

RELATÓRIO DE ATIVIDADES – PROGRAMAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPI**PARTE I – IDENTIFICAÇÃO**

Tipo do Relatório:	(X) Parcial () Final
Programa:	(X) PIBIC/CNPq/UFPI () PIBIC-Af/CNPq/UFPI () ICV/UFPI () PIBIC-EM/CNPq/UFPI
Título do Plano de Trabalho:	Processamento de imagens médicas para o desenvolvimento de sistemas CAD
Nome do Orientador(a):	Flávio Henrique Duarte de Araújo
Nome do Orientando(a):	Lucas Silva Lopes

PARTE II – RELATO TÉCNICO-CIENTÍFICO**1. Introdução**

As arboviroses são doenças infecciosas causadas por vírus que se desenvolvem e são transmitidas pelos insetos vetores. São consideradas agravos emergentes de grande impacto na saúde pública no Brasil. Dentre as arboviroses de importância epidemiológica no Brasil e transmitidas por *Aedes aegypti*, pode-se citar Dengue, e seus 4 sorotipos, Febre Amarela Urbana, Zika e Chikungunya.

Com a exceção da Febre Amarela, não há vacinas ou quimioterápicos eficientes para prevenir ou tratar as arboviroses, a única medida disponível para interromper o ciclo transmissível é o combate do mosquito vetor, por meio da detecção e eliminação de criadouros e o combate das formas aladas de *A. aegypti*.

Uma das formas de realizar esse monitoramento é por meio do uso de ovitrampa. As ovitrapas são recipientes que simulam criadouros em potenciais que são facilmente reconhecidas pelas fêmeas grávidas de mosquitos como locais adequados para a postura de ovos. O uso deste tipo de armadilha pode fornecer importantes informações para o monitoramento destes vetores em uma área. Por meio da contagem de ovos, pode-se verificar a densidade populacional dos mosquitos, sua frequência, dispersão geográfica e a dinâmica populacional de acordo com a sazonalidade. É uma técnica barata, segura e de fácil manuseio, pela qual o agente de endemia poderá verificar presença e quantidade de ovos.

A grande desvantagem deste método de monitoramento é como a contagem de ovos é realizada, manualmente por um agente, com o auxílio de microscópio estereoscópio (Lupa), em ambiente laboratorial. Em períodos chuvosos, é comum encontrar milhares de ovos por palheta. Neste contexto, a contagem de ovos manual passa a não ser aplicável devido a diversos fatores, tais como: número de agentes necessário para atender a demanda, confiabilidade da contagem desejada, contagem em tempo suficiente para resultar numa ação efetiva de controle vetorial, dentre outros. É justamente neste processo que a visão computacional pode entrar como aliado no controle das arboviroses por meio da criação de uma ferramenta que auxilie os agentes na contagem desses ovos.

Alguns trabalhos de contagem automática, total ou parcial, vêm sendo estudados, e as principais técnicas utilizadas são baseadas em: limiarização ou agrupamento com filtragem por área, filtragem morfológica e Deep Learning.

Os passos mais comuns para a detecção e contagem de ovos são: A escolha de um modelo de cor e quais canais serão utilizados. Segmentação dos ovos com um algoritmo de limiarização, fazendo uso do k-means para melhorar esse resultado. Após a segmentação, a aplicação de um algoritmo de rotulação de componentes conectados e as vezes fechamento morfológico para remoção de ruído.

1.1 Processamento Digital de Imagens (PDI)

O processamento digital de imagens é constituído de várias etapas sequenciais que buscam extrair informações de uma imagem, geralmente resultando em outra imagem.

As imagens são matrizes que armazenam um valor inteiro em cada coordenada (pixel), esses valores são a intensidade da luz naquele pixel. Porém essa forma de representação só permite imagens em tons de cinza.

RELATÓRIO DE ATIVIDADES – PROGRAMAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPI

Existem vários sistemas que padronizam como as informações da imagem são armazenadas e que permitem imagens coloridas. Normalmente esses sistemas armazenam em cada pixel uma tupla com 3 valores inteiros, referentes à informações além da intensidade da luz.

1.1.1 Sistemas de cor

Os sistemas de cor são padrões que as imagens digitais seguem para representar suas informações, como a luminosidade, tonalidade, crominância, entre outros.

Quando uma imagem está sendo representada em um sistema de cor, é possível separar os componentes desse sistema, e cada componente pode ser chamado de canal, por exemplo, o sistema RGB possui 3 canais: R, G, B. Cada canal forma uma imagem em tons de cinza.

O sistema RGB é o mais comum, normalmente possui representação de 8 bits, assim os valores dos canais variam de 0 a 255. Cada canal representa uma cor primária, R o vermelho, G o verde e B o azul.

Existem outros sistemas de cor além do RGB, alguns podem ser citados: HSV, o canal H representa a matiz, seus valores variam de 0 a 360 ou quando normalizados variam de 0 a 1. O canal S representa a saturação, seus valores variam de 0 a 1. O canal V representa o brilho, seus valores variam de 0 a 1; YIQ, o canal Y indicando a luminância, seus valores variam de 0 a 255. Os canais I e Q possuem informações de crominância, seus valores variam de 0 a 133 e 0 a 151, respectivamente; $L^*a^*b^*$, o canal L indicando luminosidade, seus valores variam de 0 a 255. Os canais a^* e b^* possuem informações de crominância seus valores variam de -127 a 128.

Cada sistema enfatiza informações diferentes da mesma imagem, assim, fazer conversões de sistemas é um bom caminho para encontrar qual representa as informações de forma a ajudar mais na segmentação dos ovos.

1.1.2 Segmentação

Segmentação é o processo que faz a separação de uma ou várias regiões de interesse, do restante da imagem.

Um dos vários métodos de segmentação, é a limiarização. Um valor (limiar) é definido, percorre-se a imagem, e para cada pixel é feita uma comparação, geralmente se o pixel é maior que o limiar, caso a comparação seja verdadeira, o valor daquele pixel é modificado para um valor pre-definido pelo usuário do método, caso seja falsa, o valor do pixel é modificado para 0.

O resultado da segmentação pode conter ruídos, ou seja, regiões que não são de interesse. Para tratar isso, é aplicado um algoritmo de rotulação de componentes conectados.

1.1.3 Rotulação de componentes conectados

Rotulação de componentes conectados é o processo de percorrer a imagem e rotular quais pixels estão conectados (são vizinhos), o resultado é a quantidade de objetos presentes na imagem, quantos pixels ele possui e quais são esses pixels. Dessa forma, regiões menores que uma determinada área, e que provavelmente são ruídos, podem ser eliminadas.

1.2 K-means

O K-means é bastante utilizado para a segmentação. É comum, quando temos uma base de dados, que seja possível formar grupos a partir dos dados, com base em algum parâmetro. O k-means busca formar esses grupos por meio da similaridade.

K-means é um método de agrupamento, em que é dada uma entrada e um número de agrupamentos k , o objetivo é dividir as entradas em k grupos, de uma forma que minimize a soma total das distâncias quadradas de cada ponto para a média de seu agrupamento designado (Grus, 2016).

2. Revisão de Literatura

Os trabalhos abaixo compreendem técnicas utilizadas para a contagem automática de ovos, presentes na paleta da ovitrampa, do mosquito *Aedes aegypti*.

Santos *et al.* (2008) propõem 2 métodos, ambos fazem a conversão das imagens adquiridas no sistema RGB para o sistema YIQ, devido a boa separação que o canal I faz entre o fundo e os ovos. A contagem também é feita da mesma forma em ambos os métodos, dividindo a quantidade de pixels da segmentação pelo tamanho médio de um ovo. O primeiro método aplica um limiar fixo de 130 no canal I.

RELATÓRIO DE ATIVIDADES – PROGRAMAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPI

Para remoção de ruídos aplicam um algoritmo de rotulação de componentes conectados e eliminam objetos menores que 100 pixels, aplicam fechamento morfológico utilizando um kernel em formato de elipse com dimensões 8x13, para também remover ruídos e preencher áreas pertencentes aos ovos que poderiam ter sido descartadas nos passos anteriores. Determinaram o tamanho médio do ovo experimentalmente como 170 pixels e então a contagem foi realizada. O segundo método opta por testar 2 formas de limiarização: 1) Usar um limiar fixo de 200 no canal I; 2) Usar o algoritmo k-means com a configuração de 3 entradas, 4 classes, taxa de aprendizado igual a 0.1 e o máximo de iterações em 200. O tamanho médio do ovo definido através de experimentos foi 220 e por último é feita a contagem dos ovos. O primeiro método alcançou uma média no erro de 9%, que foi considerado aceitável pelos autores, já o segundo método, alcançou para a primeira forma de limiarização um erro médio de 7,33% e na segunda forma um erro médio de 7,84%, que foram considerados satisfatórios.

Gusmão, Machado and Rodrigues (2009) fazem a aquisição das imagens no sistema de cor RGB, então converte-as para o sistema $L^*a^*b^*$, pois os canais a^* e b^* trazem importantes informações para a segmentação dos ovos. Utilizam o algoritmo K-means para o agrupamento, com a configuração de 2 entradas, 3 classes, máximo de iterações em 100 e ele deve parar caso não consiga aprimorar mais o resultado. O processo de agrupamento se repete por 3 vezes, cada um com novo conjunto de média inicial e retorna o melhor resultado dos 3. O algoritmo k-means que foi aplicado não permite definir qual dos grupos os ovos pertencem, eles resolvem esse problema com a conversão das imagens originais para o sistema HSV, em seguida é feito o mapeamento, nas áreas em que o canal H for maior que 0.5 são definidas como áreas com ovos. Um algoritmo de rotulação de componentes foi aplicado para a remoção de objetos menores que os ovos, o tamanho desses objetos foi definido em 140 pixels. Foi considerado que o ovo tem uma área média de 357 pixels. Foi feita a contagem dos ovos, dividindo a quantidade de pixels do resultado da segmentação pelo tamanho médio do ovo. O resultado foi considerado aceitável, com 1,16% de erro médio e o erro individual máximo de 45,45%.

Sousa and Paiva (2014) propõem um método dividido em 3 etapas. A primeira é a segmentação, em que aplicam um conjunto de regras proposto por KOVAC(2003), aplicada a uma imagem no sistema RGB. As regras foram adaptadas pelos autores, elas são: 1) $R > 75$, $G > 20$, $B > 5$; 2) $\max(R, G, B) - \min(R, G, B) > 5$; 3) $R - G > 5$; 4) $R > G$, $R > B$, a primeira regra define a tonalidade do fundo da imagem, a segunda regra diminui a influência dos tons de cinza, a terceira regra mantém a complexidade dos tons do fundo da imagem e a quarta regra limita os valores do fundo. Na segunda etapa um filtro de tamanho é aplicado, foi determinado por meio de experimentos que objetos menores que 30 pixels devem ser eliminados. A terceira etapa é a contagem dos ovos, quando um objeto tem área de até 110 pixels, é considerado um ovo, caso seja maior, é considerado um aglomerado de ovos, então é feita a divisão da área considerada como aglomerado pelo tamanho médio do ovo. Esse método obteve 81% de acerto, sendo considerado satisfatório.

Santana *et al.* (2019) com intuito de automatizar o processo de aquisição de imagens, desenvolveram um hardware com uma câmera, um circuito de controle e uma bandeja, que se move, onde é colocada a palheta. Para a detecção e contagem dos ovos utilizaram a Region-based Fully Convolutional Networks (R-FCN), um modelo de rede neural profunda, por causa do seu custo computacional baixo em relação a outros modelos similares e por bons resultados que já foram apresentados em outros trabalhos, comparado com outras técnicas de detecção de objetos. Coletaram 984 imagens no sistema RGB, classificaram manualmente todas as imagens, dividiram 80% para o treinamento da R-FCN e 20% para teste. Com o objetivo de ter uma solução de fácil uso e que apresente resultados de maneira amigável ao usuário, uma aplicação web e um servidor web foram desenvolvidos, eles são responsáveis por todas as operações de processamento de imagens, com inclusão da contagem dos ovos. A R-FCN teve uma acurácia média de 91% e foi considerada satisfatória, em dois experimentos foi calculado seu erro médio, no primeiro foi obtido 5,1% e no segundo 16,1%.

Garcia *et al.* (2019) usaram uma câmera acoplada a uma lupa de microscópio para a aquisição das imagens no sistema RGB. Devido ao método de aquisição das imagens, elas possuem uma área preta ao redor da palheta com os ovos, então aplicaram um algoritmo de segmentação para remover essa área. Dividiram a base de dados, considerando apenas imagens contendo ovos, em 300 imagens para treino, 30 imagens para validação e 30 imagens para teste. Coletaram pixels que pertencem e não pertencem aos ovos, para cada pixel os canais do sistema de cor RGB normalizado e $L^*a^*b^*$ foram extraídos criando uma tupla de informação: (R, G, B, L, a, b, class), os sistemas RGB e $L^*a^*b^*$ foram escolhidos por representarem as características de cor e brilho da imagem. Treinaram uma árvore de decisão com as tuplas de informação, após o treinamento, classificaram com a árvore de decisão cada pixel como pertencente ou não ao ovo, sendo possível assim, fazer a segmentação do ovo. Eliminam do resultado da segmentação objetos menores que um tamanho mínimo definido por eles. A saída após essas etapas é dada como entrada, junto com o valor verdade, para uma CNN que possui 15 camadas para classificar as imagens em 2 classes. As 2

RELATÓRIO DE ATIVIDADES – PROGRAMAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPI

classes são ovo e fundo. Usando o coeficiente de Jaccard, pôde ser notado que na maioria das imagens o modelo tem recall e precisão acima de 70%.

3. Metodologia

Até então foram realizados o estudo sobre processamento de imagens, visão computacional e aprendizado de máquina, o estudo dessas áreas é fundamental para a compreensão do problema e para a capacitação de resolução do mesmo, e a revisão de literatura na área do problema de contagem e diferenciação de ovos de *A. aegypti*.

Após a pesquisa bibliográfica e identificação dos principais trabalhos presentes na literatura, um método foi proposto, e possui as etapas a seguir:

Uma base de imagens é necessária para que seja possível aplicar as técnicas estudadas e medir o desempenho das mesmas. A aquisição das imagens é feita pelo Laboratório de Parasitologia e Entomologia Sanitária (LAPES), através de um microscópio que possui uma câmera, com ele é possível uma ampliação de até 50x, essa ampliação com alta definição torna a etapa de segmentação mais fácil e precisa. Foram obtidas até o presente momento imagens de 9 paletas, cada paleta resulta em 3 imagens no sistema RGB.

Com a base de imagens, o próximo passo é a conversão de sistemas de cor. Em busca das informações mais úteis para a segmentação dos ovos, as imagens são convertidas para outros sistemas como HSV, YIQ e $L^*a^*b^*$. Por enquanto os sistemas foram escolhidos visualmente, mas com as regiões dos ovos que estão sendo marcadas manualmente, será possível uma avaliação quantitativa tanto do sistema de cor, quanto do método como um todo.

Definido o sistema de cor que possui as melhores informações, o passo seguinte é a segmentação das regiões dos ovos. Para tal é aplicado o algoritmo K-means, que separa os pixels pertencentes aos ovos em um grupo, porém o k-means não faz a segmentação completa, ele separa pixels em grupos, faltando a definição de qual grupo estão os ovos. Para resolver esse problema o canal H do sistema HSV é utilizado para filtrar o grupo que os ovos pertencem dos demais.

O resultado de todo o processo feito até agora pode não ser exato. Com a ideia de aprimorar esse resultado, temos a etapa de filtragem por área. Nessa etapa um algoritmo de rotulação de componentes conectados é aplicado, removendo ruídos, ou seja, removendo objetos menores que o tamanho mínimo de um ovo. O fechamento morfológico também é aplicado para remoção de ruídos e restauração de áreas dos ovos que foram excluídas nas etapas anteriores.

4. Resultados e discussão

Até o momento foram adquiridas imagens de 9 paletas, que resultam em 27 imagens. Para cada uma dessas imagens, está sendo feito por um especialista a segmentação manual dos ovos para que seja possível a avaliação quantitativa dos métodos desenvolvidos.

Alguns resultados visuais já foram obtidos utilizando o algoritmo proposto na seção anterior, como mostrado nas Figuras 1, 2 e 3. Esses resultados dão uma noção da qualidade das técnicas estudadas. Um resultado quantitativo ainda não foi possível, pois as regiões dos ovos estão sendo marcadas manualmente por um especialista, como já citado acima.

Os próximos passos são: Avaliar o método proposto por meio de métricas quantitativas e investigar outras técnicas de contagem dos ovos presentes na paleta da ovitrampa, inclusive baseadas em Redes Neurais Convolucionais..

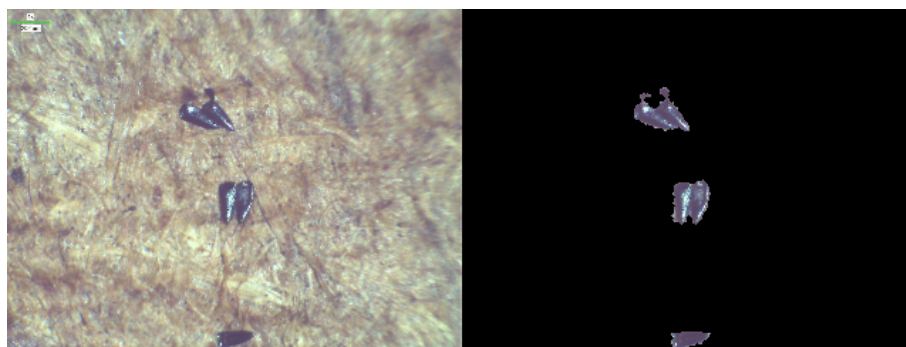


Figura 1. Imagem adquirida em RGB e o resultado do método proposto.

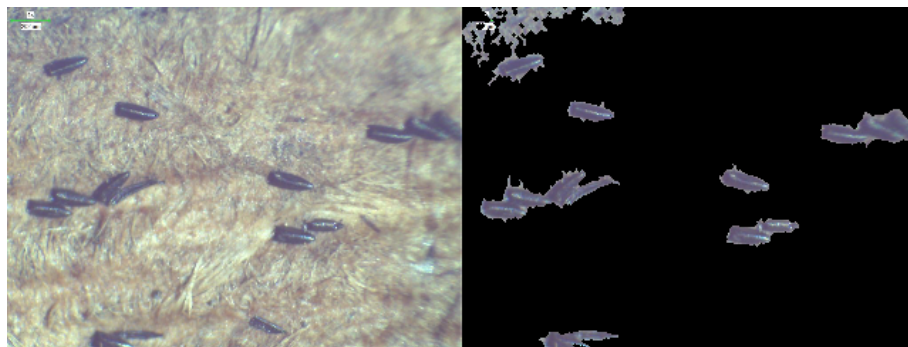
RELATÓRIO DE ATIVIDADES – PROGRAMAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPI

Figura 2. Imagem adquirida em RGB e o resultado do método proposto.

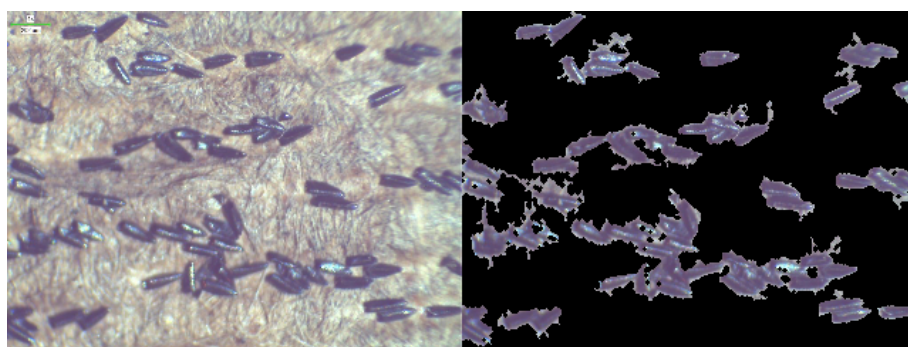


Figura 3. Imagem adquirida em RGB e o resultado do método proposto.

5. Conclusão

A ovitrampa tem um papel fundamental no monitoramento do *Aedes aegypti* e no controle da proliferação das arboviroses que são transmitidas por ele. Por ser uma técnica bastante eficaz, barata e de fácil manuseio, é considerada uma das melhores técnicas para monitorar o *Aedes aegypti*.

Portanto, aprimorar as armadilhas de oviposição, no que tange a técnica de contagem de ovos, para o formato automático, diferenciando em ovos viáveis, inviáveis e eclodidos, combinado com o uso de técnicas de análise de dados para o cruzamento de informações do histórico de contagem por cada região e fatores climáticos, ambientais e ações de combate, pode ser o melhor caminho para, de fato detectar precocemente a ocorrência de epidemias e surtos de arboviroses, auxiliando na tomada de decisões.

Até o momento foram concluídos o estudo das técnicas necessárias para a solução do problema proposto e a revisão de literatura. Imagens estão sendo adquiridas e armazenadas.

Os passos futuros são, avaliar o método proposto e investigar outras técnicas de contagem dos ovos presentes na paleta da ovitrampa.

6. Referências

V. C. Barros, A. C. L. Pacheco, L. M. Feitosa, J. S. Figueredo, F. Batista, I. P. Lima, and O. A. A. Barbosa, *Produtos naturais no combate ao mosquito Aedes aegypti*. Campinas: Atomo, 2019.

D. Gluber, "Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health social and economic problem in the 21st century" *trends in microbiology*, vol. 10, pp. 100-3, Março, 2002.

M. Glasser and C. Gomes, "Infestação do estado de São Paulo por aedes aegypti e aedes albopictus" *Revista de Saúde Pública*, vol. 34, pp. 570-577, Dezembro, 2000.

W. P. Santos, C. A. B. Mello, R. G. Mesquita, M. A. B. Rodrigues, A. L. B. Candeias e C. M. G. Gusmão, "Um algoritmo para contagem automática de ovos do mosquito aedes aegypti em ovitrampas para controle da dengue" in *XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica*, pp. 1507-1510, Janeiro, 2008.



RELATÓRIO DE ATIVIDADES – PROGRAMAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPI

G. Gusmão, S. C. S. Machado and Marco A. B. Rodrigues, “A New Algorithm for Segmenting and Counting Aedes Aegypti Eggs in Ovitrap”, in *31st Annual International Conference of the IEEE EMBS*, pp. 6714-6717, Setembro, 2009.

J. A. Sousa and A. C. Paiva, “Contagem Automática de Ovos de Mosquito da Dengue em Imagem de Ovitrapa”, in *V Jornada de Informática do Maranhão*, pp.1-4, 2014.

C. Santana, A. Firmo, R. Oliveira, P. Buarque, G. Alves and R. Lima, “A solution for counting aedes aegypti and aedes albopictus eggs in paddles from ovitraps using deep learning”, *IEEE Latin America Transactions*, vol. 17, no. 12, pp. 1987-1994, Dezembro, 2019.

P. S. C. Garcia, R. Martins, G. L. L. M. Coelho, and G. Cámara-Chávez, “Acquisition of digital images and identification of aedes aegypti mosquito eggs using classification and deep learning” in *2019 32nd SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and images (SIBGRAPI)*, pp.47-53, 2019.

MENEZES, Maira. *Estudo compara métodos para medir infestação por Aedes aegypti*. Instituto Oswaldo Cruz. Julho. 2014. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/ioc/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=2135&sid=32&tpl=printerview#:~:text=Em%20especial%2C%20a%20ovitrampa%20é,em%20todas%20as%20situações%20pesquisadas..> Acesso em: 12/03/2021.

JÄHNE, Bernd. *Digital Image Processing*. 6th revised and extended edition. Springer. 2005.

GRUS. Joel. *Data Science do Zero: PRIMEIRAS REGRAS COM O PYTHON*. Alta Books. 2016.

PARTE III – RELATO DE DEMAIS ATIVIDADES

Descrição (Seminários, Congressos, Artigos publicados, e outros)	Local (Realizado ou publicado)	Período (Data realizado ou publicado)