração os índices utilizados no trabalho para avaliar.

Da mesma forma a Figura 8 (b) apresenta um melanoma com duas demarcações. Esse exemplo mostra a diferença entre as demarcações tornando incorreta a segmentação, de acordo com os índices utilizados no trabalho para avaliar. O tom da pele é parecido com as fronteiras da lesão, dessa forma o método foi capaz de detectar apenas a parte obscurecida da mesma.

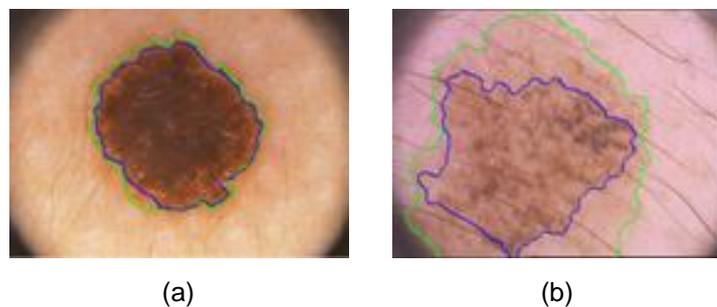


Figura 8 – Demarcações cruzadas. (a) Correto; (b) Incorreto.

A Figura 9 ilustra várias segmentações realizadas pelo método proposto (azul), em comparação com a segmentação do especialista (verde) em várias imagens, com diferentes características, como a cor, pelos e ruídos na imagem.



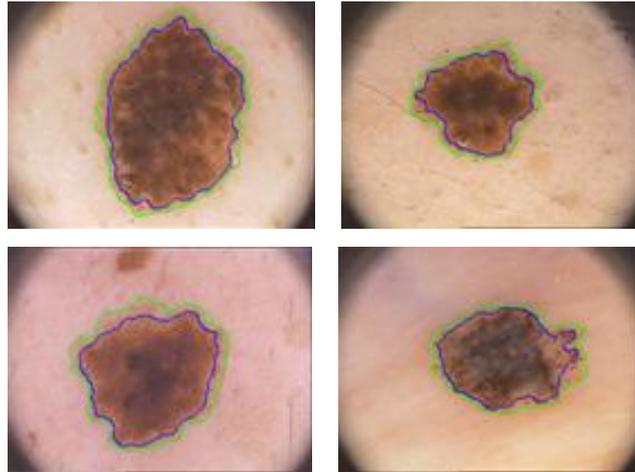


Figura 9 – Segmentações do método proposto em comparação com a do especialista.

A base PH² contém um total de 200 imagens dermatoscópicas e todas as máscaras binárias criadas pelos dermatologistas. O método gerou máscaras binárias para 193 imagens, as 7 imagens restantes possuíam lesões muito claras e semelhante a cor da pele, impossibilitando o método de detectar sua área. As lesões que não possuem máscara são nevos comuns.

Na literatura existem estatísticas para avaliar a semelhança de duas amostras, neste caso a segmentação provinda do método proposto na monografia, e a segmentação feita pelo dermatologista. As estatísticas utilizadas para avaliar as segmentações no trabalho são o índice Jaccard (JACCARD, 1901) e o índice de Sorensen-Dice (DICE, 1945).

Cada um possui um cálculo para gerar um índice, este índice por sua vez resulta em um valor entre 0 e 1. Se o valor do índice for mais próximo de 1, significa melhor adequação entre a segmentação automática com a do especialista. Nas subseções abaixo serão apresentados as estatísticas e seus respectivos resultados na base de imagens PH².

4.1 Índice de Jaccard

O coeficiente de *communauté* criado por Paul Jaccard (JACCARD, 1901), é por sua vez, conhecido por índice de Jaccard, e representa uma estatística usada para checar a similaridade e diversidade de amostras. O coeficiente de Jaccard é obtido pelo resultado da Equação 2. A equação gera um resultado baseado no tamanho da intersecção dividida pelo tamanho da união dos conjuntos de amostras, obedecendo sempre a $0 \leq J(A, B) \leq 1$.

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (2)$$

A Tabela 1 apresenta os resultados sobre as 193 imagens da base confrontadas com as 193 imagens geradas pelo método. O índice gerado para cada imagem foi analisado, e quando o valor do coeficiente foi maior ou igual a 0,6 o número de máscaras consideradas corretas foi de 136 e erradas de 57. Quando o coeficiente foi maior ou igual a 0,7 o número de corretas ficou de 107 e erradas de 86.

Tabela 1 – Resultados do índice de Jaccard sobre a base completa.

	Coeficiente $\geq 0,6$	Coeficiente $\geq 0,7$
Segmentações Corretas	136	107
Segmentações Incorretas	57	86
Total	193	

A Tabela 2 apresenta os resultados sobre 73 imagens dos nevos comuns da base confrontadas com as 73 imagens geradas pelo método. Quando o valor do coeficiente foi maior ou igual a 0,6 o número de máscaras de nevos comuns consideradas corretas foi de 51 e erradas de 22. Quando a análise considerou o coeficiente maior ou igual a 0,7 o número de corretas ficou de 41 e erradas de 32.

Tabela 2 – Resultados do índice de Jaccard sobre os nevos comuns.

	Coeficiente $\geq 0,6$	Coeficiente $\geq 0,7$
Segmentações Corretas	51	41
Segmentações Incorretas	22	32
Total	73	

A Tabela 3 apresenta os resultados sobre 80 imagens dos nevos atípicos da base confrontadas com as 80 imagens geradas pelo método. Assim que o valor do coeficiente foi maior ou igual a 0,6 o número de máscaras consideradas corretas foi de 60 e erradas de 20. Quando o coeficiente foi maior ou igual a 0,7 o número de corretas ficou de 50 e erradas de 30.

Tabela 3 – Resultados do índice de Jaccard sobre os nevos atípicos.

	Coeficiente $\geq 0,6$	Coeficiente $\geq 0,7$
Segmentações Corretas	60	50
Segmentações Incorretas	20	30
Total	80	

A Tabela 4 apresenta os resultados sobre 40 imagens de melanomas da base confrontadas com as 40 imagens geradas pelo método. O índice gerado para

cada imagem foi analisado, e quando o valor do coeficiente foi maior ou igual a 0,6 o número de máscaras consideradas corretas foi de 25 e erradas de 15. Assim que o coeficiente foi maior ou igual a 0,7 o número de corretas caiu para 16 e erradas subiu para 24.

Tabela 4 – Resultados do índice de Jaccard sobre os melanomas.

	Coeficiente $\geq 0,6$	Coeficiente $\geq 0,7$
Segmentações Corretas	25	16
Segmentações Incorretas	15	24
Total	40	

4.2 Índice de Sorensen-Dice

O índice de Sorensen-Dice (DICE, 1945) foi criado por dois botânicos, Thorvald Sorensen e Lee Raymond Dice, de forma independente com a finalidade de comparar a semelhança de duas amostras. A estatística também é conhecida por outros nomes como índice de Sorensen e coeficiente de Dice. O índice é obtido pelo resultado da Equação 3. A equação faz operações com os conjuntos X e Y formulando um resultado QS, que representa o quociente de similaridade variando entre 0 e 1.

$$QS = \frac{2|X \cap Y|}{|X| + |Y|} \quad (3)$$

A Tabela 5 exhibe os resultados sobre as 193 imagens da base confrontadas com as 193 imagens geradas pelo método. Cada imagem gerou um valor para o índice de Sorensen-Dice, e quando o valor do coeficiente foi maior ou igual a 0,6 o número de máscaras consideradas corretas foi de 172 e erradas de 21. Quando o coeficiente foi maior ou igual a 0,7 o número de corretas ficou de 150 e erradas de 43.

Tabela 5 – Resultados do índice de Sorensen-Dice sobre a base completa.

	Coeficiente $\geq 0,6$	Coeficiente $\geq 0,7$
Segmentações Corretas	172	150
Segmentações Incorretas	21	43
Total	193	

A Tabela 6 exhibe os resultados sobre as 73 imagens dos nevos comuns da base afrontadas com as 73 imagens geradas pelo método. Assim que o coeficiente foi maior ou igual a 0,6 o número de máscaras de nevos comuns consideradas corretas foi de 63 e erradas de 10. Quando a análise considerou o

coeficiente maior ou igual a 0,7 o número de corretas ficou em 59 e erradas de 14.

Tabela 6 – Resultados do índice de Sorensen-Dice sobre os nevos comuns.

	Coeficiente $\geq 0,6$	Coeficiente $\geq 0,7$
Segmentações Corretas	63	59
Segmentações Incorretas	10	14
Total	73	

A Tabela 7 apresenta os resultados sobre 80 imagens dos nevos atípicos da base afrontadas com as 80 imagens geradas pelo método. Assim que o valor do coeficiente foi maior ou igual a 0,6 o número de máscaras consideradas corretas foi de 73 e incorretas de 7. Já quando o valor do coeficiente foi maior ou igual a 0,7 o número de corretas ficou de 64 e incorretas de 16.

Tabela 7 – Resultados do índice de Sorensen-Dice sobre os nevos atípicos.

	Coeficiente $\geq 0,6$	Coeficiente $\geq 0,7$
Segmentações Corretas	73	64
Segmentações Incorretas	7	16
Total	80	

A Tabela 8 apresenta os resultados sobre 40 imagens de melanomas da base confrontadas com as 40 imagens geradas pelo método. O índice gerado para cada imagem foi analisado, e quando o valor do coeficiente foi maior ou igual a 0,6 o número de máscaras consideradas corretas foi de 36 e incorretas de 4. Assim que o coeficiente foi maior ou igual a 0,7 o número de corretas ficou em 27 e incorretas em 13.

Tabela 8 – Resultados do índice de Sorensen-Dice sobre os melanomas.

	Coeficiente $\geq 0,6$	Coeficiente $\geq 0,7$
Segmentações Corretas	36	27
Segmentações Incorretas	4	13
Total	40	

4.3 Discussão

Cada máscara da base foi confrontada com sua respectiva máscara criada pelo método, e gerou segundo a estatística, um valor para o índice de cada imagem. A partir disso, uma média geral de cada coeficiente sobre a base completa, nevo comum, nevo atípico e melanoma foram obtidas. A Figura 10 exhibe a comparação dos valores dos índices utilizados para avaliar as segmentações.

Além da base ser avaliada de forma completa, há três conjuntos específicos

de lesões, sendo eles, os nevos comuns, os nevos atípicos e melanomas. Cada um com determinadas particularidades em relação aos padrões de lesões. Os nevos comuns são lesões que possuem um formato simétrico; não são grandes como os melanomas; possuem bordas regulares; além de ter a cor interna mais clara que os outros tipos de lesões, em alguns casos são tão claras que não foi possível a detecção de sua área, como citado anteriormente. Os nevos atípicos, já são lesões semelhantes com os melanomas, pois podem possuir algumas das características que classificam como tal, porém não são câncer. Já os melanomas como já mencionado se enquadram nas características ABCD.

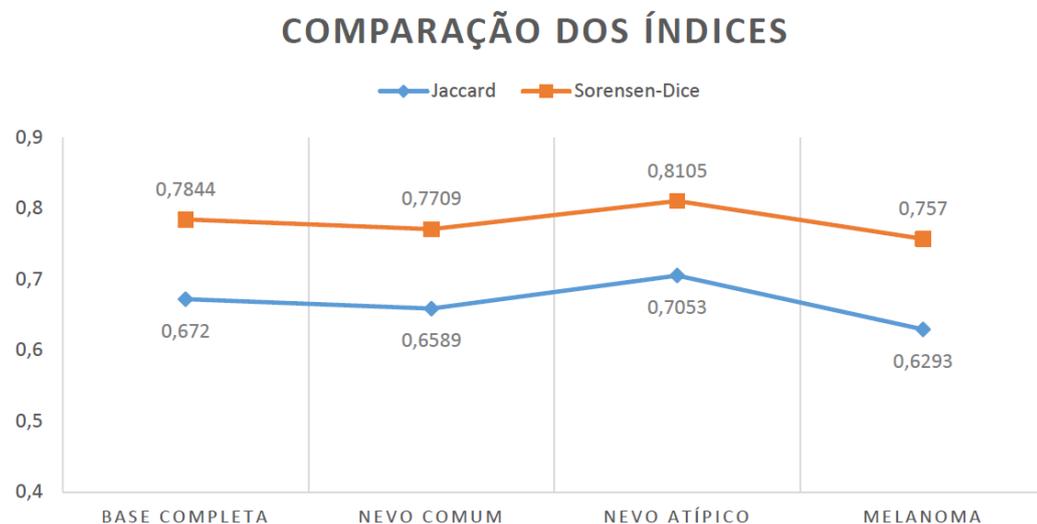


Figura 10 – Comparação dos índices.

Como pode ser observado na Figura 10, em todos os casos o índice Sorensen-Dice obteve melhores médias em relação ao índice Jaccard. Nas médias geradas a diferença foi em mais de 0,1 para cada conjunto de imagens. A motivação para tal efeito é porque os coeficientes dão pesos diferentes aos valores das não-ocorrências e ocorrências, o que afeta nos valores encontrados (MEYER, 2002). Em outras palavras, esse fator se deve a composição da fórmula de avaliação de semelhança das estatísticas, podendo gerar saídas um pouco divergentes.

Os valores das médias para os dois índices são exibidos entre 0 e 1. A partir disso, pode-se afirmar que, a segmentação proposta no trabalho obteve um desempenho relativamente bom, quando analisado as médias do coeficiente Sorensen-Dice; e um desempenho mediano, quando analisado as médias do

coeficiente Jaccard. Os índices que avaliaram a base e seus respectivos conjuntos de imagens mantiveram uma pequena variação de valores de um conjunto para outro em relação ao índice avaliado. Esse comportamento indica, que independentemente do conjunto de imagens, o método formulou máscaras binárias equivalentes as máscaras criadas do especialista.

No conjunto dos melanomas, as médias apresentadas para os dois índices foram as menores em relação aos outros conjuntos de imagens. Essa ocorrência gera uma interpretação de que a técnica não obteve tanta eficácia na detecção das lesões que possuem índices acentuados da regra ABCD. Já no conjunto de nevos atípicos, as médias geradas foram as maiores em relação as demais, pois, o grande fator são por possuírem uma coloração mais destacada da pele e um padrão de lesão mais homogêneo, isto em comparação com as lesões comuns e melanomas respectivamente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho propôs uma metodologia para segmentação de lesões de pele utilizando um algoritmo baseado em contorno ativo. Para isso, foi necessário um pré-processamento utilizando *Mean Shift* e filtros morfológicos; a segmentação utilizando um algoritmo baseado em contorno ativo; e pós-processamento aplicando filtros morfológicos para melhorar os contornos gerados. O método aplicado no trabalho foi utilizado na base de imagens pública PH².

Resultados satisfatórios foram obtidos levando em consideração a complexidade da base de imagens utilizada. Como pode ser observado, o método precisa melhorar alguns processos, mas se mostrou eficiente visto que o processo de segmentação é complexo.

Como trabalhos futuros pretende-se utilizar novos métodos de contorno ativo para melhorar o contorno gerado. Após isso, pretende-se utilizar outras bases de imagens públicas para mostrar a robustez do método desenvolvido. Além disso a utilização de algoritmos de *Convolutional Neural Networks* incorporada ao problema, através da segmentação por índices de textura.

REFERÊNCIAS

- ABUZAGHLEH, O.; BARKANA, B. D.; FAEZIPOUR, M. **Automated skin lesion analysis based on color and shape geometry feature set for melanoma early detection and prevention**. LISAT, p. 1–6, 2014.
- ARAUJO, A. F. D. **Método para extração e caracterização de lesões de pele usando difusão anisotrópica, crescimento de regiões, watersheds e contornos ativos**. 2010. 100 f. Tese (Pós-Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 2010.
- ARAUJO, A. F.; TAVARES, J. M. R. S.; OLIVEIRA, R. B.; ROSSETTI, R. B.; MARRANGHELLO, N.; PEREIRA, A. S. **Análise e Caracterização de Lesões de Pele para Auxílio ao Diagnóstico Médico**. In: NEVES, L. A. P.; NETO, H. V.; GONZAGA, A. (Eds.). *Avanços em Visão Computacional*. Paraná: omnipax, p. 27-46, 2012.
- BARCELOS, C. A. Z.; BOAVENTURA, M.; SILVA JUNIOR, E. C. **A well-balanced flow equation for noise removal and edge detection**. IEEE Transactions on Image Processing, v. 12, n. 7, p. 751-763, 2003.
- COMANICIU, D; MEER, P. **Mean shift: A robust approach toward feature space analysis**. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, v. 24, n. 5, p. 603-619, 2002.
- DICE, L. R. **Measures of the amount of ecologic association between species**. Ecology, v. 26, n. 3, p. 297-302, 1945.
- DIGABEL, H.; LANTUÉJOUL, C. **Iterative algorithms**. Quantitative analysis of microstructures in materials sciences, biology and medicine, v. 19, n. 7, p. 85–99, 1978.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento Digital de Imagens**. 3ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, p. 640, 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). **O que é o câncer**. 2016. Disponível em: <<http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/cancer/site/oquee>>. Acesso em: 08 abr. 2016.
- ITO, K.; XIONG, K. **Gaussian filters for nonlinear filtering problems**. Automatic Control, IEEE Transactions on, v. 45, n. 5, p. 910-927, 2000.
- JACCARD, P. **Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura**. Bulletin de la Société Voudoise des Sciencies Natureller, n. 37, p. 547-579, 1901.
- KASS, M.; WITKIN, A.; TERZOPOULOS, D. **Snakes: Active contour models**. International journal of computer vision, v. 1, n. 4, p. 321-331, 1988.
- KUZMINA, I.; DIEBELE, I; JAKOVELS, D.; SPIGULIS, J.; VALEINE, L.; KAPOSTINSH, J.; BERZINA, A. **Towards noncontact skin melanoma**

selection by multispectral imaging analysis. Journal of Biomedical Optics, v. 16, n. 6, p. 1-3, 2011.

LANKTON, S; TANNENBAUM, A. **Localizing region-based active contours.** Image Processing, IEEE Transactions on, v. 17, n. 11, p. 2029-2039, 2008.

LYNCH, M.; GHITA, O.; WHELAN, P. F. **Segmentation of the left ventricle of the heart in 3-D+ t MRI data using an optimized nonrigid temporal model.** Medical Imaging, IEEE Transactions on, v. 27, n. 2, p. 195-203, 2008.

MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento digital de imagens.** Rio de Janeiro: Brasport, p. 307, 1999.

MENDONÇA, T.; FERREIRA, P. M.; MARQUES, J. S.; MARCAL, A. R. S.; ROZEIRA, J. **PH² - A dermoscopic image database for research and benchmarking.** Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), p.5437-5440, 2013.

MEYER, A. S. **Comparação de coeficientes de similaridade usados em análises de agrupamento com dados de marcadores moleculares dominantes.** 2002. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2002.

MUMFORD, D.; SHAH, J. **Optimal approximations by piecewise smooth functions and associated variational problems.** Communications on pure and applied mathematics, v. 42, n. 5, p. 577-685, 1989.

OTSU, N. **A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms.** IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, v. 9, n. 1, p. 62-66, 1979.

SOARES, H. B. **Análise e classificação de imagens de lesões da pele por atributos de cor, forma e textura utilizando máquina de vetor de suporte.** 2008. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte. 2008.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA (SBD). **Sobre o câncer da pele.** 2016. Disponível em: <<http://www.sbd.org.br/informacoes/sobre-o-cancer-da-pele/>>. Acesso em: 20 de maio 2016.

SUMITHRA, R.; SUHIL, M.; GURU, D. S. **Segmentation and Classification of Skin Lesions for Disease Diagnosis.** Procedia Computer Science, v. 45, p. 76-85, 2015.

TORQUATO, J. R.; GALVÃO, S. S.; MAGALHÃES, S. F. **Uma ferramenta para o auxílio de diagnósticos de câncer de pele com segmentação da imagem por cor.** 3º Encontro Nacional de Engenharia Biomecânica, Foz do Iguaçu, 2011.

VERAS, R. M. S.; MACHADO, V. P.; SILVA, R. R. V.; ARAUJO, F. H.; AIRES, K. R. T. **Aplicação de Aprendizagem de Máquina para Classificação**

Automática de Retinas Patológicas. Anais do X Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional, Fortaleza, 2011.

ZHOU, H.; SCHAEFER, G.; CELEBI, M.; LIN, F.; LIU, T. **Gradient vector flow with mean shift for skin lesion segmentation.** Computerized Medical Imaging and Graphics, v. 35, n. 2, p. 121-127, 2011.

ZORTEA, M.; SCHOPF, T. R.; THON, K.; GEILHUF, M.; HINDBERG, K.; KIRCHESCH, H.; MOLLERSEN, K.; SCHULZ, J.; SKROVSETH, S. O.; GODTLIEBSEN, F. **Performance of a dermoscopy-based computer vision system for the diagnosis of pigmented skin lesions compared with visual evaluation by experienced dermatologists.** Artificial Intelligence in Medicine, v. 60, n. 1, p. 13-26, 2014.



**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DIGITAL NA BIBLIOTECA
“JOSÉ ALBANO DE MACEDO”**

Identificação do Tipo de Documento

- () Tese
- () Dissertação
- (X) Monografia
- () Artigo

Eu, **Emerson de Sousa Silva**, autorizo com base na Lei Federal nº 9.610 de 19 de Fevereiro de 1998 e na Lei nº 10.973 de 02 de dezembro de 2004, a biblioteca da Universidade Federal do Piauí a divulgar, gratuitamente, sem ressarcimento de direitos autorais, o texto integral da publicação **Segmentação de Lesões de Pele em Imagens Médicas** de minha autoria, em formato PDF, para fins de leitura e/ou impressão, pela internet a título de divulgação da produção científica gerada pela Universidade.

Picos-PI 02 de agosto de 2016.

Emerson de Sousa Silva
Assinatura