

# ANÁLISE NUMÉRICA DE COR E FORMA SOB LUZ QUASE MONOCROMÁTICA

**Fabiana R. Leta**

Universidade Federal Fluminense  
R. Passo da Pátria, 156  
fabiana@ic.uff.br

**Márcia M. P. Velloso**

Universidade Federal Fluminense  
R. Passo da Pátria, 156  
marcia@pimentavelloso.org

**Márcia A. da Silva**

Companhia Municipal de Energia e Iluminação - PMRJ  
R. Afonso Cavalcanti, 455/9º andar  
marciaasilva.IPLAN@pcrj.rj.gov.br

## Resumo

O ser humano caracteriza-se por possuir visão binocular, de cujos dados obtidos através de duas imagens – uma de cada olho, obtém os parâmetros para a construção da visão tridimensional no cérebro. Para a formação da terceira dimensão, é necessário garantir a aquisição de dados compatíveis e confiáveis. A eficácia do desempenho desta tarefa irá depender não só das características psicofísicas do observador e de suas experiências vividas, mas da qualidade de informações que a iluminação irá prover. A perspectiva visual de um objeto, resulta da percepção do contraste luminoso entre este e o seu entorno. O contraste na cena observada permite perceber diferenças entre objetos com diferentes distâncias, com cores distintas e formas variadas. É o elemento sinalizador de informações, ressaltando para o observador dados essenciais para a segura identificação do que está sendo visto. A iluminação estabelece uma conexão entre os sensores humanos e a cena observada. Na ausência total de luz, o sistema visual não consegue reconhecer a existência do ambiente que o cerca. A qualidade e as características da tecnologia usada para iluminar este ambiente são fatores determinantes da eficiência com que o mecanismo de visão irá processar as informações por ele captadas. O tipo de iluminação adotada irá proporcionar ao seu usuário, diferentes níveis de distinção dos elementos que compõe seu caminho. Reconhecer limites entre calçadas e ruas, perceber linhas de contorno de objetos e sombras, localizar buracos e obstáculos, identificar pessoas, são resultados do processamento cerebral da imagem de cuja qualidade depende a segurança do deslocamento do usuário de um sistema de iluminação. Esta pesquisa foi direcionada para a aplicação de diversas técnicas de processamento digital de imagem analisando os parâmetros de contraste, contorno, sombra e cor de uma cena iluminada com lâmpada Multivapor Metálica e Vapor de Sódio com o objetivo de verificar a percepção tridimensional de objetos sob os dois iluminantes em estudo.

**Palavras-Chaves:** Percepção espacial; Seleção de iluminantes; Segurança de tráfego; Segurança industrial; Cor.

## Abstract

The human being is characterized for possessing binocular vision, whose data gotten through two images - one of each eye, gets the parameters for the construction of the three-dimensional vision in the brain. For the formation of the third dimension, it is necessary to

guarantee the acquisition of compatible and trustworthy data. The effectiveness of the performance of this task will go to, not only depend on the psychophysics characteristics of the observer and its lived experiences, but of the quality of information that the illumination will go to provide. The visual perspective of an object, results of the perception of the luminous contrast between this and its flow. The contrast in the observed scene allows to perceive differences between objects with different distances, with distinct colours and varied forms. It is the element beeper of information, standing out for the observer given essential for the insurance identification of that he is being seen. The illumination establishes a connection between the human sensors and the observed scene. In the total absence of light, the visual system does not obtain or recognize the existence of the environment that the fence. The quality and the characteristics of the used technology to illuminate this environment are determinative factors of the efficiency with that the vision mechanism will go, to process the information for it caught. The type of adopted illumination will go to provide to its user, different levels of distinction of the elements that its way composes. To recognize limits between sidewalk and streets, to perceive lines of object contour and shades, to locate holes and obstacles, to identify people, they are resulted of the cerebral processing of the image whose quality depends the security on the displacement of the user of a lighting system. This research was directed for the application of diverse techniques of digital processing of image having analysed the parameters of contrast, contour, shade and colour of a scene illuminated with Metallic light bulb Multivapour and Sodium Vapour with the objective to verify the three-dimensional object perception under the two lighting ones in study.

**Keywords:** 3D Perception; Lighting choice; Traffic safety; Industry safety; Color.

## 1. INTRODUÇÃO

Quando em movimento, a qualidade e a quantidade de informação visual dependente da definição de profundidade da cena observada no campo visual é de importante para garantir a segurança do deslocamento. O contraste entre objetos e a informação de contorno interferem na definição da rota e medidas a serem tomadas ao longo deste caminho.

Segurança e conforto são essenciais para movimentação no espaço. Neste sentido, a iluminação desempenha papel fundamental. Sua correta aplicação irá oferecer ao observador adequada visibilidade, permitindo identificar áreas de transição entre obstáculos, além de identificar objetos e pessoas que se aproximam ou que transitam no entorno.

A cor desempenha papel relevante no processo de reconhecimento de informações visuais, e sua falta limita a recepção de muitas informações. Evidências neurofisiológicas, neuropsicológicas e comportamentais demonstram que a cor tem papel na visão primária e avançada. No estágio primário, a cor segmenta a complexa entrada de dados visuais em regiões coerentes, diferenciando objetos de seu fundo, constituindo-se em dado significante na organização visual de objetos e cenas tridimensionais (Gegenfurtner e Rieger, 2000). A cor evidencia a maneira pela qual se percebem e se reconhecem objetos no cotidiano (Biederman, 1988). A integração visual de contorno através de informações cromáticas ocorre com poucas interações em comparação com os baseados em informações acromáticas. Ou seja, a informação cromática propicia uma mais rápida definição sobre o objeto no processamento cerebral (Cavanagh, 1987).

Neste contexto, para avaliar o impacto dos iluminantes usuais, foram elaborados dois tipos de experimentos. O primeiro colheu informações através da aplicação de um questionário, que documenta a percepção de diversos observadores aos dois tipos de cenas produzidas no laboratório. O segundo avaliou através da aplicação de diversas técnicas de processamento digital de imagem, os parâmetros de contraste, contorno, sombra e cor de uma cena iluminada com lâmpada Multivapor Metálico (MVM) e Vapor de Sódio (VS). Neste artigo apresentam-se os resultados do segundo experimento, que podem auxiliar fabricantes, projetistas e administradores na definição da tecnologia de iluminação a ser adotada.

## 2. APARATO EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado no Laboratório de Metrologia Dimensional e Computacional da UFF. Foi projetada e construída uma caixa metálica de dimensões de 1,0m x 1,0m x 1,0m (1 m<sup>3</sup>) pintada com tinta preta fosca em seu interior, possuindo 3 lados fechados, dentro da qual foi montada a cena-experimento. Para quantificar a influência de dois tipos de iluminantes nos parâmetros de contraste, contorno, sombra e cor, foram feitas, na parte superior central da caixa, duas fendas para instalar respectivamente uma lâmpada de Vapor Sódio (VS), ovóide de 70W, e uma lâmpada de Multivapor Metálico (MVM), tubular de 70W, únicas responsáveis pela iluminação dos objetos.

Os testes realizados foram estáticos, podendo, portanto, compará-los à visão em baixa velocidade. Foram utilizados objetos de material plástico de cores intensas e localizações diferenciadas. Com o objetivo de oferecer dois tipos de fundo e contraste ao observador, foi adicionada uma folha de papel branco atrás de alguns objetos de parte da cena. A Fig. 1 mostra esta montagem. Os objetos escolhidos apresentam formas e cores variadas, de fácil identificação, permitindo uma visualização frontal, lateral, em ângulo, individual ou sobreposta (objeto frontal interrompendo parte da leitura da forma do objeto posterior), individual ou composta (objetos de cores variadas, encaixados uns sobre os outros).



**Figura 1 – Imagem do experimento para análise digital**

A coleta e quantificação destas informações foram feitas a partir de imagens obtidas por fotografias do experimento, através de uma câmera digital com resolução de 5Mpixels, apoiada sobre um tripé a 2,0m de distância da caixa-experimento.

## 3. IDENTIFICAÇÃO DE COR E FORMA POR MÉTODOS NUMÉRICOS

Considerando a importância da detecção de contraste, contorno, sombra e cor para construção da imagem tridimensional estudou-se a influência dos dois tipos de iluminação sobre a leitura destes parâmetros. Para tal, a escolha, a combinação e o posicionamento dos objetos teve a intenção de propiciar ao observador, uma variada gama de tipos de visão dos objetos utilizados, para que cada variante pudesse ter seu aspecto avaliado.

### 3.1. QUANTO À FORMA

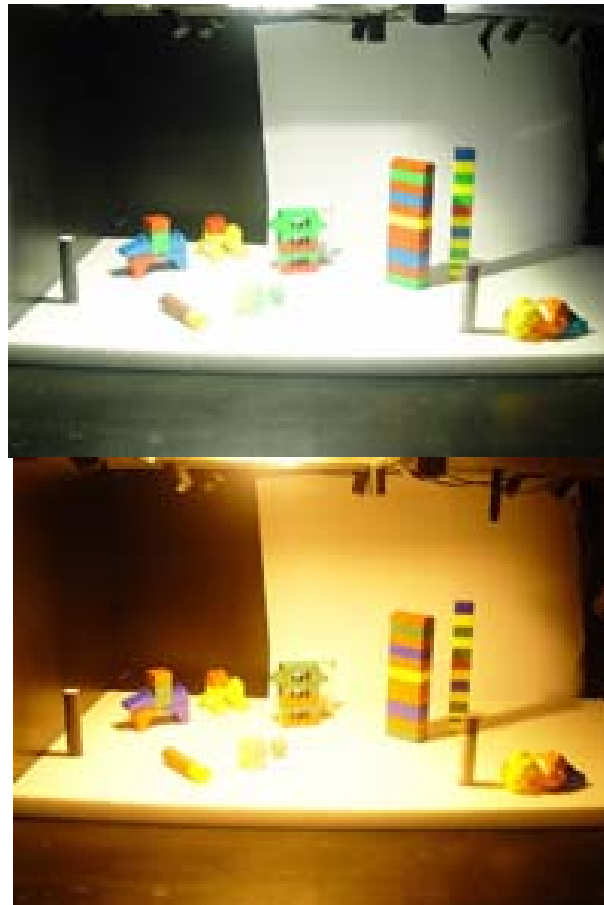
Foram escolhidos objetos variados tipos permitindo uma rápida identificação de suas formas e combinações. Alguns objetos foram posicionados com seus contornos e sombras perfeitamente visíveis, sem interferências: visão frontal, ou lateral, ou em ângulo, possibilitando visão do objeto em diferentes ângulos. Outros objetos tiveram parte de seu

contorno e sombra sobrepostos pela posição de outro. Neste caso, a posição de um objeto interrompe a leitura frontal e/ou lateral do posicionado atrás, interferindo no resultado final dos contornos e sombras desta combinação.

### 3.2. QUANTO À COR

Os objetos foram posicionados em fundo preto ou branco, oferecendo maior ou menor contraste. Foram montados objetos com variados tipos de cores e combinações, oferecendo maior variação de contraste com avaliação do impacto do iluminante sobre a percepção das cores.

A Fig. 2 apresenta a imagem da caixa iluminada alternadamente pelos dois tipos de lâmpada



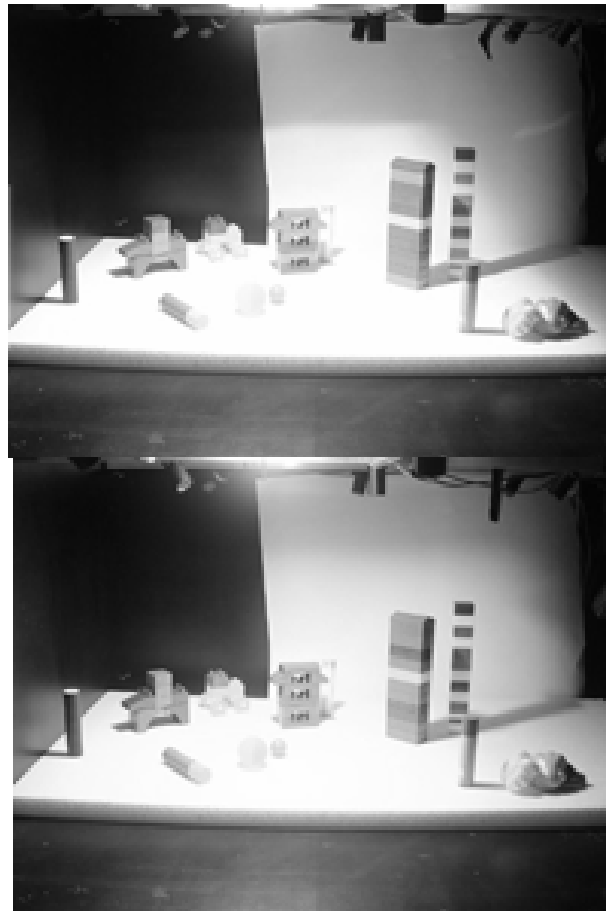
3.3. (A)

(B)

3.4. FIGURA 2 – IMAGEM DO EXPERIMENTO ILUMINADO COM LÂMPADA MVM (A) E VS(B)

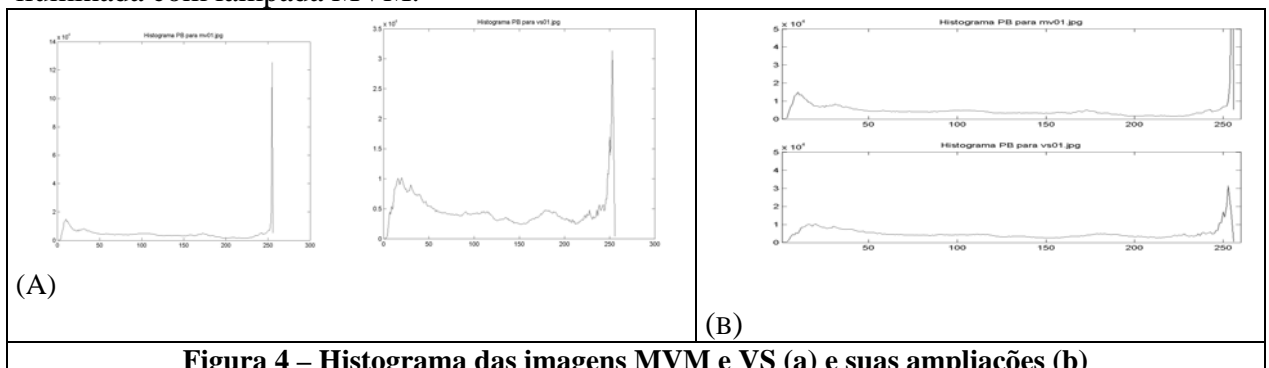
### 3.5. QUANTO AO CONTRASTE

Considerando que para esta avaliação não se considerou necessária a informação cromática, as duas imagens foram transformadas para tons de cinza, o que agilizou seu processamento. A Fig. 3 mostra as duas imagens da caixa iluminada em tons de cinza.



**Figura 3 – Imagens do experimento MVM(a) e VS(b) em tons de cinza**

Na avaliação de contraste, através do histograma da cena de cada iluminante, foi verificado que a amplitude dos tons de cinza maiores na escala de 0 a 255 (tons limítrofes), alcançam valores significativamente maiores para a cena iluminada com a lâmpada MVM comparada com a lâmpada VS. Esta diferença configura um contraste maior na cena iluminada com MVM. A Fig. 4 mostra que os menores valores de tom da escala possuem valores de freqüência próximos nas imagens MVM e VS, enquanto os maiores valores de tom na escala possuem freqüências diferentes nas duas imagens. Na imagem MVM o valor superior de tom da escala está em torno de  $13 \times 10^4$  e na imagem VS está em torno de  $3,5 \times 10^4$ . Esta diferença caracteriza uma imagem mais clara e com maior contraste para a cena iluminada com lâmpada MVM.



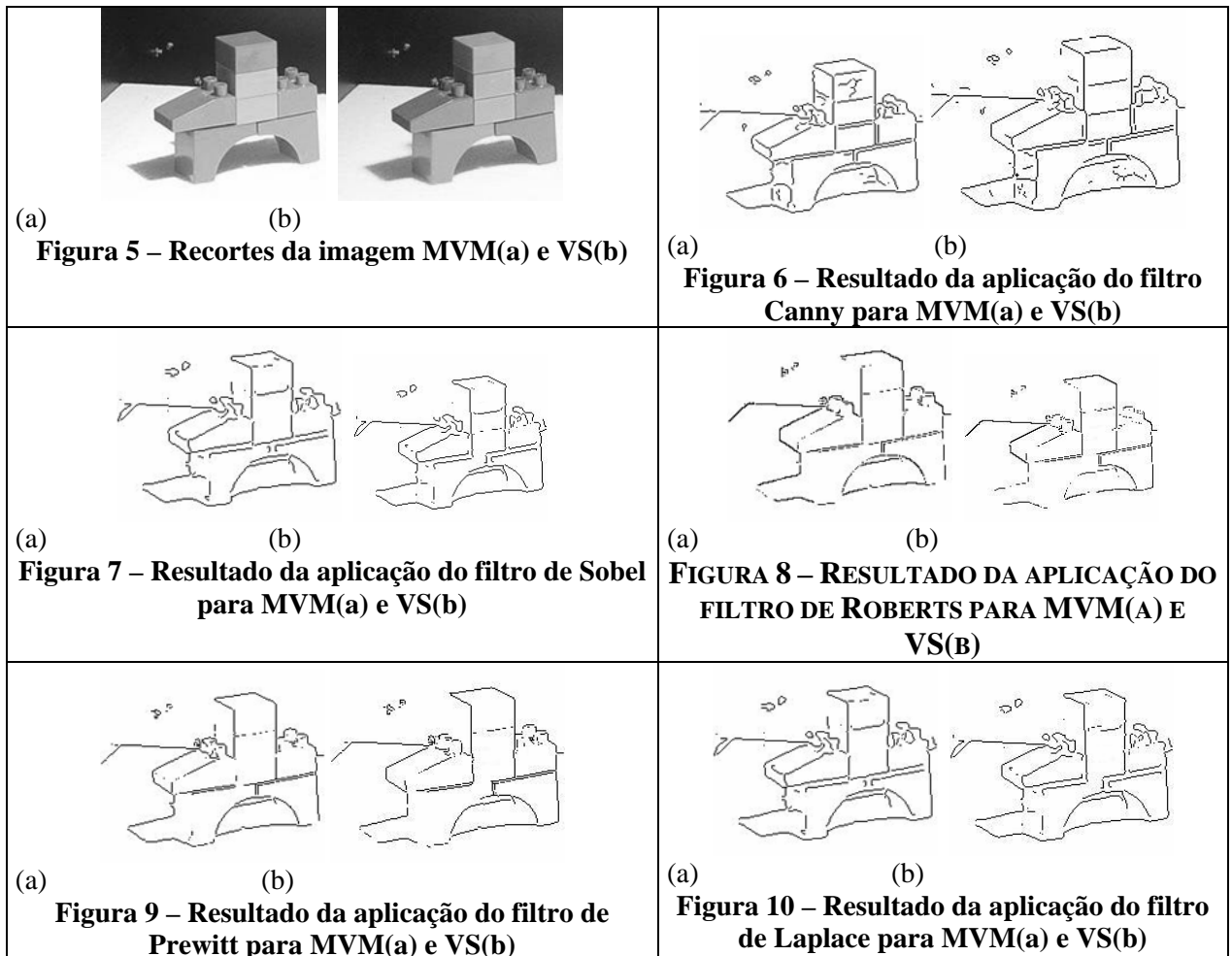
**Figura 4 – Histograma das imagens MVM e VS (a) e suas ampliações (b)**

É importante ressaltar que os dois tipos de iluminantes utilizados, apesar de apresentarem a mesma potência (70W), possuem fluxos luminosos diferentes. A lâmpada MVM possui fluxo luminoso da ordem de 4000 lumens e a lâmpada VS da ordem de 5500 lumens. Correspondendo a uma diferença de 37,5% de fluxo favorável à lâmpada VS.

### 3.6. QUANTO À INFORMAÇÃO DE LINHAS DE CONTORNO DO OBJETO E SOMBRA

Para avaliar a informação de contorno nas duas imagens, foram aplicados filtros espaciais de detecção de contorno. Para facilitar a visualização de detalhes e agilizar o processamento, foram feitos recortes na imagem original. O objeto escolhido possui linhas de contorno com geometria variada e contraste diferenciado na base e no fundo da cena. A Fig. 5 mostra um recorte em tons de cinza, da cena iluminada com MVM e VS, e as Fig. 6 a 10 mostram o resultado de cada filtragem. Foram aplicados os filtros de Canny, Sobel, Roberts, Prewitt e Laplace, utilizando o software Matlab®.

Através da simples observação destas imagens em tons de cinza, percebe-se uma diferença quanto ao contraste entre seus diferentes tons e quanto à definição de suas sombras.



Observa-se que na maioria dos filtros houve uma pequena perda, parcial ou integral, de informação de linha de contorno e cantos na cena iluminada com VS em relação à MVM. Vale a pena ressaltar que esta perda ocorreu, em muitos casos, em linhas de contorno do objeto e sombra, definidoras de volume. A aplicação do filtro de Roberts e Prewitt apresentou resultado com pouca informação de contorno, a imagem VS perdeu algumas linhas de contorno, e a diferença de resposta entre as duas imagens (MVM e VS) ficou pouco visível. Em contrapartida, pode-se perceber que nos filtros Canny, Sobel e Laplace esta diferença ocorreu de forma mais significativa. As imagens VS apresentaram perda de parte ou de totalidade das linhas de contorno do objeto e sombra em relação à MVM. O filtro Canny apresentou o melhor resultado com baixa perda de informação e pouco ruído. É importante observar que para todas as aplicações dos cinco filtros utilizados nas imagens, houve perda de informação de contorno da imagem VS em relação à imagem MVM.

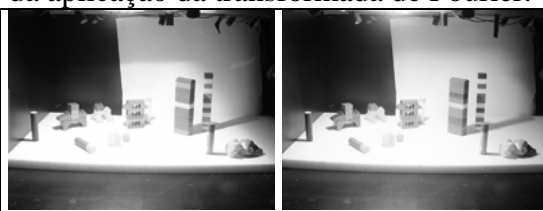
Prosseguindo na investigação comparativa sobre informações relevantes de contorno

entre as duas imagens (MVM e VS), foram aplicadas outras transformações.

Analisando-se as duas imagens e reforçando a avaliação comparativa na definição de contorno entre as cenas iluminadas com diferentes tipos de lâmpadas, aplicou-se a transformada de Fourier nas duas imagens através do software Matlab® (ver Fig.12).

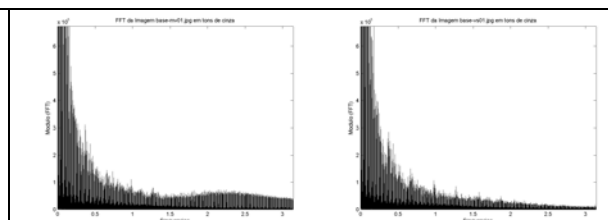
As baixas frequências dizem respeito a regiões com pequenas variações entre tons vizinhos, correspondendo a áreas de conteúdos da imagem onde há uma certa uniformidade entre *pixels*. No sentido oposto, altas frequências ocorrem em regiões de grandes variações entre tons vizinhos, correspondendo a áreas de transição, bordas e contornos, onde há um grande contraste entre *pixels*. Como o objetivo é detectar contorno, serão analisadas as altas frequências.

A quantidade e a amplitude de altas frequências presentes no espectro de uma imagem são elementos decisivos para avaliar a qualidade da informação de contorno. A Fig. 11 ilustra as duas imagens (MVM e VS) em tons de cinza, e a Fig. 12 o respectivo resultado da aplicação da transformada de Fourier.

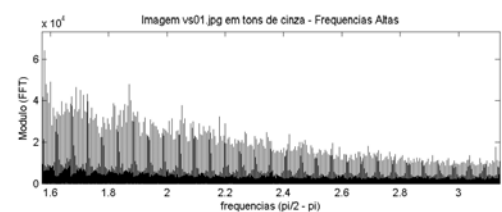
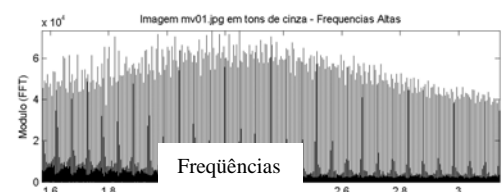


(a) (b)

**Figura 11 – Imagens MVM(a) e VS(b) em tons de cinza**



(a)



(b)

**Figura 12 – Espectro de frequência das imagens MVM e VS (a) e suas ampliações (b)**

O levantamento do espectro de frequências através da aplicação da transformada de Fourier possibilita uma análise comparativa do resultado. Observando-se a Fig. 12(a), pode-se perceber um diferencial de amplitude no final do espectro entre as duas imagens MVM e VS.

Para possibilitar uma melhor visualização desta diferença, foi feito um recorte ressaltando a região de ocorrência de altas frequências. O detalhe do resultado apresentado na Fig. 12(b) caracteriza a diferença de informação de altas frequências entre as duas imagens (MVM e VS).

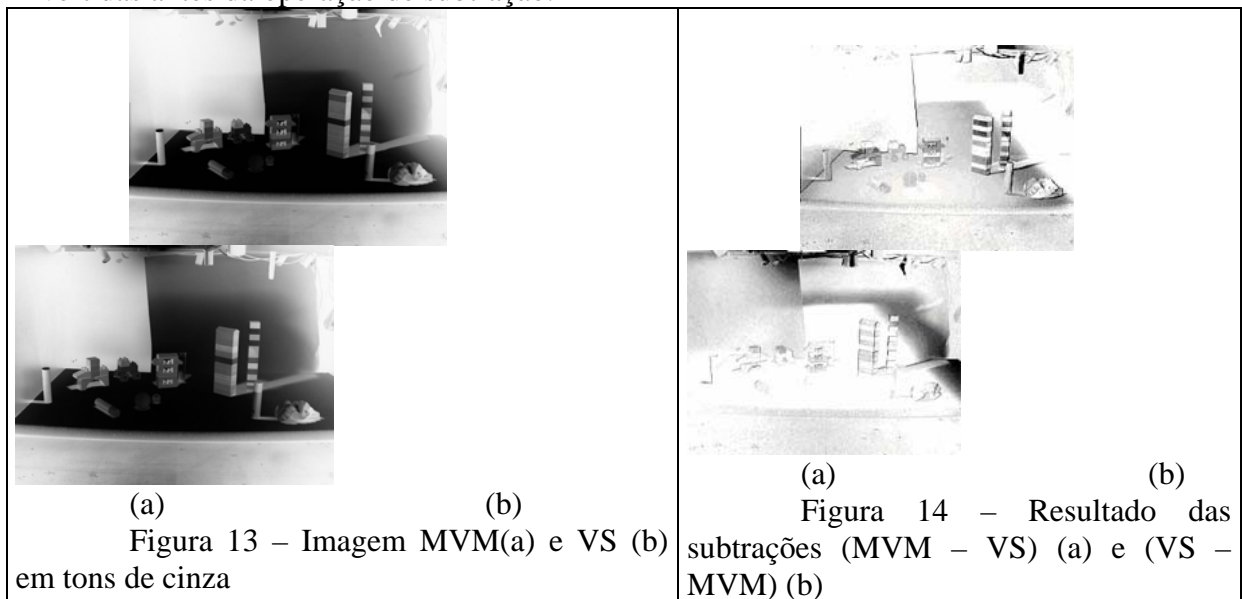
Pode-se observar que a cena iluminada com MVM possui maior amplitude nas altas frequências, o que caracteriza maior informação de fronteiras e contornos. A média destas amplitudes é de  $3,2 \times 10^4$  para a imagem MVM e de  $1,1 \times 10^4$  para a imagem VS. Este resultado demonstra numericamente o impacto dos iluminantes sobre a percepção de contorno. A cena iluminada com MVM apresenta mais 37,5% de informação de contorno comparada com a cena VS.

Insistindo na investigação sobre a diferença de informação de contorno entre as imagens iluminadas com lâmpadas MVM e VS, buscou-se uma alternativa capaz de

identificar dados contidos em uma imagem e que não estejam na outra. Para atender a esta iniciativa recorreu-se à operação de subtração entre imagens

A subtração entre imagens é uma operação local resultado da diferença entre valores de intensidade de *pixel* de cada imagem. Para este caso, adotou-se a seguinte operação: conteúdos presentes apenas na primeira imagem ficam positivos, conteúdos presentes nas duas imagens se anulam e conteúdos presentes apenas na segunda imagem ficam negativos.

Para realizar a operação de subtração, foram utilizadas as imagens em tons de cinza apresentadas na Fig. 13, base para o processamento das operações de filtragem e para a aplicação da transformada de Fourier realizadas anteriormente. A Fig. 14 ilustra o resultado da subtração MVM-VS e VS-MVM. Para facilitar a visualização, as imagens originais foram invertidas antes da operação de subtração.



(a) (b)  
Figura 13 – Imagem MVM(a) e VS (b)  
em tons de cinza

(a) (b)  
Figura 14 – Resultado das  
subtrações (MVM – VS) (a) e (VS –  
MVM) (b)

Observando-se as duas imagens, verifica-se que a definição de contorno e bordas dos objetos que está mais nítido na subtração MVM-VS do que na VS-MVM.

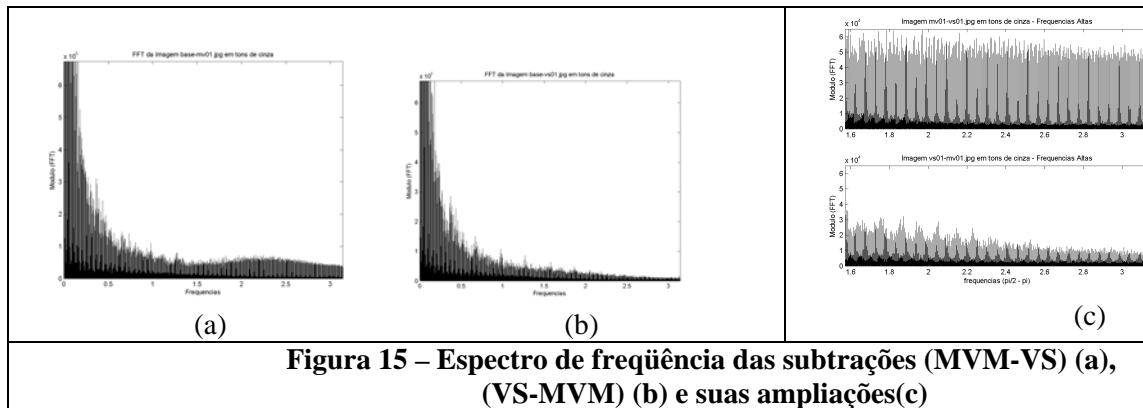
Na primeira operação de subtração (MVM – VS), as informações pertencentes apenas à primeira imagem (MVM) ficaram positivas (*pixels* em tons de cinza), as pertencentes às duas imagens se cancelaram tornando-se nulas (*pixels* pretos) e as pertencentes à segunda imagem ficaram negativas (*pixels* pretos). O resultado desta subtração apresenta significativa informação de contorno dos objetos presentes na cena, conforme pode ser observado na Fig. 14 (a).

Na segunda operação de subtração (VS – MVM), as informações pertencentes apenas à primeira imagem (VS) ficaram positivas (*pixels* em tons de cinza), as comuns às duas se cancelaram (*pixels* pretos) e as pertencentes à segunda imagem ficaram negativas (*pixels* pretos). O resultado desta subtração apresenta pouca informação de contorno dos objetos presentes na imagem, conforme observado na Fig.14 (b).

A diferença de resultado entre as duas subtrações configura que a imagem MVM possui maior quantidade e qualidade de informação sobre os contornos dos objetos e sombras que compõe a cena-experimento, do que a imagem VS.

Para caracterizar ainda mais esta evidência, aplicou-se a transformada de Fourier nas duas subtrações (MVM-VS e VS-MVM) como reforço na avaliação de suas diferenças quanto à presença de alta frequência. A Fig. 15 ilustra estas diferenças.





**Figura 15 – Espectro de frequência das subtrações (MVM-VS) (a), (VS-MVM) (b) e suas ampliações(c)**

O gráfico do espectro de frequência, resultado da subtração (MVM-VS), apresenta maior amplitude de altas frequências em relação ao gráfico do espectro de frequência resultado da subtração (VS-MVM). Como mencionado anteriormente, as altas frequências são responsáveis por informações de fronteiras e contornos. Desta forma, pode-se comprovar que a imagem MVM possui maior conteúdo de contorno em relação à imagem VS.

Para este caso, a média de amplitude de altas frequências é de  $2,2 \times 10^4$  para a imagem (MVM-VS) e de  $0,8 \times 10^4$  para a imagem (VS-MVM). Este valor reforça o resultado encontrado na avaliação do contraste entre as duas cenas iluminadas diferentemente.

### 3.7. E) AVALIAÇÃO QUANTO AO CONTRASTE ASSOCIADO À COR

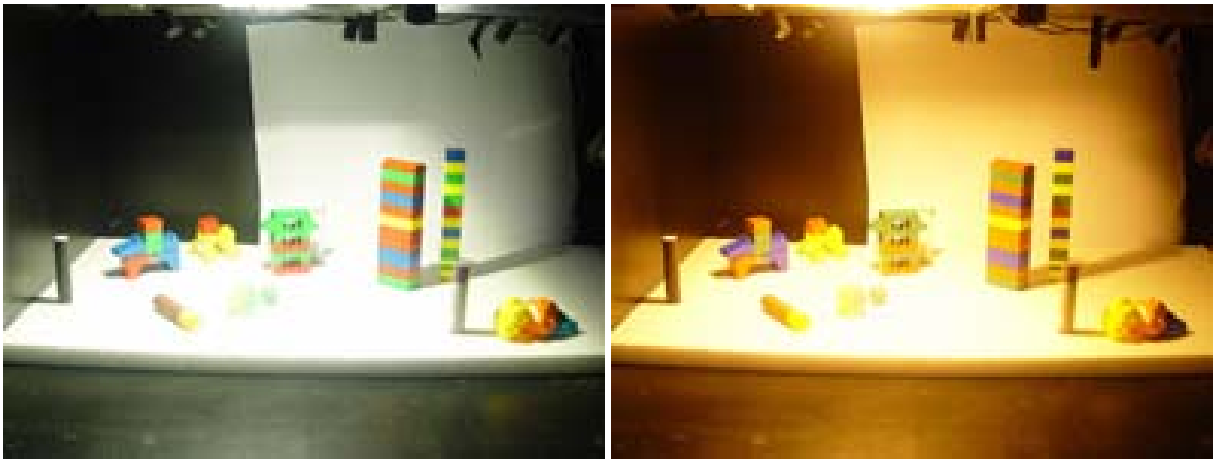
Superfícies são percebidas através da identificação de seus contornos. Diferenças locais de intensidade de cor provêm uma evidência sobre o nível de separação entre regiões. Áreas que possuem o mesmo brilho ou cor são vistas como sendo uma só. A segregação ocorre devido ao mecanismo de contraste, que acentua as diferenças entre áreas adjacentes do campo visual, possibilitando a perfeita identificação de seus limites. A cor de uma área depende da característica de sua iluminação, e este efeito se produz particularmente na percepção de fronteiras entre objetos e fundo.

Para avaliar o impacto dos dois tipos de iluminantes utilizados neste experimento com relação à identificação de linhas de contorno de objetos e sombras, será quantificada sua contribuição no contraste da cena montada. As lâmpadas adotadas possuem distribuição relativa de energia espectral distintos, como pode ser visto no anexo A.

A reprodução de cores dos objetos depende da constituição do espectro de cada tipo de luz. A constituição espectral determina a cor da luz da lâmpada. Cada sistema de iluminação deve ser estruturado de maneira que por um lado não existam diferenças de densidade luminosa muito grandes e ao mesmo tempo seja evitada a monotonia pela falta de contrastes luminosos.

Conforme citado no Capítulo 2, o Índice de Reprodução de Cor (IRC) refere-se à correspondência entre a cor real de um objeto ou superfície e sua aparência diante de uma fonte de luz. A luz artificial deve possibilitar ao olho humano perceber as cores corretamente ou o mais próximo possível da luz natural. Quanto mais baixo o índice, mais deficiente é a reprodução das cores. Neste caso, o IRC da lâmpada Multivapor Metálico (MVM) é em torno de 90 e, o da lâmpada de Vapor de Sódio (VS) em torno de 20. A simples leitura destes dados já demonstra que a capacidade de reprodução de cores da lâmpada VS é bastante restrita comparada à MVM.

Considerando que para esta avaliação, a informação de cor é fundamental, foram utilizadas como base, as imagens apresentadas na Fig. 16.



(a)

(b)

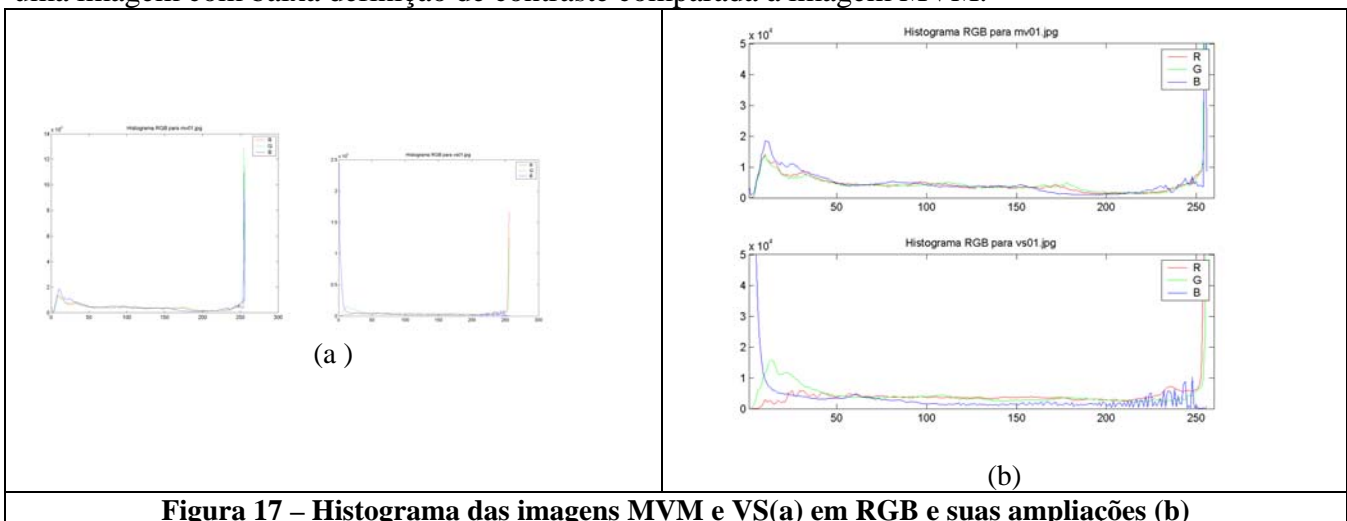
**Figura 16 – Imagens do experimento iluminado com lâmpada MVM(a) e VS(b)**

Com o objetivo de verificar a escala de contraste oferecida pela imagem iluminada com os dois tipos de iluminantes, levantou-se graficamente esta informação no sistema RGB (*Red* – vermelho, *Green* – verde e *Blue* – azul) e HSV (*Hue* - cor ou matiz, *Saturation* - saturação ou croma e *Value* – luminosidade ou valor) , apresentados nas Fig. 17 e 18 respectivamente.

Através da observação do histograma do sistema RGB (Fig. 17), é possível perceber que a imagem MVM apresenta a ocorrência das três cores: vermelha, verde e azul com intensidades semelhantes em toda a escala de tons - médias no início, baixas ao longo e altas amplitudes no final da escala.

Na imagem VS, o vermelho e verde apresentam intensidades semelhantes ao longo da escala – médias no início, baixas ao longo e altas no final, mas o azul inverte sua frequência em relação à resposta MVM, ficando intenso no início da escala, baixo ao longo e tendendo à nulo no final.

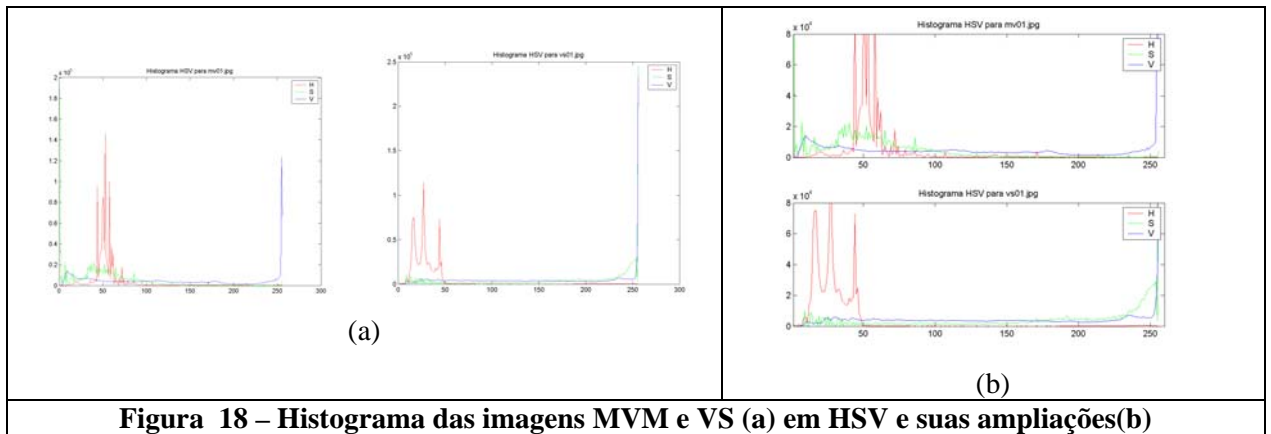
Este resultado configura que a reprodução de cores entre as duas cenas é diferente. A cena iluminada com MVM oferece maior possibilidade de combinações possíveis de matizes, em função da presença das 3 cores em todo o espectro. Em contrapartida, a cena iluminada com VS, não consegue reproduzir a mesma quantidade de combinações nos limites inferior e superior da escala de tons, áreas escuras e claras da imagem. Este comportamento proporciona uma imagem com baixa definição de contraste comparada à imagem MVM.



(a)

(b)

**Figura 17 – Histograma das imagens MVM e VS(a) em RGB e suas ampliações (b)**



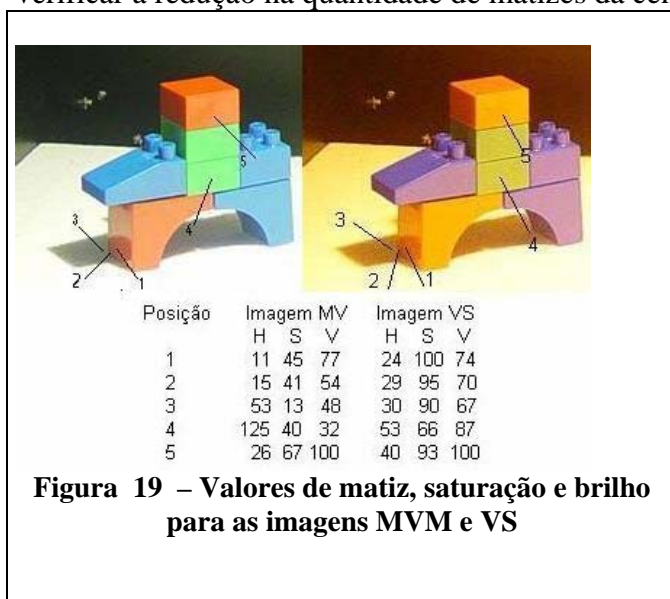
**Figura 18 – Histograma das imagens MVM e VS (a) em HSV e suas ampliações(b)**

Observando-se o histograma do sistema HSV (Fig. 18), verifica-se que a imagem MVM apresenta a ocorrência dos três parâmetros no limite inferior da escala entre 40 e 100. A presença de saturação e brilho ao longo da quase toda escala confere maior possibilidade de combinações diferentes tons.

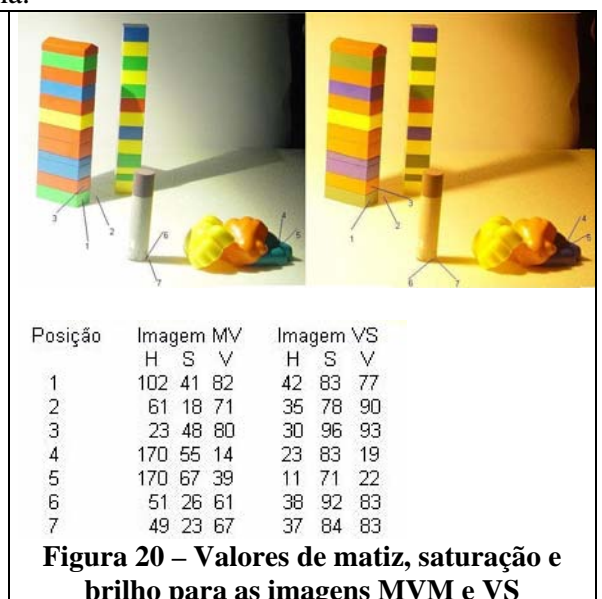
Na imagem VS, há ocorrência dos três parâmetros no limite inferior da escala entre 0 e 50 com amplitudes menores do que o histograma MVM. Observa-se que há ocorrência de matiz com baixa saturação e brilho ao longo da escala o que impossibilita diferentes combinações de tons.

Este resultado configura uma reprodução de cor diferente entre as duas cenas. A cena iluminada com MVM apresenta uma imagem mais clara com maior possibilidade de combinações entre o matiz, brilho e intensidade, oferecendo grande contraste entre tons. A cena iluminada com VS, apresenta uma imagem mais escura com menor quantidade de combinações entre matiz, brilho e intensidade, com conseqüente superposição de tons, caracterizando uma imagem com pouco contraste.

Os resultados apresentados nas Figs. 19 e 20, através da medição dos valores de matiz, saturação e brilho de regiões da imagem, permitem comparar o nível de contraste oferecido entre o objeto e sua sombra nas cenas MVM e VS. Para facilitar a visualização dos objetos e suas respectivas sombras foram feitos recortes nas duas imagens (MVM e VS) com posterior ampliação. Estes recortes foram feitos com base em coordenadas cartesianas garantindo a mesma localização e dimensão entre a figura original e a figura recorte. Foram escolhidos pontos da figura limítrofes à sua sombra e também da sombra para comparar a diferença de tons entre estas duas regiões da imagem, e pontos cromáticos da imagem para verificar a redução na quantidade de matizes da cena.



**Figura 19 – Valores de matiz, saturação e brilho para as imagens MVM e VS**



**Figura 20 – Valores de matiz, saturação e brilho para as imagens MVM e VS**

Comparando-se o valor do matiz de borda e sua respectiva sombra, verificou-se que nas posições 2 e 3 da Fig. 19, o valor de H variou de 61 para 23 na imagem MVM e de 35 para 30 na imagem VS. Na Fig. 20, este valor variou de 102 para 61 na imagem MVM e de 42 para 35 na imagem VS. Através destas medições, é possível verificar que a diferença entre o matiz de borda e respectiva sombra é significativa na imagem MVM (38 na Fig. 19 e 41 na Fig. 20) porém muito próxima na imagem VS (1 na Fig. 19 e 7 na Fig. 20).

A amplitude da escala de matizes na imagem MVM (23 a 170) é maior do que na imagem VS (11 a 42) e os níveis de saturação na imagem MVM caracterizam uma cena mais clara do que a imagem VS.

Nota-se também que na cena iluminada com lâmpada VS há mudança no matiz de algumas cores tornando-as próximas, oferecendo pouco contraste. Exemplo disto acontece com o verde e o vermelho que ficam assemelhadas ao ocre ou ao marrom; e com o branco que se torna amarelado. Em muitos casos, na imagem VS a cor do objeto se assemelha com a de sua sombra, causando dúvida quanto à sua separação ou incorporação à figura, confundindo o observador sobre a definição da forma do objeto que está sendo visto.

Através da análise das matrizes H, S e V das duas cenas das Fig. 19 e 20, foi verificado que para o parâmetro H (matiz), a faixa de maior ocorrência de tons na cena MVM ficou entre 20 e 180 e entre 10 a 50 na cena VS. A média da diferença de tom entre as cenas MVM e VS é de 15 para os vermelhos, 65 para os verdes, 90 para os azuis, 2 para os amarelos e de 60 para os brancos.

Com relação ao parâmetro S (saturação), a faixa de maior ocorrência ficou compreendida entre 0 e 80 na cena MVM e entre 80 a 255 na cena VS. As ocorrências mais frequentes aconteceram em torno de 45 na cena MVM e em torno de 250 na cena VS.

O parâmetro V (brilho) não apresentou diferença significativa entre as duas imagens.

#### 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na investigação comparativa da influência do iluminante sobre a visão, aplicando-se técnicas de processamento digital de imagem para extração das informações, nas cenas iluminadas pelas lâmpadas Multivapor Metálica e de Vapor de Sódio, foi verificado que:

a) Na avaliação do contraste na imagem em tons de cinza.

O histograma da imagem iluminada com lâmpada Multivapor Metálica, apresentou valores de tons de cinza mais elevados nos limites superior e inferior da escala em relação à imagem iluminada com lâmpada de Vapor de Sódio. O limite inferior do histograma da cena MVM apresentou valores em torno  $1,5 \times 10^4$  contra  $1,0 \times 10^4$  na cena VS, e o superior da cena MVM apresentou valores em torno de  $13 \times 10^4$  contra  $3,5 \times 10^4$  na cena VS. Este resultado demonstrou o diferencial de contraste entre as imagens MVM e VS, caracterizando que a imagem MVM apresentou melhor definição.

b) Na avaliação de informação de linhas de contorno do objeto e sombra

Foram aplicados cinco filtros espaciais nas duas imagens em tons de cinza: MVM e VS. A aplicação destes cinco filtros identificou maior quantidade de linhas de contorno do objeto e sombra na imagem MVM em relação à imagem VS. Este resultado configura que a imagem MVM possui maior conteúdo de informação de linhas de contorno e sombra do que a correspondente imagem VS.

Com a aplicação da transformada de Fourier nas mesmas imagens em tons de cinza, pode-se observar uma diferença no gráfico do espectro de frequência das duas imagens. Considerando ser a avaliação de conteúdo de contorno relativo às altas frequências, pode-se constatar que a diferença entre as médias de amplitude de alta frequências é de  $3,2 \times 10^4$  na cena MVM para  $1,1 \times 10^4$  na cena VS. Este resultado caracteriza que a imagem MVM possui maior informação de contorno do que a imagem VS - em torno de 190% a mais.

A operação de subtração entre as imagens (MVM e VS) buscou ressaltar os

conteúdos existentes em uma imagem e inexistentes na outra. Na operação de subtração implementada, os conteúdos pertencentes apenas à primeira imagem ficaram positivos, as pertencentes às duas imagens tornaram-se nulos e as pertencentes à segunda imagem ficaram negativas. Como resultado, a primeira operação de subtração (MVM–VS) apresentou bom contraste com boa informação de contorno dos objetos presentes na cena, possibilitando nítida identificação dos mesmos. A segunda operação de subtração (VS–MVM), apresentou baixo contraste e insuficiente informação de contorno dos objetos presentes na imagem, impossibilitando identificação de grande parte da cena. Uma vez que a cena MVM participa como primeira imagem na operação de subtração que apresenta maior nitidez sobre os contornos dos objetos, este resultado caracteriza que os conteúdos da imagem MVM possuem maior quantidade e qualidade de informação de linhas de contorno do que a imagem VS.

Para reforçar a análise sobre os resultados apresentados com a operação de subtração, foi aplicada a transformada de Fourier nas duas imagens: (MVM–VS) e (VS–MVM). O gráfico do espectro de frequência da subtração (MVM–VS) apresentou maior amplitude nas altas frequências do que o gráfico do espectro de frequência da subtração (VS–MVM). Pode-se constatar um diferencial na média de amplitude de altas frequências de  $2,2 \times 10^4$  para  $0,8 \times 10^4$  entre as cenas MVM e VS. Este resultado configura que a imagem MVM possui significativo acréscimo de informação de contorno em relação à imagem VS.

Há também que se considerar a diferença de fluxo luminoso entre as duas lâmpadas. Conforme citado, apesar das lâmpadas possuírem igual potência, a lâmpada de vapor de sódio apresenta fluxo luminoso 37,5% acima da MVM. Portanto todos os resultados uma vez ajustados com relação ao fluxo luminoso, apresentarão diferenças ainda mais significativas.

#### c) Na avaliação de informação cromática

Na avaliação quanto ao impacto dos iluminantes sobre a identificação de matizes, foram utilizadas imagens cromáticas iluminadas com lâmpada MVM e VS, recortadas da imagem original, e verificado através de seus histogramas em RGB e HSV que a possibilidade de combinações de seus parâmetros é bastante reduzida na imagem VS em comparação com a imagem MVM. Através do levantamento dos valores de H, S e V de pontos da imagem MVM e VS para avaliar contraste, foi verificado que diferença de matiz entre o objeto e sua sombra é maior na imagem MVM do que na imagem VS. Em muitos casos, na imagem VS, o valor de matiz do objeto quase se confunde com sua respectiva sombra. Esta confusão de matizes ocorre principalmente nos objetos verdes, vermelhos e marrons que ao serem transformados para tons de marrom na cena VS, ficam com valores muito próximos ao matiz de sua sombra que também é transformada para tons claros do marrom.

Os resultados obtidos através da avaliação das matrizes H, S e V das cenas MVM e VS comprovaram que a quantidade de matizes oferecido na cena MVM (20 a 180) é maior comparada à cena VS (10 a 50) e que a diferença entre os tons oferecidos pelas duas cenas configura a estreita faixa de matizes apresentada pela cena VS em relação à cena MVM. Como a iluminação de sódio possui um espectro de frequência restrito, reproduz menos cores causando superposição na percepção de algumas, restringindo as possibilidades de contraste.

Na avaliação da saturação das duas cenas, a cena VS apresentou nível de saturação (100 a 250) maior em relação à cena MVM (0 a 80), o que configura uma imagem mais escura com menor possibilidade de contraste.

Portanto, este resultado produz impacto sobre o observador, uma vez que a falta destas informações obriga o cérebro a definir o que foi visto de uma forma precária, podendo ocasionar em uma tomada de decisão equivocada e até mesmo em dificuldade de prosseguir na ação que vinha desempenhando.

Através da análise das informações de contraste, contorno, sombra e cor, parâmetros fundamentais para a formação da imagem tridimensional no cérebro, verificou-se que a iluminação com lâmpada quase monocromática reduz a quantidade e a qualidade destas informações. Logo, este tipo de iluminação pode levar o cérebro a construir uma imagem equivocada, comprometendo a percepção da tridimensionalidade e a segurança do usuário

deste sistema de iluminação.

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho procurou através de experimentos práticos e técnicas de processamento de imagem, avaliar a influência do iluminante sobre os parâmetros responsáveis pela percepção tridimensional: contraste, contorno, sombra, e cor.

O estudo sobre informação de linhas de contorno corroborou no sentido de que a cena iluminada com lâmpada MVM possui maior informação de linhas de contorno do objeto e sombra em relação à cena iluminada com lâmpada VS, o que possibilita melhor identificação dos objetos que a compõe.

Na avaliação quanto à informação cromática ficou caracterizado que a imagem iluminada com lâmpada MVM ofereceu maior quantidade de matizes – melhor contraste, apresentou-se mais clara, e estabeleceu um diferencial entre matizes do objeto e sua respectiva sombra permitindo identificar e separar estes dois elementos – objeto e sombra.

Estes resultados caracterizaram que uma cena iluminada por uma lâmpada que ofereça pouca possibilidade de reflexão de diferentes matizes interfere com a percepção, prejudicando a informação dos parâmetros de contraste, contorno do objeto e sombra e cor dos elementos observados. Portanto na iluminação quase monocromática pôde-se constatar a perda de informação dos quatro parâmetros que levam a construção da imagem tridimensional pelo cérebro.

Este trabalho apresenta contribuição no campo da iluminação, visão robótica, e em qualquer outra área que necessite da interpretação de dados espaciais a partir de imagens.

A metodologia utilizada apresentou resultados dentro do esperado, mas há algumas variáveis que podem interferir com o sentido da visão e que valem a pena serem investigadas. Por este motivo, outras vertentes podem ser sugeridas como trabalhos futuros, são elas: (a) Variar a potência do iluminante para avaliar se a intensidade luminosa interfere com a qualidade da informação visual, estabelecendo limites; (b) avaliar o impacto dos iluminantes para condições dinâmicas, ou seja, objeto ou observador em movimento.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERJ pelo apoio dado ao Projeto Temático intitulado Metrologia baseada em Visão Computacional.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- [1] BIEDERMAN, G. Ju. *Surface versus edge-based determinants of visual recognition*. Separata de: *Cognit. Psychol.* 20, pp. 38–64, out. 1988.
- [2] CAVANAGH, Paul. *Reconstructing the third dimension: interactions between color, texture, motion, binocular disparity and shape*. *Computational Vision Graphics Image Process.* 37, p. 171–195, 1987.
- [3] GEGENFURTNER, K.R.; Rieger J. *Sensory and cognitive contributions of color to the recognition of natural scenes*. *Biol.Sci* 10, p. 805–808, jul. 2000.
- [4] 7. Bibliografia Consultada
- [5] COELHO, Helder. *Inteligência Artificial: o balanço da década de 80*, 1ª ed. Lisboa: Editora Caminho, 1991, 278 p.
- [6] DA SILVA, Márcia Antônio, *A Influência do Iluminante Sobre a Visão Tridimensional*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. UFF. 2004.

- [7] DOS SANTOS, Andréa Rozendo Moreira, *Percepção de Cores em Ambientes Industriais*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. UFF. 2004.
- [8] FACON, Jacques. *Processamento e Análise de Imagens*. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba, 1993
- [9] FARINA, Modesto. *Psicodinâmica das cores em comunicação*. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1986.
- [10] GAIT, Posture. *Understanding the roles of vision in the control of human Locomotion*. Computational Vision Graphics Image Process, Volume 5, Issue 1, p.54-69, fev.1997.
- [11] GIBSON, I.J. *The Perception of the Visual World*. USA:Boston: Houghton Mifflin. 1952
- [12] GONZALEZ, R.C.; Woods, R.E. *Digital Image Processing*. USA: Addison-Wesley Publishing Company, 1992
- [13] GUYTON, Arthur C. *Fisiologia Humana*, Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1998
- [14] HARRIS, Lawrence; Michael, Jenkin. *Visual and attention*. Canadá:Universidade de Toronto, 2001.
- [15] HECHT, Eugene. "Optics". Adelphi University, USA: Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- [16] JAIN, A.K. *Fundamentals of Digital Image Processing*. Englewood Cliffs:Prentice Hall, 1989.
- [17] KAUFMANN, J.E.. HAYES, H., *IES Lighting Handbook*, New york, Illuminating engineering Society of North America, v.1, 1981
- [18] LEVINE, Shefner. *Fundamentals of Sensation & Perception*. segunda edição - Books/Cole Publishing,1991.
- [19] OGÊ, Marques Filho; Hugo Vieira Neto. *Processamento Digital de Imagens*. Rio de Janeiro: Editora Brasport, 1999.
- [20] OSRAM - Lightprogramm, Umweltfreundlich gedruckt auf chiorfrei – gebleichtem Papier, Germany, 1998.
- [21] PRATT, W.K. *Digital image Processing*. A Willey Intercience Publication, 2<sup>nd</sup> edition, 1991.