

Título do trabalho

Aplicação de Superpixel na Identificação de Larvas Necrofágicas de Dípteros

ACADÊMICO :Lucas Rodrigues de Lima – ra155305 e-mail: lukas6923@gmail.com

ORIENTADOR: Prof. Hemerson Pistori – rf 2987 e-mail: pistori@ucdb.br

COORIENTADORA: Ariadne Gonçalves –ra 823965 e-mail: ariadne.gon@gmail.com

Resumo

Na Entomologia Forense as larvas de moscas são utilizadas para estimar o intervalo post-mortem (IPM) através do seu tempo de desenvolvimento. A identificação de larvas constitui o primeiro passo para a prática forense e a conseqüentemente a estimativa do IPM. A identificação das larvas necrofágicas de dípteros é dificultada pelo fato que frequentemente apresentam morfologias muito similares. Uma alternativa para solucionar esse problema de forma rápida é o emprego de técnicas de visão computacional em conjunto com algoritmos de aprendizagem automática que juntos podem ser capazes de auxiliar no processo de automatização da identificação precisa e mais rápida de larvas necrofágicas de dípteros. Dentre elas, a técnica de superpixel demonstra ser interessante pela sua crescente utilização. Este trabalho tem como objetivo testar a eficácia da técnica de superpixel na classificação de imagens de larvas necrofágicas para sua inclusão em um software que pode ser utilizado pela pericia criminal.

1) Antecedentes e justificativas

A entomologia forense se baseia na utilização de artrópodes na solução de crimes, frequentemente aqueles ligados à morte violenta (LORD e STEVESSON, 1986; HALL, 2001). A entomologia forense utiliza os insetos encontrados em cadáveres para responder diversas perguntas junto às investigações criminais. Para isso, a correta identificação dos espécimes é fundamental, mas muito complicada de ser realizada em insetos imaturos (KOSMANN, 2009). No que diz respeito aos casos em que houve morte violenta, os insetos podem ser úteis nas investigações ao contribuir nos esclarecimentos quanto à identidade do morto, como se deu a morte, o lugar onde ocorreu, a causa, se foi natural, acidental ou criminal, e na estimativa do Intervalo Pós-Morte (IPM), que compreende o intervalo de tempo entre a data do óbito e a data em que o corpo foi encontrado (WOLFF *et al.*, 2001; OLIVEIRA-COSTA, 2011).

Desde os primeiros trabalhos sobre larvas necrofágicas e até trabalhos atuais ainda se faz uso da identificação das larvas utilizando chaves descritivas para as moscas adultas e microscopia óptica.

Segundo LIU e GREENBERG (1989) MENDONÇA *et al.* (2010) a microscopia óptica não fornece detalhes de características que poderiam ter um valor diagnóstico. Alguns autores têm relacionado à dificuldade de identificar as larvas usando microscopia de luz (OLIVEIRA *et al.*, 2007; Queiroz *et al.*, 1997), além dos problemas para armazenar as larvas até que se tornem moscas adultas para usar as chaves taxonômicas disponíveis (MENDONÇA, 2014).

Nestes contextos com a finalidade de automatizar e minimizar os custos do processo de identificação das larvas necrofágicas pode ser aplicada a Visão Computacional. As aplicações que utilizam visão computacional podem ser encontradas em diversas áreas, como física, biologia, indústria, forças armadas, entre outras. Como ilustração podemos citar: detecção de terroristas em aeroportos, através de reconhecimento de face (biometria), detecção de unidades inimigas ou mísseis teleguiados em aplicações militares e análise morfológicas em geral (MILANO D. & HONORATO L., 2010).

A tecnologia de visão por computador é hoje uma tecnologia sofisticada e comum de inspeção. Avanços em hardware resultaram em câmeras e equipamentos periféricos com maior sensibilidade, com mais capacidades menor custo financeiro e de utilização mais simples e incorporar em sistemas de controle. Avanços no processamento de imagem e métodos de classificação permitiram a rápida extração ou detecção de atributos em imagens digitais (ZION, 2012).

Uma das partes importantes nos trabalhos com Visão Computacional é a extração de atributos. Dentre os vários atributos que podem ser extraídos existem três que são utilizados atualmente. O Local Binary Patterns (LBP) como o próprio nome diz, tenta extrair características estruturais da imagem através de padrões binários locais. Isso é feito utilizando-se de histogramas locais, baseados na vizinhança dos pixels da imagem. Esse método tem sido muito utilizado em diversos tipos de aplicações devido à sua simplicidade computacional, permite analisar imagens em tempo viável e a seu alto poder descritivo, esse método tem sido muito utilizado em diversos tipos de aplicações. O LBP é definido como um conjunto de características de texturas em escala de cinza, cujos valores são calculados através de um valor binário atribuído a cada pixel da imagem, formando uma vizinhança linear de raio R ao redor do pixel principal posicionado em uma região central (GUEDES, 2010).

A matriz de co-ocorrência, proposta por HARALICK (HARALICK; SHANMUGAM, 1973), consiste num método para estimar as combinações de diferentes intensidades de cinza na imagem, possibilitando a caracterização das texturas nela presentes através de um conjunto de estatísticas de ocorrências de níveis de cinza. Seus parâmetros texturais são considerados como parâmetros estatísticos de segunda ordem por não serem derivados diretamente de dados das imagens (PHAM; ALCOCK, 1998). A ideia inicial do reconhecimento de texturas, assim como

outras atividades da área de análise de imagens, consiste em extrair da imagem algumas características que permitam realizar posteriormente um discernimento, uma tomada de decisão ou uma classificação (ALMEIDA, 2012). O HOG foi construído com base em outro algoritmo de seleção de características, denominado SIFT. Porém, há uma diferença crucial do algoritmo HOG em relação ao algoritmo SIFT, o HOG é um algoritmo denso, ou seja, não trabalha somente com alguns pontos chaves na imagem, mas sim considera uma região inteira (DALAL e TRIGGS, 2005).

Superpixel é uma técnica de segmentação de imagens que pode acelerar algoritmos que utilizam pixels, e até mesmo melhorar os resultados em alguns casos (FULKERSON, B. *et al*, 2009). Por exemplo, alguns algoritmos baseados em grafos pode se ver um aumento de velocidade de 2 a 3 vezes utilizando superpixels (LI, Y.Y., *et al*, 2004). Algoritmos de segmentação superpixel pode ser muito útil como uma etapa de pré-processamento para aplicações de visão de computador como o reconhecimento de classe de objeto e segmentação de imagens médicas. Para ser útil, tais algoritmos devem ter superpixels de alta qualidade de saída que são compactos e de forma com o mesmo tamanho, gerando uma baixa sobrecarga computacional (ou seja, exige menos esforço da memória RAM, do processador e dos demais componentes do computador) (RADHAKRISHNA A. *et al*, 2010).

Os algoritmos de superpixel capturam a redundância da imagem (que são repetições de padrões de pixels), para calcular características da imagem, e reduzir grandemente a complexidade das tarefas de processamento de imagem subsequentes (RADHAKRISHNA A. *et al*, 2011). Eles tornaram-se blocos de construção essenciais de muitos algoritmos de visão computacional (FULKERSON, B. *et al*, 2009, Y. YANG *et al*, 2010, STEPHEN G. *et al*, 2008).

Uma das formas de implementar a técnica de superpixel é utilizando o algoritmo SLIC, que segundo RADHAKRISHNA A. *et al* (2010) é simples de implementar e produz superpixels de qualidade melhor para um custo computacional muito baixo. Ele precisa apenas do número de superpixels desejados como o parâmetro de entrada e pode ser expandido linearmente até o custo computacional e uso de memória.

Segundo NEETHIRAJAN *et al*. (2007) O sistema automático ideal para detecção de pragas teria de ser levado a cabo juntamente com a gravação de informações diárias sobre cada espécie de inseto. Além disso, seria melhor se um sistema que fosse capaz de identificar a fase de desenvolvimento com base no tamanho, forma e cor dos insetos, além de discriminar entre qualquer material estranho, de tal maneira que possibilite integrar estes dados para um sistema de diagnóstico automático (SOLIS-SÁNCHEZ, 2008). Neste contexto, a visão de máquina, análise de imagem computadorizada foi demonstrado que tem um grande potencial para detecção e identificação dos insetos e fezes de roedores (SOLIS-SÁNCHEZ, 2008).

2) OBJETIVOS

Objetivo Geral

Validar um programa de computador para a identificação de imagens microscópicas de estruturas de larvas necrofágicas de dípteros, utilizando superpixel em conjunto com o algoritmo SLIC.

Objetivos Específicos

Testar a eficácia da técnica de superpixel na identificação de larvas necrofágicas de importância para biologia forense e perícia criminal.

Testar extratores de atributos e algoritmos classificadores para determinar os mais adequados.

Criar um banco de imagens diferenciado que otimize a utilização do superpixel.

3) REVISÃO DE LITERATURA

Entomologia forense é o estudo de insetos, dentre outros artrópodes, associados a questões criminais, sendo um instrumento útil na investigação de crimes (CATTS & GOFF, 1992). Entre as diversas aplicações da Entomologia na prática forense, a mais utilizada é a identificação de insetos envolvidos na decomposição de cadáveres para a estimativa do intervalo post-mortem (IPM), particularmente nos casos em que o ciclo de vida de insetos necrófagos é a única ferramenta disponível para estimar o IPM (PUJOL-LUZ *et al.*, 2008). Entretanto, a identificação de algumas espécies de insetos pode ser complicada por diversos fatores, mesmo para taxonomistas experientes, sobretudo dos espécimes mais comumente encontrados em cadáveres, estágios imaturos e pupários vazios (CATTS & GOFF, 1992).

Muitas espécies de dípteros utilizam carcaças de animais e cadáveres humanos como local de acasalamento, postura ou fonte proteica (SMITH, 1986). O conhecimento da sucessão da entomofauna cadavérica é altamente importante em estudos forenses, tendo em vista a estimativa do intervalo pós-morte (IPM) (OLIVEIRA-COSTA, 2011). A família Calliphoridae é uma das primeiras a colonizar o cadáver, além de ser a família com maior número de espécies estudadas, além do que, estudos da sua biologia podem ser aplicados às atividades forenses. Segundo Carvalho (2006) as moscas da família Calliphoridae são cosmopolitas, existem mais de 1000 espécies e cerca de 150 gêneros conhecidos. No Brasil, 12 espécies de califorídeos são apontadas como de interesse para a Entomologia Forense: *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819), *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) *Chrysomya putoria* (Wiedemann, 1818) *Cochliomyia macellaria* (Fabricius, 1775), *Hemilucilia segmentaria* (Fabricius, 1805), *Hemilucilia semidiaphana* (Rondani, 1850), *Phaenicia cuprina* (Wiedemann, 1830), *Phaenicia eximia* (Wiedemann, 1819), *Phaenicia sericata* (Meigen, 1826), *Mesembrinella bellardiana* Aldrich, 1922, *Paralucilia fulvinota* (Bigot, 1877) e *Sarconesia chlorogaster* (Wiedemann, 1830) (CARVALHO, S.L., 2006).

Os dípteros califorídeos são insetos holometábolos apresentando os seguintes estágios de desenvolvimento: ovo, larva (dividido em três instares ou estágios larvais), L1, L2 e L3), pupa e

adultos (SHEWELL, 1987). As larvas necrofágicas são importantes agentes decompositores de matéria orgânica eliminando do ambiente carcaças em estágio de decomposição e na medicina-legal contribuem para estimar o intervalo post-mortem (IPM) pela Entomologia Forense (CATTS & GOFF, 1992). Em larvas da família Calliphoridae os três instares larvais são muito semelhantes entre si e são determinados principalmente, pelo número de fendas do espiráculo posterior (COSTA, 2013). As principais mudanças que ocorrem ao longo do desenvolvimento estão relacionadas ao tamanho, às estruturas do esqueleto cefalofaríngeo e ao desenvolvimento dos espiráculos. Nas larvas da família Sarcophagidae ocorre a presença de tubérculos apenas no último segmento abdominal, ao redor da placa espiracular, geralmente em seis pares. A placa espiracular em profunda depressão constitui a principal característica que diferencia Sarcophagidae das demais famílias (COSTA, 2013).

Nas ciências forenses, as moscas varejeiras são úteis como fontes de informações em investigações criminais. Ao se determinar a idade da larva mais desenvolvida encontrada no cadáver ou acompanhar a sucessão ecológica de insetos específicos que se alimentam das carcaças é possível estimar o tempo mínimo de morte, também chamado de intervalo pós morte (IPM). Ao se comparar as espécies encontradas no corpo com a fauna local onde o corpo foi localizado e determinar se o cadáver foi removido do local original em que foi morto. (CATTS & GOFF, 1992; BYRD & CASTNER, 2001; DONAVAN *et al.*, 2006).

A visão computacional, segundo SZELISKI (2010), baseia-se em técnicas matemáticas para recuperar a forma tridimensional da imagem e a aparência de objeto. Aplicações utilizando visão computacional são encontradas em diversas áreas como robótica, medicina, física, biologia, indústria, entre outras. Visão computacional é a ciência responsável pela visão de uma máquina, pela forma como um computador enxerga o meio à sua volta, extraindo informações significativas a partir de imagens capturadas por câmeras de vídeo, sensores, scanners, entre outros dispositivos. Estas informações permitem reconhecer, manipular e pensar sobre os objetos que compõem uma imagem (BALLARD, 1992). Em visão computacional é composta por vários métodos dentre eles há a aprendizagem supervisionada, que a partir de instâncias fornecidas por um tutor externo produza hipóteses gerais que permitam fazer previsões futuras (KOTSIANTIS, 2007). Para que se realize tanto a aprendizagem supervisionada quanto as demais etapas da visão computacional se realiza o processo de segmentação. Este processo consiste em particionar uma imagem em regiões, ou objetos distintos. Este processo é geralmente guiado por características do objeto ou região, como por exemplo, cor ou proximidade (MAREGONI M. & STRINGHINI D., 2009).

O superpixel representa uma forma restrita de segmentar regiões, equilibrando os objetivos conflitantes de reduzir a complexidade da imagem através do agrupamento de pixels, evitando sub-

segmentação (X. REN and J. MALIK, 2003). Eles foram adotados principalmente por aqueles que tentam segmentar e classificar imagens de dados de treinamento marcados (ou seja algumas regiões das imagens são marcadas para que facilite o processamento das informações e consequente melhorar o treinamento do algoritmo) (X. HE, R. ZEMEL, and D. RAY, 2006; D. HOIEM *et al*, 2005; G. MORI *et al*; 2004). O superpixel permite a implementação de outros algoritmos conjuntamente, um deles é o algoritmo SLIC. O SLIC gera superpixels agrupando pixels com base na sua semelhança de cores e proximidade no plano da imagem. Isto é feito no espaço de cinco dimensões (LABXY), onde LAB é o vetor de cor do pixel no espaço de cor CIELAB, que é amplamente considerada como perceptivelmente uniforme para distâncias pequenas de cor, e XY é a posição de pixel na imagem. Enquanto a maior distância possível entre as duas cores no espaço CIELAB (assumindo imagens de entrada sRGB (é um sistema eletrônico de cores criado pela HP e Microsoft) é limitada, a distância espacial no plano XY depende do tamanho da imagem (RADHAKRISHNA A. *et al*, 2010).

4) METODOLOGIA

As larvas necrofágicas que serão utilizadas foram adquiridas através da utilização de um suíno como isca para atração das moscas para realizem a oviposição. Em seguidas larvas são levadas ao laboratório para serem higienizadas com água corrente, e colocadas em tubos do tipo Falcon contendo álcool e armazenadas em um ultra freezer a -80°C , onde permaneceram até serem retiradas para a observação do microscópio óptico. As larvas serão observadas sob microscópio óptico ZEISS Axio Scope A1 e identificadas até o nível taxonômico de espécie utilizando as metodologias propostas por SMITH (1986) e (COSTA (2013) . Após a identificação das larvas, o esqueleto cefalofaríngeo, os espiráculos e demais estruturas da morfologia externa que diferenciam uma espécie das outras serão fotografadas no zoom de 5x, utilizando o mesmo microscópio óptico que possui câmera integrada que permite gravar as imagens diretamente no computador. Seguidamente após a captura de cada imagem, a respectiva imagem será armazenada em uma pasta intitulada com o nome da estrutura a qual representa, tal pasta estará dentro de outra pasta da região da qual a imagem foi extraída (ventral/caudal, dorsal/caudal, lateral/caudal, ventral/cranial, ventral, dorsal/cranial, lateral/cranial) e essa pasta por sua vez estará dentro de outras pastas, da espécie e do instar (estágio de desenvolvimento larval que a larva se encontra) da larva que foi fotografada. E desta forma será montado o banco de imagens.

Após a construção do banco de imagens das larvas necrofágicas de dípteros será aplicada a técnica de superpixel utilizando o algoritmo SLIC que irá realizar a segmentação das imagens presentes em todas as imagens que compõem o banco utilizando os extratores de atributos que os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão para cada um dos canais nos espaços de cores RGB, HSV e CIELAB, matrizes de coocorrência (GLCM), Histogramas de Gradientes Orientados

(HOG), LBP (Local Binary Patterns) e momentos hu. Terminada a extração dos pontos de interesse ele gera um arquivo arff (arquivo de mineração de dados) que contém os pontos de interesse para cada pasta de cada estrutura. Esse arquivos arff de cada estrutura de cada espécie serão unidos utilizando o software BioVic construído pelo grupo INOVISÃO da Universidade Católica Dom Bosco, dessa forma obteremos um arff para cada espécie e para cada instar (instar 2 e instar 3). Desta maneira o algoritmo fará a classificação em duas fases primeiramente classificará o instar e com as informações do instar classificará a espécie.

As larvas necrofágicas possuem um quantidade maior de características em duas regiões, a região encefálica e a região caudal. Considerando esta informação os atributos serão extraídos de forma gerar arquivos arff para as características das duas regiões de forma distinta, para que seja possível treinar o algoritmo para associar os dois tipo de informação. Com os arff's unidos serão realizados testes com os algoritmos classificadores Adaboost, Randon Forest, Randon Tree e SMO, com o intuito de saber qual dos classificadores interpreta melhor os atributos contidos nos arff's gerados pelos extratores de atributos citados acima e segmentados utilizando a técnica de superpixel. Seguido de testar estatísticos para comprovar o desempenho da técnicas de superpixel e dos algoritmos classificadores Adaboost, Randon Forest, Randon Tree e SMO.

5 CRONOGRAMA

As atividades relacionadas a este plano trabalho serão realizada, de agosto de 2016 a julho de 2017, além do acompanhamento de revisão bibliográfica, análise dos dados obtidos e redação de trabalhos científicos para publicação.

| Etapas | Ano 2016/2017 | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J |
| Revisão bibliográfica | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Triagem, fotografia das larvas e montagem do banco de imagem | x | x | x | x | | | | | | | | |
| Testar das técnicas de extração de atributos | | | | | x | x | x | | | | | |
| Testar algoritmos classificadores | | | | | | | | x | | | | |
| Testes estatísticos | | | | | | | | | x | | | |
| Correções | | | | | | | | | | x | x | |
| Publicação | | | | | | | | | | | | x |

6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALMEIDA, S.T., Batista, C.E., Algoritmo para detecção de boca em faces humanas usando matriz de co-ocorrência e SVM, 2012.

BALLARD, DANA H., Computer Vision, Prentice-Hall, 1982.

BYRD, J.H. & CASTNER, J.L. (2001) Insects of Forensic Importance. In: Forensic Entomology

The utility of arthropods in legal investigations, pp. 43-80. CRC Press, USA.

CARVALHO, S.L. Redescricao das larvas de terceiro instar de cinco especies de dípteros Califorídeos (INSECTA, DIPTERA) de importância para Entomologia Forense. Dissertação Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade de Brasília. 2006.

CATTS & Goff, Forensic Entomology in Criminal Investigations, 1992.

FULKERSON, B., VEDALDI, A., SOATTO, S.: Class segmentation and object localization with superpixel neighborhoods. ICCV, 2009.

COSTA, O.J. Insetos "peritos" A entomologia Forense no Brasil Ed. Millenium. 1a edição. 2013. p.83-101.

DALAL, N.; TRIGGS, Histograms of oriented gradients for human detection. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. p. 886–893.

DONAVAN, S.E., Hall, M.J.R., Turner, B.D. & Moncrieff, C.B. (2006) Larval growth rates of the blowfly, *Calliphora vicina*, over a range of temperatures. *Medical and Veterinary Entomology*, 20, 106-114.

GUEDES, M., Rafael, A., Guimarães, L.V Sistema de identificação de íris utilizando Local Binary Pattern e Random Forest, 2010.

HALL RD (2001) Perceptions and status of forensic entomology, p. 1 - 18. In: Byrd, J.H. and J.L. Castner (eds). *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. Boca Raton. CRC Press LLC. 418p.

KOSMANN C (2009) Código de barras (DNA barcode) de dípteros de interesse forense. Dissertação (mestrado em ciências biológicas) – Setor de ciências biológicas Biologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

KOTSIANTIS S.B., Supervised Machine Learning: A Review of Classification Techniques. Em Proceeding of the 2007 conference on Emerging Artificial Intelligence Applications in Computer Engineering: Real World AI Systems with Applications in eHealth, HCI, Information Retrieval and Pervasive Technologies, páginas 3–24. IOS Press. Citado na pág. 1, 3, 5, 10, 2007.

LI, Y., SUN, J., TANG, C.K., SHUM, H.Y.: Lazy snapping. SIGGRAPH, 303–308, 2004.

Radhakrishna Achanta, Appu Shaji, Kevin Smith, Aurelien Lucchi, Pascal Fua, e Sabine Süsstrunk, CARIT superpixels, EPFL Técnico Denunciar 149300, 2010.

MAREGONI M. & STRINGHINI D., Tutorial: Introdução à Visão Computacional usando OpenCV, 2009.

MILANO D. & HONORATO L., VISÃO COMPUTACIONAL, UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, FT – Faculdade de Tecnologia, 2010.

OLIVEIRA-COSTA, J. Entomologia Forense – Quando os insetos são vestígios. 3 ed. São Paulo:

Millennium, 520 p. 2011.

NEETHIRAJAN S, KARUNAKARAN C, JAYAS DS, WHITE ND, 2007. Detection techniques for stored-product insects in grain. *Food Cont.* 18, 157–162.

PHAM; ALCOCK, ALGORITMO PARA DETECÇÃO DE BOCA EM FACES HUMANAS USANDO MATRIZ DE CO-OCORRÊNCIA E SVM, 1998

PUJOL-LUZ, J. R.; ARANTES, L. C.; CONSTANTINO, R. Cem anos da Entomologia Forense no Brasil (1908-2008). *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 52, p. 485-492, 2008.

RADHAKRISHNA ACHANTA, APPU SHAJI, KEVIN SMITH, AURELIEN LUCCHI, PASCAL FUA and SABINE SÜSTRUNK, SLIC Superpixels Compared to State-of-the-art Superpixel Methods, 2011.

SOLIS SÁNCHEZ, L. O., Machine vision algorithm for whiteflies, 2008.

SMITH K.G.V, A manual of forensic entomology. London: British Museum, Natural History (1986).

STEPHEN GOULD, JIM RODGERS, DAVID COHEN, GAL ELIDAN, and DAPHNE KOLLER. Multi-class segmentation with relative location prior. *International Journal of Computer Vision (IJCV)*, 80(3):300–316, 2008.

SHEWELL, G. E. Calliphoridae. In: MC ALPINE, J. F.; PETERSON, B. V.; SHEWELL, G. E.;1987.

SZELISKI, R. *Computer Vision: Algorithms and Applications.* , 2010. Pg.1-100.

WOLFF, M.; URIBE, A.; ORTIZ, A.; DUQUE, P. A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. *Forensic Science International*, v. 120, n. 1, p. 53-59, 2001.

Y. YANG, S. HALLMAN, D. RAMANAN and C. FAWLKES, Layered Object Detection for Multi-Class Segmentation. In *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2010.

X. REN and J. MALIK. Learning a classification model for segmentation. *IEEE ICCV*, pp. 10–17, 2003.

X. HE, R. ZEMEL, and D. RAY. Learning and incorporating top-down cues in image segmentation. *ECCV*, vol. 1, pp. 338–351, 2006.

ZION, *The Use of Computer Vision Technologies in Aquaculture A Review*, 2012.