

UM MÉTODO PARA REALCE DE IMAGENS SUBAQUÁTICAS ADQUIRIDAS EM RIOS DA AMAZÔNIA

Aielk E. G. ALMEIDA (1); Marcelo P. OLIVEIRA (2) José P. QUEIROZ-NETO (3)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - Campus Manaus Distrito Industrial
Av. Governador Danilo Areosa, SL01 – Distrito Industrial CEP: 69075-350 - Manaus / Amazonas

(1) e-mail: aielkesoj@gmail.com (3) e-mail: pinheiro@ifam.edu.br

(2) Universidade Federal do Amazonas – UFAM/ Faculdade de Tecnologia Av. General Rodrigo Octávio, Sn –
Coroadó – Manaus/AM, email: mpo250380@gmail.com

RESUMO

Imagens subaquáticas sofrem perdas de informações em consequência das características da luz interagindo com o meio. O problema se agrava dependendo das características de turbidez da água, como no caso de rios da Amazônia. O presente trabalho propõe o desenvolvimento de um método capaz de minimizar os efeitos de perda de contraste em imagens subaquáticas de alta turbidez. O método utiliza a operação de equalização de histograma para a imagem no espaço de cores RGB, combinado com um esticamento de níveis (stretch) para a imagem no espaço de cores HSI equalizada, possibilitando a melhoria de imagens subaquáticas sem o controle manual de valores. O trabalho apresenta uma experimentação prática com imagens obtidas em rios da Amazônia, cujos resultados demonstram seu grau de realce neste tipo de imagem subaquática.

Palavras-chave: realce de imagens, imagens subaquáticas, visão computacional

1. INTRODUÇÃO

O uso de imagens nas diversas áreas da pesquisa científica tem se tornado cada dia mais presente. Existem diversas áreas da ciência que necessitam da utilização destas técnicas, tais como, medicina, biologia, automação industrial, sensoriamento remoto, astronomia, microscopia, artes, área militar, arqueologia, segurança, vigilância e outros.

Na maioria dessas áreas, o estudo da visão computacional é relacionado a meios transparentes como o aéreo, que algumas vezes podem possuir névoa, neblina, chuva, fumaça e granizo ou outros efeitos que degradem a imagem adquirida. Entretanto, o estudo deste trabalho tem foco em imagens adquiridas nos ambientes subaquáticos, onde os fatores negativos, decorrentes principalmente das propriedades da luz que interage com o meio, causam degradação da qualidade da imagem.

As imagens subaquáticas são tipicamente menos definidas que a maioria das imagens adquiridas na atmosfera, pois estão sujeitas à forte influência das partículas em suspensão no meio líquido onde a luz se propaga (YITZHAKY, DROR, KOPEIKA, 1998). Em imagens subaquáticas a perda de informação é devida, principalmente, à luz que interage com o meio, onde suas características de atenuação e dispersão provocam perdas significativas no contraste da imagem como podemos verificar na Figuras 1.



Figura 1. Imagem obtida em um Igarapé (rio que nasce na floresta amazônica) a 40Km de Manaus, com objetos previamente posicionados, onde se observa que quanto maior a distância dos objetos ao sensor, maior a perda de contraste devido à interação da luz na água turva

Um dos principais problemas para a restauração de imagens subaquáticas em água turva é a carência de modelos que expliquem a interação da luz com o meio e que consigam minimizar, os problemas de perda de contraste nas imagens, características da luz no meio.

Em diversas áreas e tarefas a utilização da visão computacional para detectar informações em ambientes subaquáticos torna-se muito útil, são bons exemplos o gasoduto Coari- Manaus, monitoração da qualidade da água, identificação e avaliação da fauna e flora aquática (LURIA, KINNEY, 1970; NEGAHDARIPOUR, YU, 1995; CACCIA, 1999; TRUCCO, MURINO, 2000).

Os trabalhos que necessitam da visão computacional para ambientes subaquáticos, ou que utilizam robôs autônomos para capturar informações neste tipo de ambiente, são muito prejudicados em relação à qualidade das imagens, pois à medida que a profundidade aumenta (fator crucial para uma boa amostra) a qualidade torna-se mais crítica (vide Figura 1), devido à atenuação da luz e ao aumento da dispersão. O problema tratado neste trabalho é minimizar o ruído provocado por partículas em suspensão, e os problemas decorrentes da luz como atenuação e dispersão.

Baseando-se na perda do contraste da imagem (GONZALEZ, WOODS, 2000), muitos trabalhos usam filtros e técnicas de processamento de imagens digitais para minimizar a perda de contraste em imagens adquiridas. Porém, dependendo do nível de turbidez da água estes métodos melhoram razoavelmente as informações, e esta melhora acontece em uma distância média, ou seja, para distâncias menores em relação à cena há um aumento de contraste, mas em distâncias maiores não é possível obter a melhoria, o que não torna este método genérico.

O modelo apresentado em (NARASIMHAN, NAYAR, 2001) propõe um algoritmo de propagação de luz em atmosferas não ideais, que é utilizado para melhorar as imagens adquiridas nesse meio, porém esse modelo não descreve de maneira precisa o comportamento em meios líquidos, pois necessita de duas imagens da mesma cena obtidas sob o mesmo ponto de vista, mas em condições diferentes de propagação da luz no meio. Nos meios líquidos as características dinâmicas das cenas mudam muito mais rapidamente do que o ajuste do filtro de polarização, usado para captar imagens de maior ou pior qualidade da cena, o que não tornava o método eficaz para os problemas do meio líquido.

Em (QUEIROZ-NETO, 2006) é proposto outro método para restaurar imagens subaquáticas, sendo conhecidos os parâmetros do modelo de propagação da luz na água, onde o autor utiliza um par estéreo de imagens para extrair um mapa de disparidades que calcula as distâncias em espessura d'água de cada ponto da cena à câmera e assim consegue recuperar as imagens. A metodologia proposta possui algumas limitações, pois requer uma calibração radiométrica cuidadosa de ambas as câmeras e dos parâmetros do modelo de propagação da luz na água, que pode ser difícil de conseguir em situações externas a de um laboratório.

Em (IQBAL, et al, 2006), considerando que as características da luz interagem com o meio, baseia-se no fato de que essas características ocasionam uma coloração que domina a imagem. Então, propôs uma abordagem baseada no esticamento (*stretch*) da imagem de duas formas que se complementam. A primeira utiliza um *stretch* de histograma para as bandas RGB, a fim de melhorar o contraste da imagem colorida e a segunda utiliza-se um *stretch* para uniformizar o modo HSI das imagens a fim de aproximar da cor verdadeira e resolver o problema das características da luz. Este trabalho influenciou fortemente a proposta aqui apresentada, sendo que o mesmo necessita que sejam estabelecidos os parâmetros do *stretch*, ao passo que a proposta aqui apresentada visa fazer a restauração automaticamente.

O objetivo desta pesquisa é desenvolver um aplicativo rápido e de fácil utilização para melhoria de imagens subaquáticas adquiridas em rios da Amazônia, que são negativamente influenciadas pelo meio.

Este trabalho visa contribuir com o trabalho de robôs autônomos para áreas ambientais de sensoriamento na Amazônia.

2. METODOLOGIA PROPOSTA DO MÊTODO DE REALCE

Com o objetivo de realçar as imagens subaquáticas, considerando um meio de alta turbidez e baixa luminosidade, o método escolhido é fortemente baseado no método de (IQBAL, et al, 2006) e diferencia-se por não necessitar de valores manuais para realce da imagem, utilizando equalização de histograma.

A metodologia para realçar imagens subaquáticas segue os passos descritos na Figura 2, que descreve as principais etapas da pesquisa.

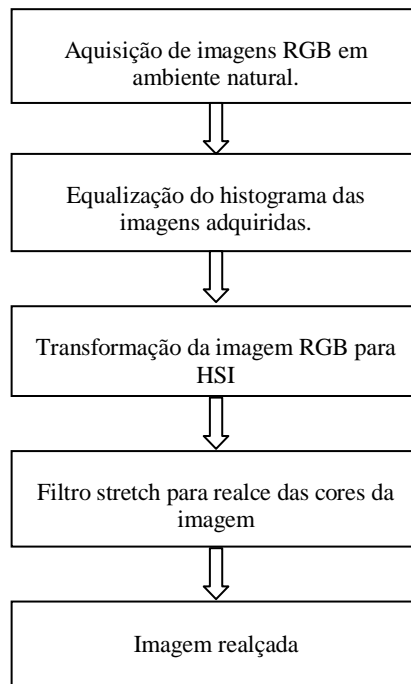


Figura 2. Fluxograma do método utilizado para realce de imagens subaquáticas

Na primeira fase do método são adquiridas imagens subaquáticas no formato RGB, para o qual se faz necessário o uso de uma câmera subaquática ou uma câmera comum com um invólucro a prova d'água. As imagens podem ser adquiridas para objetos posicionados a distâncias variáveis ou à uma distância média em ambientes controlados ou na própria natureza.

Na fase seguinte a imagem sofre a operação de equalização por histograma para reduzir a perda de contraste na imagem. Ainda que essa técnica não seja a solução para restaurar o contraste em uma imagem cujo efeito da perda é não linear, é suficiente para minimizar os efeitos da água turva na imagem e tornar o contraste suficiente para as fases seguintes.

A próxima fase consiste em transformar a imagem no formato RGB, já equalizada, para o formato HSI, isto por que este formato facilita a aplicação de um filtro que permita a melhoria das cores na imagem.

E na ultima fase é aplicada uma função de transformação capaz de esticar a saturação e valores de intensidade do modelo de cores HSI. Usando os parâmetros de saturação, pode-se obter a verdadeira cor da imagem subaquática. A função utilizada é a mesma dada em [9], dada na Equação 1.

$$P_o = (P_i - c) \cdot (b - c) / (d - c) + a \quad [\text{Eq.01}]$$

Onde,

P_o é o valor do pixel normalizado;

P_i é o valor atual do pixel;

a é o valor mínimo do intervalo considerado;

b é o valor máximo do intervalo considerado;

c é o menor valor de pixel presente na imagem;

d é o maior valor de pixel presente na imagem.

Finalmente, a imagem em HSI é convertida para RGB e a imagem está disponível para ser utilizada.

3. DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO E RESULTADOS

Como prova de conceito do método proposto, foram desenvolvidos experimentos em ambiente de rios da Amazônia, sendo um controlado e outro não. Em ambos os casos utilizaram-se para captura de imagens uma câmera subaquática, DIG Sanyo WH1 que captura imagens até uma profundidade de 3 metros. Os trabalhos de campo foram realizados em igarapés e afluentes do Rio Negro, o primeiro a 30Km de Manaus em um sítio particular, e o segundo a 80Km de Manaus em um hotel de selva em plena floresta.

O método foi implementado utilizando as linguagens C e C++ e a biblioteca *FreeImage* com licença GLP. A máquina utilizada foi um Pentium V em uma plataforma Windows XP.

No experimento controlado foram utilizados objetos similares previamente dispostos e fixados em uma bancada de madeira, de modo que todos pudessem encontrar-se no campo de visão da câmera, seguindo um padrão de distancia (40 cm) do 1º objeto a câmera e a mesma distância entre cada objeto, como mostrado na Figura 3. A bancada (tábua) foi submersa manualmente, suportes laterais foram feitos para que a tábua pudesse ser controlada sem interferir na imagem.



Figura 3. Imagem na superfície do Igarapé

A Figura 4 apresenta a imagem da cena submersa no igarapé, onde o nível de turbidez da água é alto, devido à grande quantidade de partículas em suspensão, e a Figura 5 apresenta a imagem realçada após o uso do método proposto neste trabalho.



Figura 4. Imagem submersa a 1,2m de profundidade



Figura 5. Imagem realçada utilizando o método proposto

Para verificar o campo de visão dos objetos similares foram feitos três experimentos na superfície controlando a distância do primeiro objeto à câmera. Para verificar a robustez do método e o nível de realce em diversas situações o conjunto bancada/objetos foi submerso em diferentes distâncias e profundidades,

como mostrado na Tabela 1. Observou-se que quanto maior a profundidade, maior a degradação da imagem e, comparando relativamente à imagem degradada com o resultado obtido, melhor o método.

Tabela 1 – Relação de parâmetros dos experimentos controlados

Experimento	Profundidade	Distância objeto - câmera
1º Experimento	22 cm	45 cm
2º Experimento	28 cm	52 cm
3º Experimento	41 cm	50 cm
4º Experimento	0 cm (superfície)	45 cm
5º Experimento	0 cm (superfície)	52 cm
6º Experimento	0 cm (superfície)	67 cm
7º Experimento	1,2m	50 cm

É possível observar que o método obtém resultados medianos quando os objetos estão separados entre si por distâncias distintas. Isto era previsto em função da não linearidade da degradação. O resultado não inviabiliza o uso do método em cenas com objetos em distâncias distintas e ou similares, como visto no próximo experimento (não controlado).

Utilizando uma câmera subaquática modelo Sony com autonomia de até 3m de profundidade, foram produzidos filmes livremente neste ambiente não controlado, simplesmente navegando com a câmera ao longo do leito do rio. Com isto, foi possível extrair imagens dos filmes obtidos, que serviram de imagens de teste para o método desenvolvido, como a Figura 6. Estas imagens foram capturadas no Rio Tarumã, afluente do Rio Negro, a 80Km de Manaus.



Figura 6. Imagem subaquática in natura

Dentre as imagens escolheu-se uma que apresenta uma planta não identificada e submersa no leito no rio, com a imagem com o baixo contraste inerente ao meio, e cujos resultados são dados a seguir.

A Figura7 apresenta as bandas RGB da imagem de teste adquirida, com o respectivo histograma pra facilitar a percepção do baixo contraste. A Figura 8 a apresenta a imagem, também por banda e com os histogramas, após a aplicação do método proposto neste trabalho.

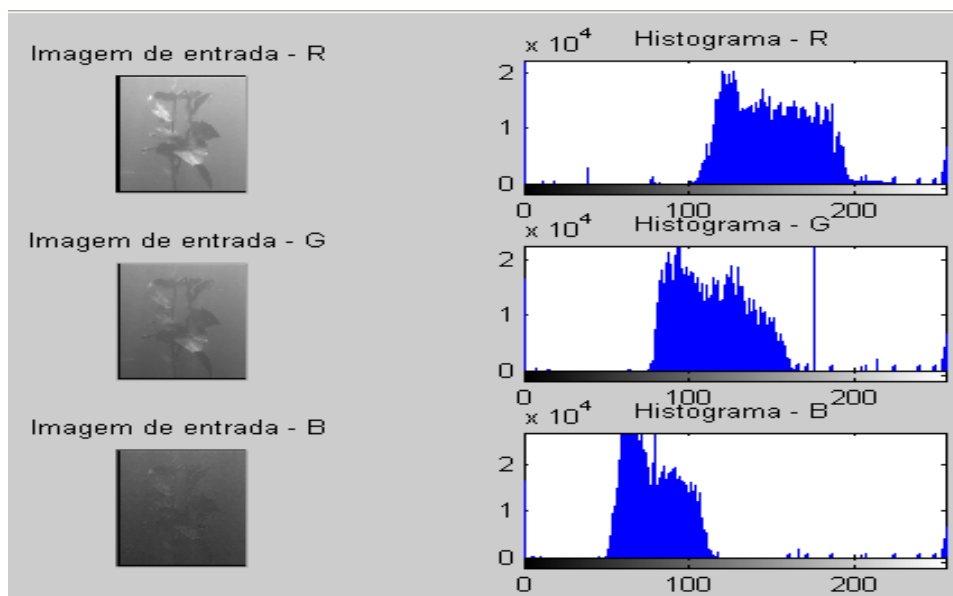


Figura 7. Imagem de entrada separada em bandas e seus respectivos gráficos de histograma

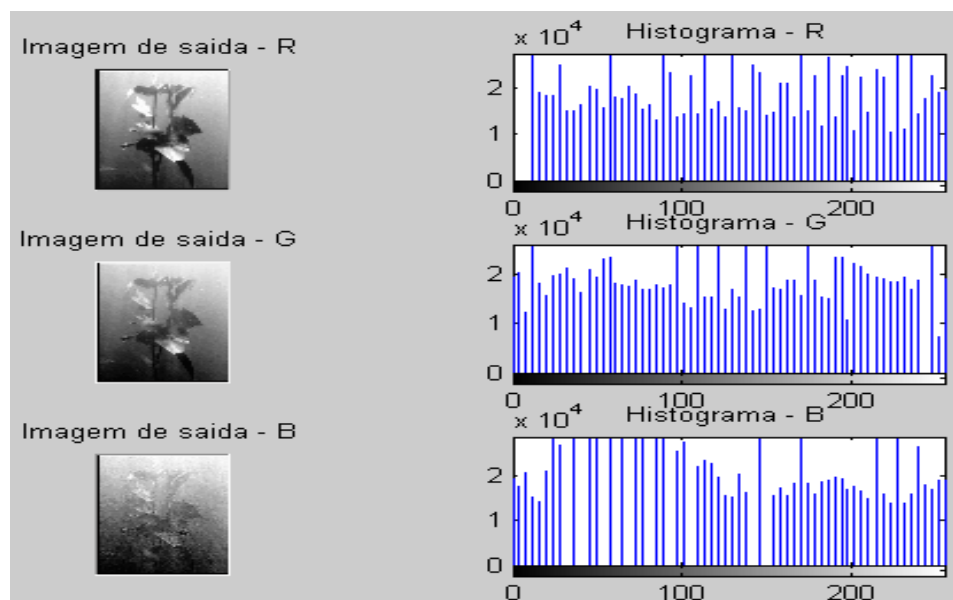


Figura 8. Imagem de saída separada em bandas e seus respectivos gráficos de histograma equalizado

As Figuras 9 e 10 apresentam a comparação da imagem original em cores e a imagem realçada depois de aplicado o método. É possível observar que, diferente do experimento anterior, o resultado foi considerado consistente, ainda que sob uma avaliação visual e subjetiva, e foi obtido de maneira rápida e simples.



Figura 9 - Imagem de entrada e imagem de saída após o método



Figura 10 - Imagem de entrada e imagem de saída após o método

Em comparação com outros algoritmos existentes da área, este método apresenta melhora significativa em relação à facilidade de se utilizar imagens subaquáticas quaisquer, sem a necessidade de modificações ou determinações manuais de parâmetros de filtros.

4. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou uma proposta de um método de realce de imagens subaquáticas, que possui resultados de melhoria de qualidade das imagens significativos, do ponto de vista de uma avaliação visual e subjetiva, e apesar das limitações na remoção de efeitos que são não lineares, funcionou bem para imagens que possuem uma distância controlada em relação ao sensor (câmera), e que configura a maioria dos casos que se deseja obter do ponto de vista de sensoriamento para fins de aplicações ambientais.

Apesar das limitações, a simplicidade do método permite uma solução com um custo computacional baixo, indicado para sistemas que necessitam do realce das imagens em tempo real.

Este trabalho é parte integrante de um projeto de pesquisa na área de restauração de imagens subaquáticas em rios da Amazônia, e pretende servir como estágio inicial para o desenvolvimento de um sistema implementado em hardware e embarcado em um mini-submarino para sensoriamento remoto com fins ambientais.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPEAM pelo auxílio através do Programa de Incentivo à Pesquisa Tecnológica – PIPT, bem como ao Sr. José Nildo Silva, que cedeu o sítio para aquisição das imagens do primeiro experimento.

REFERÊNCIAS

YITZHAKY, Y.; DROR, I.; KOPEIKA, N. S. **Restoration of atmospherically blurred images according to weather- predicted atmospheric modulation transfer functions**. Optical Engineering, 1998.

LURIA, S. M.; KINNEY, J. A. **Underwater vision**. Science, 1970.

NEGAHDARIPOUR, S.; YU, C. **Underwater Robotic Vehicles**. Design and control. TSI Press, 1995.

CACCIA, M. **Vision for estimating the slow motion of unmanned underwater vehicles**. Preliminary studies carried out in the framework of a CNR-NATO Grant., 1999.

TRUCCO, A.; MURINO, V. Guest editors' introduction. **Special Issue on Underwater Computer Vision and Pattern Recognition**, 79(1), 2000.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento Digital de Imagens**. São Paulo: Blucher, 2000.

NARASIMHAN, S. G.; NAYAR, S. K. **Removing weather effects from monochrome images**. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, volume2, pages186–193, 2001.

QUEIROZ-NETO, J. P. **Restauração de Imagens Subaquáticas Utilizando Visão Estéreo**. In: I Jornada Nacional da Produção Científica em Educação Profissional e Tecnológica, 2006, Brasília. I Jornada Nacional da Produção Científica em Educação Profissional e Tecnológica, 2006.

IQBAL, K.; SALAM R. A.; OSMAN A.; TALIB A. Z. **Underwater Image Enhancement Using an Integrated Colour Model**. In IAENG International Journal of Computer Science, 34:2, IJCS_34_2_12., 2006.