

# Projeto de Instrumentação para Pesquisa



## Gravação de Holoimagens com Luz Branca.



**Aluna:** Tatyana G. Stankevicius  
**Orientador:** José Joaquín Lunazzi

tatyanas(x)gmail.com  
lunazzi(x)ifi.unicamp.br

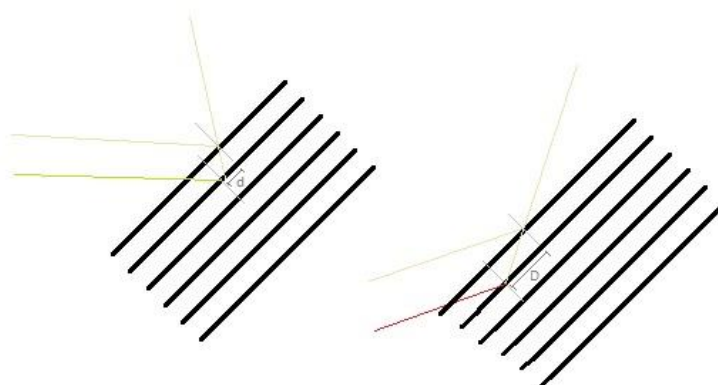
# ÍNDICE

1. RESUMO -----	3
2. INTRODUÇÃO-----	4
3. OBJETIVOS-----	5
<b>4. <u>TEORIA E DEFINIÇÕES</u> -----</b>	<b>5</b>
I) HOLOIMAGENS -----	5
II) EFEITO LIPPMANN -----	6
III) MODELOS PARA DESCREVER COMO OCORRE O REGISTRO NA DCG -----	6
<b>5. <u>PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS</u> -----</b>	<b>7</b>
I) PRODUÇÃO DA DCG: -----	7
II) PREPARAÇÃO DA EMULSÃO SENSÍVEL À LUZ:-----	7
III) GRAVAÇÃO DA HOLOIMAGEM::-----	8
IV) REVELAÇÃO:-----	8
V) SECAGEM:-----	9
VI) ESPECTROS MEDIDOS PARA AS LÂMPADAS UTILIZADAS:-----	9
<b>6. <u>RESULTADOS OBTIDOS</u> -----</b>	<b>9</b>
<b>7. <u>COMENTÁRIOS DO ORIENTADOR (PROF J.J. LUNAZZI)</u> -----</b>	<b>11</b>
<b>8. <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>-----</b>	<b>11</b>

## 1. Resumo

A holografia, descoberta em 1948 por Dennis Gabor, consiste em um processo de gravação e projeção de imagens, permitindo a reconstrução de uma cena em três dimensões. Somente em 1960, com a descoberta dos raios lasers pelo cientista norte-americano Theodore Maiman, que foram feitas as primeiras holografias, no entanto, mesmo sem conseguir provar sua teoria, Gabor recebeu o Prêmio em 1971.

A holografia, por ser elaborada sob diferentes ângulos de visão, proporciona uma visão espacial da mesma, como se a estivéssemos vendo na realidade:



**Esquema 1:** Notamos que, ao variarmos o ângulo da luz incidente nos hologramas, há a mudança da cor do holograma de verde para vermelho. Com o esquema acima, é possível notar que, variando-se o ângulo da luz, o comprimento de onda dentro das camadas da DCH aumenta, estando correta a variação para o vermelho.

Podemos fazer uma analogia trivial dizendo que a pintura esta para a fotografia, assim como a escultura esta para a holografia. Porém, tanto a holografia como a fotografia são capazes de registrar a informação luminosa e ambas utilizam filmes. No entanto, devido ao avanço tecnológico e a invenção da fotografia digital, houve um grande enfraquecimento da indústria de filmes fotográficos. Com isso, a produção de filmes holográficos se tornou muito reduzida e, desde então, a holografia vem desaparecendo lentamente. Esse desaparecimento é lamentável, visto que suas aplicações poderiam ser mais e melhor exploradas: como recurso didático é uma excelente ferramenta e a sua utilização nas artes ainda não foi totalmente explorada. Buscando modificar este cenário estamos trabalhando em uma nova maneira de gravar uma imagem que pode ser apreciada em 3D, mais ainda necessitamos do filme holográfico. Para solucionar este problema estamos fabricando nossas placas holográficas, que podem ainda apresentar uma alternativa para aqueles que desejam gravar hologramas e encontram dificuldades para comprar o filme holográfico.

## 2. Introdução

Quando uma imagem é criada, apresentada ou registrada em duas dimensões elaboradas de tal forma a proporcionarem a ilusão de terem três dimensões são denominadas Holografias, porém, não é apenas mais uma simples forma de visualização em 3 dimensões, mas sim um processo de se codificar uma informação e depois (através do laser) se recriar “integralmente” esta mesma informação. Criada em 1948 pelo húngaro Dennis Gabor (mais tarde ganhador do Prêmio Nobel de Física), que descobriu que tendo descoberto que quando uma luz de coerência adequada se encontra com a luz difratada ou espalhada de um objeto é possível gravar tanto a informação da fase como a amplitude independente do material fotossensível responder somente a intensidade luminosa. Sendo assim a partir de um padrão de interferência registrado era possível obter a imagem de um objeto, e surge assim o holograma.

A holografia somente foi realizada pela primeira vez nos anos 60 com a utilização do laser e hoje em dia é utilizada pela física como uma sofisticada técnica fotográfica, de análise de materiais ou de armazenamento de dados, isto é, usada dentro da pesquisa científica no estudo de materiais, desenvolvimento de instrumentos ópticos, criação de redes de difração, etc. Na área da indústria tem aplicações no controle de qualidade de materiais e na segurança. Na tecnologia da informação testa-se o uso de hologramas como uma forma “óptica” de armazenamento de dados.

A holografia também é utilizada na área da comunicação como um “display” de alto impacto visual o que resultou no seu uso comercial como elemento promocional. Já nas artes visuais diversos artistas a usam como uma forma de expressão. Os pioneiros da holografia no Brasil foram o Prof. José Lunazzi, da UNICAMP, Moysés Baumstein e Fernando Catta-Preta, como forma de expressão artística a holografia ainda é recente demais para ser considerada “veterana” no assunto, uma estética holográfica está por ser desenvolvida, porém diversos artistas plásticos a utilizaram, entre eles a inglesa Margaret Benyon, os norte-americanos Rudie Berkhout e Harriet Casdin-Silver, os brasileiros Augusto de Campos e Décio Pignatari e a japonesa Setsuko Ishii. A primeira exposição de hologramas no Brasil foi organizada por Ivan Isola em 1981 no pavilhão da Bienal em São Paulo com hologramas produzidos em diversos países. Moysés Baumstein montou um laboratório em São Paulo dirigido à produção artística e comercial, ele desenvolveu técnicas próprias que resultaram em hologramas de grande impacto e qualidade. No final da década de 80 trabalhou com Augusto de Campos, Décio Pignatari, Júlio Plaza e Wagner Garcia expondo em diversos museus e instituições no Brasil e no exterior. Seu laboratório esteve em atividade de 1983 à 2007. Tendo em vista o aperfeiçoamento da geração de imagens em três dimensões utilizando luz branca José J. Lunazzi se dedicou a criação e desenvolvimento de técnicas de holoprojeção sobre uma tela difrativa chamada de tela holográfica [2]. Com a tela holográfica se tornou possível projetar objetos e ampliar hologramas, além de imagens vetoriais geradas por computador, imagens eletrônicas geradas por varredura e da holo-televisão [3]. Surgindo assim um novo tipo de imagem que foi denominada de holoimagens.

### 3. Objetivos

Projeto de física experimental que visa desenvolver uma maneira de gravar imagens como a de hologramas (o que chamamos de holoimagens) a partir de luz branca utilizando o princípio da fotografia Lippman.

A proposta inovadora publicada pelo Prof. Lunazzi em 1993 (pode ser acessada pelo link <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0904/0904.2598.pdf> - referência [1]), sugere que a luz proveniente de um objeto ao passar por uma rede de difração e focalizada em uma placa holográfica gera um espectro na placa. O espectro gerado, quando iluminado por uma fonte de luz branca reconstrói a trajetória dos raios de luz, que ao passarem pela rede de difração reproduz a imagem em relevo do objeto, temos assim a holoimagem. Se comprovarmos experimentalmente a veracidade da proposta teremos uma grande inovação nas pesquisas sobre holografia.

### 4. Teoria e Definições

#### *i) Holoimagens:*

Definimos uma holoimagem como uma imagem volumétrica produzida com a utilização de uma tela holográfica. Possui paralaxe contínua, mas diferente de um holograma, onde a imagem está registrada permanentemente no filme, uma holoimagem acontece sem o registro, ela é produzida através de uma projeção sobre a tela. Porém, como discutido na referencia 1, sabemos que a fotografia através de uma rede de difração gera um borrão colorido na imagem difratada e, foi demonstrado pelo professor Lunazzi que para cada comprimento de onda temos uma perspectiva diferente do objeto e rotacionada ( processo de codificação e decodificação por difração). Assim, se conseguirmos gerar uma reconstrução luminosa que conserve a informação do comprimento de onda e percorra o caminho inverso dos raios do objeto teremos uma imagem semelhante a holográfica.

A Fotografia Lippmann é de fundamental importância no processo, pois esta técnica reproduz fielmente os comprimentos de onda. Em uma fotografia convencional não se observa o mesmo efeito.

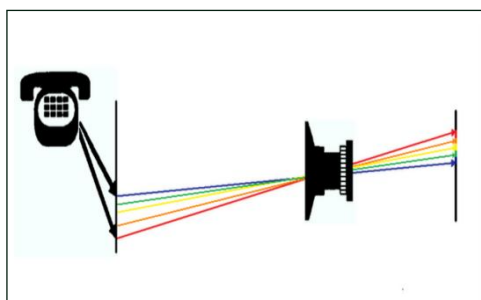


Figura 1 : Gravação de uma Holoimagem

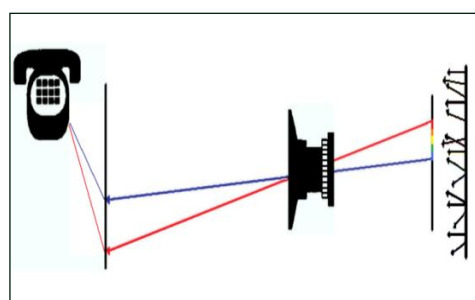


Figura 2 : Reconstrução de uma Holoimagem

## ii) Efeito Lippmann:

Lippmann descobriu uma técnica para obter fotografias coloridas baseado na produção de ondas luminosas estacionárias [4]. Onde era utilizada uma placa fotográfica de alta resolução muito semelhante aos filmes holográficos, e sobre a emulsão era colocado uma película refletora de mercúrio, assim era exposta a luz dentro de uma câmera fotográfica de forma que a face do vidro seja iluminada e face onde se encontra a emulsão estivesse em contato com a superfície refletora. Temos que a luz proveniente da cena fotografada e composta de inúmeros comprimentos de onda. Temos que em cada ponto são formadas ondas estacionarias e os anti-nodos são separados por meio comprimento de onda da cor incidente neste ponto.

## iii) Modelos para descrever como ocorre o registro na DCG [7]

Inicialmente temos que a gelatina é um polímero complexo essencialmente formado por proteínas (colágeno). Digamos que as moléculas da gelatina se apresentam na forma de fios capazes de serem dobrados sobre si mesmo ou de desenrolar, dependendo do meio em que se encontram. Quando dissolvemos a gelatina e aquecemos, temos que as suas proteínas se desenrolam e ligam-se entre si formando uma rede cristalina capaz de gelificar uma quantidade muito grande de água com poucas moléculas. Assim podemos dizer que o gel

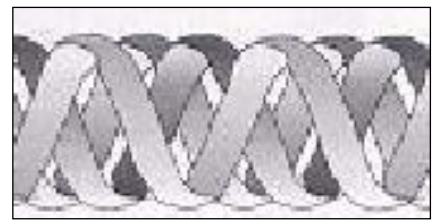


Figura 3 : O colágeno formado por três cadeias em hélice.

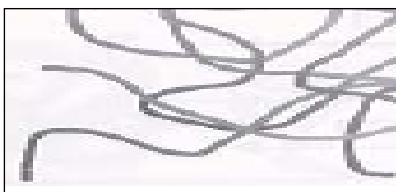


Figura 4 : O colágeno dissolvido. Não volta mais a se enrolar e acabam estabelecendo novas ligações entre si.

formado é principalmente composto por água uma vez que 10g de gelatina consegue gelificar 5 decilitros de água. Agora acrescentando o dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) nessa estrutura cristalina podemos supor que a sua distribuição seja homogênea e quando o dicromato de potássio é exposto a luz, ele se sensibiliza e se desprende da rede cristalina. Quando submetemos à emulsão a revelação a base de 50 % de álcool isopropílico a gelatina se expande muito e rompe na região onde se encontra o dicromato, já

no segundo banho com 100% de álcool isopropílico a gelatina sofre uma compressão muito rápida e acaba reordenando a rede cristalina, neste ponto o dicromato já foi removido, deixando apenas uma pequena esfera com vácuo em seu interior.

## 5. Procedimentos e Técnicas [7]

### i) *Produção da DCG:*

As emulsões de gelatina dicromatada são consideradas como um dos melhores meios para o registro de hologramas de modulação de fase. Para produzirmos, precisamos de:

Emulsão	Revelador
Água Destilada	Água Destilada
Gelatina Comercial Incolor em pó U.S.P	Álcool IsoPropílico
Dicromato de Potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) ou Dicromato de Amônio ( $(NH_4)_2Cr_2O_7$ )	Esmalte Translúcido (para proteção da emulsão após revelado)
Substratos de vidro	

A gelatina comercial que utilizamos é importada ( Gelatin Powder U.S.P ), e em seu rótulo diz que é melhor consumir antes do ano de 1985. Ou seja, ela está vencida, mas foi armazenada em local seco, conservando suas propriedades. Além disso, essas imagens já foram conseguidas uma vez (referência [7]) utilizando a mesma gelatina.

### ii) **Preparação da emulsão sensível à luz:**

- Para a fabricação da emulsão o laboratório deve estar à uma temperatura média de 20°C com umidade menor que 60%. A gelatina dicromatada, deve ser preparada, num vidro, utilizando :

água destilada, gelatina comercial incolor numa proporção 100:10 em pesos.

1. Utilizando uma agitador magnético com aquecimento, aquecemos a água até atingir uma temperatura de aproximadamente de 70°C, acrescentando gradualmente a gelatina ate que seja dissolvida por completo durante um tempo de 30 minutos.

2. Após dissolver a gelatina, acrescentamos o dicromato de potássio numa concentração equivalente a 0,9% do peso total da mistura precedente, agitando a mistura durante mais 10 minutos e retira-se finalmente o vidro com a mistura do agitador magnético.

3. Para a fabricação das placas sensíveis à luz, a gelatina dicromatada ainda líquida deve ser estendida uniformemente pelos substratos de vidro aquecidos a uma temperatura de 60°C.

4. Os substratos foram colocados sobre uma mesa nivelada. A gelatina dicromatada deve ficar secando durante um período de 12 horas antes de ser exposto. A grossura dos filmes sobre os substratos varia desde  $(50\pm 5)$   $\mu\text{m}$  a  $(90\pm 5)$   $\mu\text{m}$ .

### iii) Gravação da Holoimagem

Para tornar a montagem o mais simples possível utilizaremos com objeto o filamento de uma lâmpada de xenon branca. Assim montamos um suporte para a lâmpada de forma a deixar o filamento na posição horizontal e então colocamos a frente da lâmpada a rede difrativa de maneira que ela gere um espectro luminoso horizontal. Em seguida focalizamos o espectro com a uma lente objetiva. Abaixo, fotos da nossa montagem experimental com as redes, lentes e lâmpada:

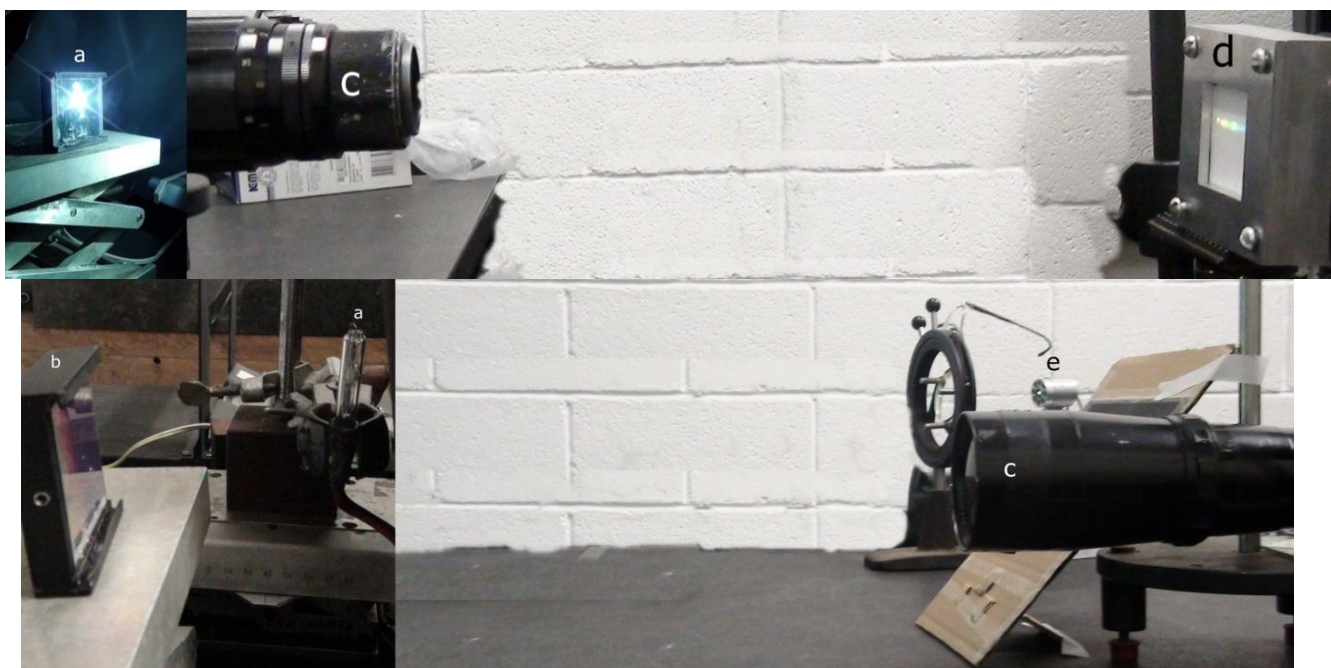


Figura 5: Componentes da montagem experimental (a) lâmpada (b) rede de difração (c) objetiva (d) anteparo com rede para gravar espectro (e) laser utilizado para marca a região verde do espectro, melhor refletida pela DCG.



#### iv) Revelação:

- Após expor os substratos submetemos imediatamente ao processo de revelação, sem ter necessidade utilizar um quarto escuro.

1. Este processo consiste em introduzir a emulsão num recipiente que contenha 50 ml álcool isopropílico e de 50 ml de água destilada por um tempo de 5 minutos sendo agitado continuamente.

2. Coloca se a emulsão num recipiente que contenha 100 ml de álcool Isopropílico por um tempo de 2 minutos sendo agitado continuamente.

#### v) Secagem

Para a secagem utilizar um secador de cabelos, situado à 15 cm do substrato durante um tempo de 5 minutos. Em atmosferas muito úmidas a gelatina absorve água do meio, por isso após a secagem deve se aplicar uma camada de esmalte translúcido. Foi observado que utilizando um secador profissional, de maior potência, há aumento no brilho do holograma após a revelação.

#### vi) Espectro da luz da lâmpada de xenônio

Como mencionado anteriormente, utilizamos uma lâmpada de xenônio para gravar as holoimagens. A lâmpada de xenônio é diferente na medida em que produz um espectro contínuo e em grande parte uniforme em toda a região visível. Isso acontece pois o perfil de emissão da lâmpada de xenônio apresenta uma temperatura de cor de aproximadamente 6000 K (próxima à da luz do sol) e faltam linhas de emissão de destaque.

Esta fonte de iluminação é mais vantajosa do que as lâmpadas de vapor de mercúrio, por exemplo, para muitas aplicações em microscopia de fluorescência quantitativa.

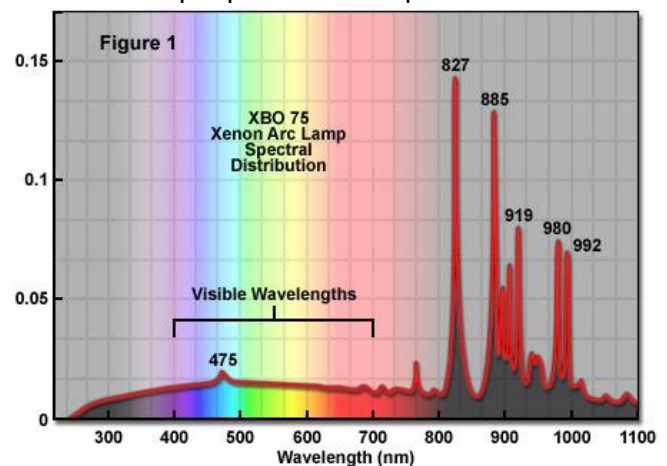


Figura 6: Espectro para a lâmpada de xenônio

De fato, nas regiões azul-verde (440-540 nanômetros) e vermelho (685-700 nanômetros), que são as regiões que conseguimos capturar com a DCG, a 75 watts lâmpada de arco xenon é mais brilhante do que uma de 100 watts comparáveis (HBO 100) lâmpada de arco de mercúrio.<sup>[8]</sup>

Devido ao longo tempo de exposição, passamos a utilizar uma lâmpada halógena cuja foto do espectro pode ser vista na figura 7:

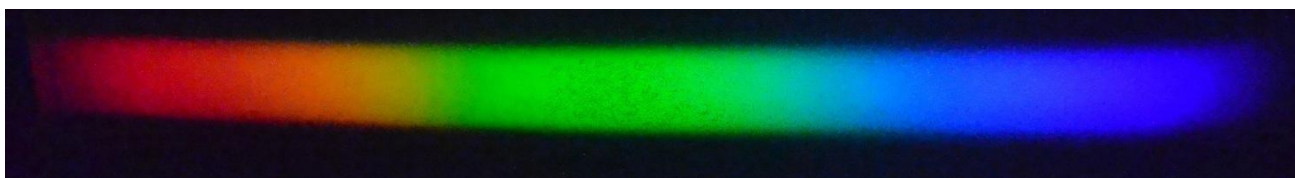


Figura 7: foto do espectro para a lâmpada halogena

## 6. Resultados Obtidos

As primeiras imagens obtidas não ficaram bem definidas por conta da resolução da nossa máquina fotográfica. Com a aquisição da Nikon, a fotografia dos espectros ficaram melhores:

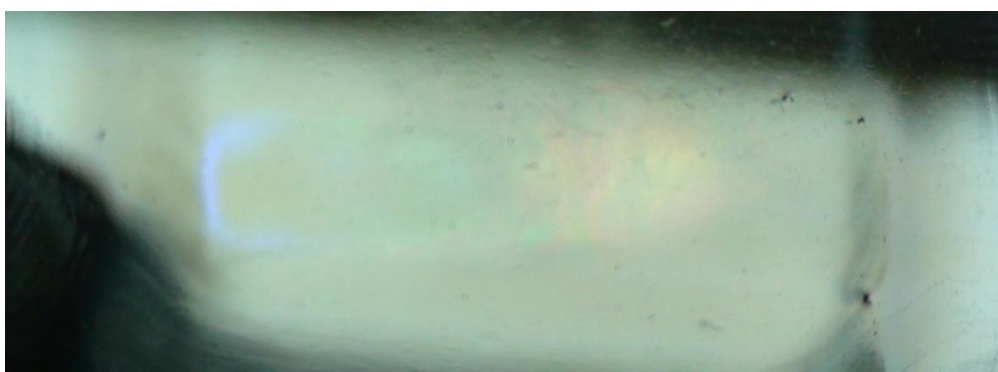


Figura 8: Espectro gravado com lâmpada de xênon e fotografado com câmera comum. É possível ver um pouco do azul e do vermelho. O verde não foi capturado pela câmera, mas está intermediário entre as cores vistas.

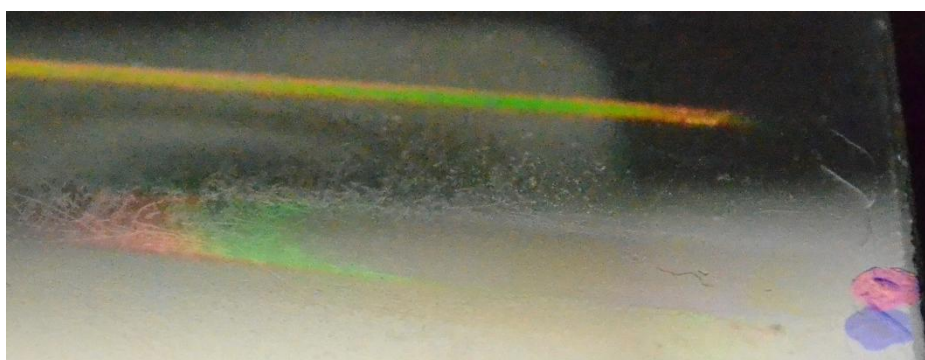


Figura 9: Espectro gravado com lâmpada halogena e fotografado com câmera Nikon. É possível ver o vermelho, amarelo, verde e azul. Podemos comparar a imagem acima com a imagem 7 e ver que o espectro está bem parecido.

Ainda estamos analisando o porquê, mas, apesar da DCG ser mais sensível para o azul, as placas registram apenas os extremos (o centro fica escuro).

## 7. Comentários do Orientador (Prof. José Joaquim Lunazzi)

"O trabalho vem se desenvolvendo bem, temos obtido os primeiros resultados promissores visando atingir o brilho que uma vez já um outro aluno tinha conseguido. Há ainda incerteza quanto aos parâmetros de realização das tomadas e problemas de durabilidade do registro. Esperamos uma melhora até o final do curso."

## 8. Referências

1. J.J Lunazzi. "WhiteLight Colour Photography for Rendering Holoimages in a Diffractive Screen"; Published in the **Fourth International Conference on Holographic Systems, Components and Applications**, Neuchatel, Switzerland, 13-15 September 1993 (Conf. Publ. No.379). IEE; London; UK. pp. 153-6; 1993.  
( link: <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0904/0904.2598.pdf>)
2. Lunazzi, J. J. "Holoprojection of images by a double diffraction process", in: "Opt. e Fis. Atômica", Proc. of the **XIV Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada**, SBF eds., Caxambu-MG-BR, V.S. Bagnto, C. H. de Brito Cruz eds., 7-11.5.91, p.OTI 5a. 12:00.  
(link: <http://arxiv.org/ftp/physics/papers/0508/0508108.pdf> )
3. J. J. Lunazzi, D. S. F. Magalhães, N. I. R. Rivera, and R. L. Serra. **A Holo-television system with a single plane**. Opt. Lett., 34:533–535,2009.  
(link: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19373365>)
4. Sears, F. W. "Física – Óptica" Rio de Janeiro, Livro Técnico LTDA., 1956. Páginas: 205-206.
5. D. S. F. Magalhães, **Construção de Telas Holográficas e Aplicações**. PhD thesis, Universidade Estadual de Campinas, 2009. (link: <http://webbif.ifi.unicamp.br/teses/apresentacao.php?filename=IF1411>)
6. V. Romero-Arellano, C. Solano y G. Martínez-Ponce. **Gelatina dicromatada modificada para incrementar su resistencia a la humedad**. Revista Mexicana de Física, 52(2) 99-103, abril 2006.  
(link: <http://www.ejournal.unam.mx/rmf/no522/RMF52202.pdf>)
7. A.L. Vannucci, J.J. Lunazzi . **Gravação de Holoimagens a partir de um sistema que utiliza redes de difração e luz branca**. IFGW, Unicamp ( link <http://www.prp.unicamp.br/pibic/congressos/xviicongresso/resumos/083245.pdf>)
8. Fundamentals of xênon arc lamps (link <http://zeiss-campus.magnet.fsu.edu/articles/lightsources/xenonarc.html>)