

PROJETO DE UM MICROSCÓPIO ÓPTICO COMPACTO COM MAGNIFICAÇÃO DE 3X

Bianca Kurihara Yoshii¹; Valéria Loureiro da Silva²

¹ Mestranda em Gestão de Tecnologia Industrial com ênfase em tecnologia de desenvolvimento de produto; Projeto de PD&I – EMBRAPPII; bianca.yoshii@fbter.org.br

² Doutora em Física pela Universidade Estadual de Campinas; Centro Universitário SENAI CIMATEC; valeria.dasilva@fieb.org.br

RESUMO

Um microscópio óptico é um instrumento que através do seu alto poder de resolução é capaz de ampliar objetos muito pequenos. Este equipamento pode conter uma única lente ou um conjunto de lentes para ampliar a imagem da amostra. Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento do projeto de um microscópio óptico, onde seus requisitos são criação de um sistema compacto e de baixo custo, onde, possui-se *work distance* maior que 50 mm, resolução no objeto menor que 5 um e campo de visão de aproximadamente (3 x 2) mm. Para a implementação deste sistema optamos por utilizar a objetiva Mitutoyo compacta de magnificação 3X que produz um campo de visão de (2,9 x 2,2), a uma distância de trabalho de 77,8 mm. Cálculos foram feitos para identificar o sensor óptico mais adequado ao sistema, escolheu-se por fim o sensor BFS-U3-50S5C-C USB3 Blackfly® S da FLIR. Através dos testes de caracterização identificou-se que o microscópio óptico compacto projetado consegue atender a todos os requisitos impostos, o sistema obteve uma resolução de 3,9 um a um campo de visão de (2,8 x 2,4) mm e uma distância de trabalho de 77,8 mm.

PALAVRAS-CHAVE: Microscópio, Campo de visão, Resolução e *Work distance*.

1. INTRODUÇÃO

Um microscópio ótico é um equipamento composto por um sistema de iluminação e um conjunto de lentes capazes de ampliar imagens de pequenas amostras. Os microscópios ópticos podem possuir projetos complexos para uma melhor resolução e contraste da imagem, ou projetos bem básicos feitos através de apenas dois componentes: um sensor e uma objetiva¹. O olho humano tem um limite de resolução de aproximadamente 0,2 mm. Abaixo desse valor, não é possível enxergar os objetos sem o auxílio de instrumentos, como lupas ou microscópio.²

Decidir de que forma será feito o projeto para um microscópio óptico vai depender dos requisitos do seu projeto, custo, resolução necessária, campo de visão desejado para visualização da amostra e *work distance* do sistema.

Este trabalho descreve o desenvolvimento e caracterização de um microscópio óptico compacto e de baixo custo para integração num equipamento de laboratorial, fazendo uso de componentes de prateleira. Os requisitos principais para esse microscópio são: distância de trabalho (*work distance*) maior que 50 mm, resolução menor que 5 um e campo de visão (FOV- *field of view*) de aproximadamente (3 x 2) mm.

2. METODOLOGIA

Como a resolução desejada no plano do objeto (< 5 um) é comparável aos tamanhos dos menores *pixels* dos sensores de prateleira, será necessário utilizar um sistema com magnificação >= 1. Optou-se por projetar o sistema com objetivas do tipo *finite conjugate* para minimizar o número de lentes, tamanho e custo do sistema. Após realizar uma pesquisa de mercado através das empresas distribuidoras de objetivas, *Edmund Optics*, *Newport*, *Thorlabs* e *Zeiss*, identificou-se que o principal limitador para o desenvolvimento deste sistema é a longa distância de trabalho.

Para a implementação deste sistema optamos por utilizar a objetiva Mitutoyo compacta de magnificação 3X que produz um campo de visão de (2,9 x 2,2) mm sendo aproximado ao desejado que é de (3 x 2) mm, a uma distância de trabalho de 77,8 mm. Essa objetiva é a mais barata das opções encontradas custando 497,00 dólares.

Com base nos dados das objetivas da Mitutoyo escolhida e valores de *pixels size* de sensores de prateleira, foi construída a Tabela 1 para identificar o sensor óptico mais adequado ao sistema. As colunas com fonte azul correspondem aos valores de entrada da objetiva (Magnificação e campo de visão) e tamanho de pixel de sensores de prateleira. Já os valores em fonte pretos foram calculados de acordo com as equações 01 – 06³.

$$R_{img} (lp/mm) = \frac{1000}{2 * pixel\ size} \quad (01)$$

$$R_{obj} (\mu m) = \frac{1000\ lp/mm}{2 * R_{img} * Mag} \quad (02)$$

$$Sensor\ size\ desejado - SSD = M_{ag} * FOV \quad (03)$$

$$Pixels\ H. - PH = \frac{SSD * 1000}{Pixel\ size} \quad (04)$$

$$Pixels\ V. \ para\ sensor\ (4:3) - PV = \frac{PH * 3}{4} \quad (05)$$

$$MP = \frac{PH * PV}{1000000} \quad (06)$$

As linhas com coloração verde correspondem aos casos com maior probabilidade de encontrar sensores de prateleira. A escolha do sensor fica determinada pelo número de *pixels* necessários para a se obter o campo de visão da objetiva. Note que a Tabela 1 foi construída com o campo de visão da objetiva Mitutoyo assumindo sensor com formato $\frac{2}{3}$ ". Sensores com formato menor resultariam numa redução do campo de visão.

Tabela 1 - Dados de resolução na imagem, no objeto e quantidade de Mega Pixel encontrada para a objetiva Mitutoyo de magnificação 3x

Rimag (lp/mm)	Pixel Size (um)	Robj (um)	Mag	FOV	Sensor size Desejado - SSD	# pixels H. - PH	# pixels V. (4:3) - PV	MP
400,0	1,25	0,4	3	2,9	8,7	6960	5220	36
227,3	2,2	0,7	3	2,9	8,7	3955	2966	12
208,3	2,4	0,8	3	2,9	8,7	3625	2719	10
144,9	3,45	1,2	3	2,9	8,7	2522	1891	5
111,1	4,5	1,5	3	2,9	8,7	1933	1450	3
104,2	4,8	1,6	3	2,9	8,7	1813	1359	2
90,9	5,5	1,8	3	2,9	8,7	1582	1186	2
77,5	6,45	2,2	3	2,9	8,7	1349	1012	1

Escolheu-se o sensor BFS-U3-50S5C-C USB3 Blackfly® S da FLIR por possuir um valor relativamente baixo (\$ 975,00), ser USB 3.1, ter uma profundidade de pixels de 12 bits. E para o uso adequado deste sistema de imagem, se fez necessário a utilização de um tubo (Mitutoyo C-mount Camera 152,5 mm Extension Tube) para garantir a distância focal necessária para tal objetiva, pois se a distância for muito curta o sistema pode sofrer vinhetas e se a distância for muito longa a imagem resultante ficará fraca devido à luz insuficiente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma foto do sistema montado é mostrada na Figura 1. Para caracterização do microscópio, foi utilizado um *target* do tipo Ronchi bar de 6 lp/mm para identificar o tamanho total do campo de visão e um *target* de alta resolução (HIGHRES) negativo da Newport USAF-1951 com iluminação por LED de forma traseira para a resolução. A Figura 2 mostra as imagens obtidas do *target* Ronchi bar. Análise dessas imagens mostram que o campo de visão é de (2,79 x 2,4) mm, próximo do valor desejado de (3 x 2) mm. A Tabela 2 mostra as imagens obtidas para o *target* USAF 1951 e os valores de resolução obtidos. Para entender o limite de resolução desse sistema, foi feito um experimento onde espaçadores são utilizados para aumentar a distância entre a objetiva e o sensor de imagem. Como visto nas imagens, sem espaçadores é possível distinguir as linhas do grupo 7 elemento 1, correspondendo à uma resolução de 128 lp/mm, ou seja, o sistema resolve linhas com largura maiores que 3,9 µm. À medida que os espaçadores são adicionados, a resolução da imagem melhora um pouco, chegando à 181 lp/mm para um espaçador de 40 mm. A dependência da resolução com o tamanho do espaçador usado é mostrada na Figura 3 e o impacto no FOV é mostrado na Figura 4.

O uso de espaçadores reduz significativamente o campo de visão de (2,8 x 2,4) mm sem espaçador para (2,2 x 1,8) mm com o espaçador de 40 mm. Isso corresponde a uma redução de 21,43% e 25% para os campos de visão horizontal e vertical respectivamente. Dessa forma, espaçadores devem ser utilizados apenas se a qualidade da imagem gerada estiver limitada somente pela resolução.

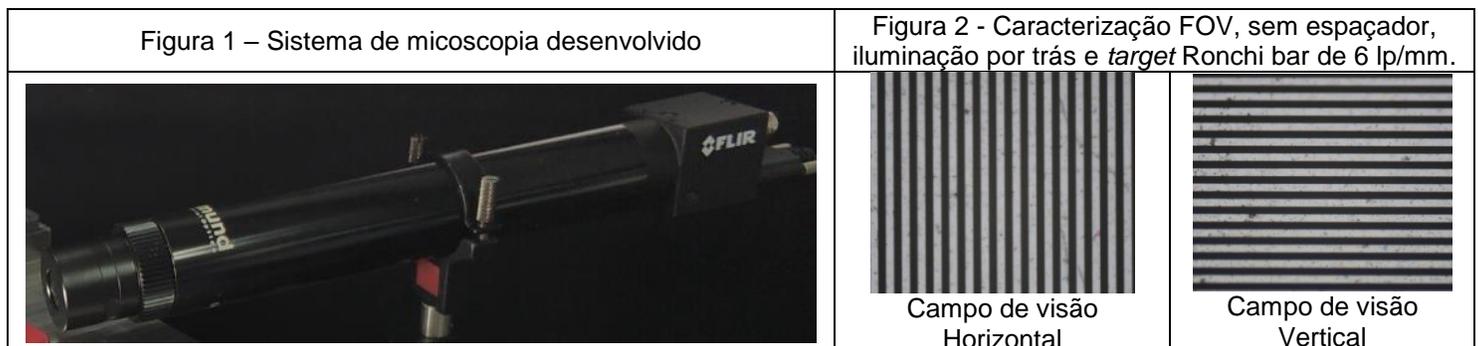


Tabela 2 - Resoluções por tamanho de espaçadores, fotos retiradas com iluminação por trás e *target* de alta resolução negativo

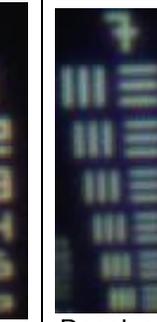
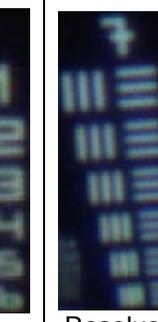
Sem espaçador	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	30 mm	35 mm	40 mm
							
Resolução = Grupo 7.1 = 128 lp/mm = 3,906 μ m	Resolução = Grupo 7.1 = 128 lp/mm = 3,906 μ m	Resolução = Grupo 7.1 = 128 lp/mm = 3,906 μ m	Resolução = Grupo 7.1 = 128 lp/mm = 3,906 μ m	Resolução = Grupo 7.1 = 128 lp/mm = 3,906 μ m	Resolução = Grupo 7.2 = 143 lp/mm = 3,480 μ m	Resolução = Grupo 7.3 = 161 lp/mm = 3,100 μ m	Resolução = Grupo 7.4 = 181 lp/mm = 2,762 μ m

Figura 3 - Gráfico de resolução em função dos espaçadores

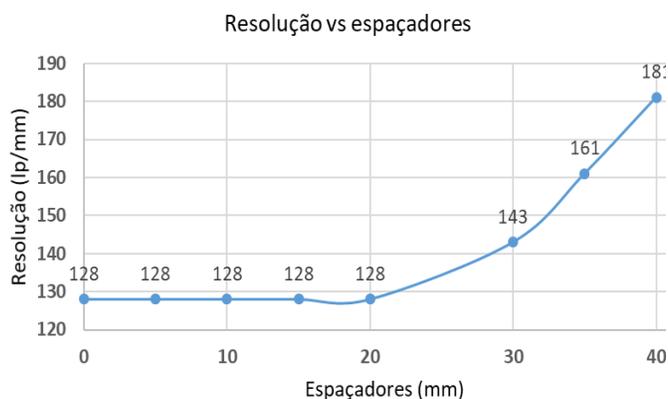
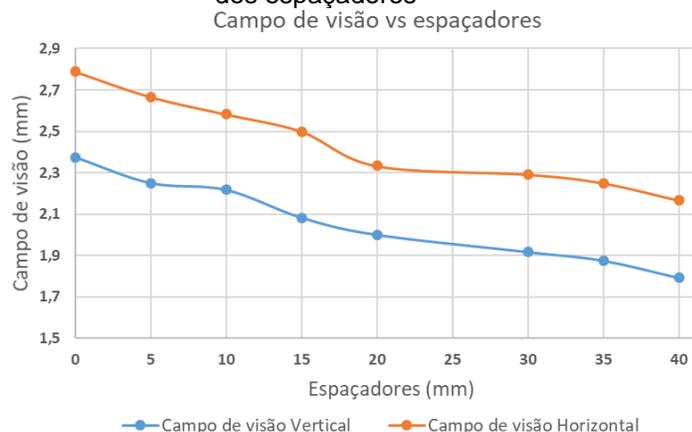


Figura 4 - Gráfico do campo de visão em função dos espaçadores



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Identifica-se que o microscópio óptico compacto projetado consegue atender a todos os requisitos impostos, de acordo com os testes feitos, o sistema obteve uma resolução de 3,9 μ m a um campo de visão de (2,8 x 2,4) mm e uma distância de trabalho de 77,8 mm. O uso de espaçadores no sistema não seria viável já que reduziria o FOV para (2,2 x 1,8) mm uma redução de 21,43% e 25%, incapacitando a sua utilização.

Agradecimentos

Agradecemos a EMBRAPPII, SENAI-CIMATEC, UE-DCC/UFMG, LabNS-UFMG pelo apoio financeiro e tecnológico.

5. REFERÊNCIAS

- Application note da Edmund Optics. **Understanding Microscopes and Objectives**. Section 10.1 of the Imaging Resource Guide.
- DI GIANFRANCESCO, Augusto. **Materials for Ultra-Supercritical and Advanced Ultra-Supercritical Power Plants**. Elsevier Ltd. All, 2017.
- HORNBERG, Alexandre. **Handbook of Machine and Computer Vision**. Published by Wiley-VCH, 2017.