

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA POLITÉCNICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE**

ALEKCEY GLAZER GAVIOLI COLIONE

**ESTUDO COMPARATIVO DOS MÉTODOS DE IMPRESSÃO PARA
VISUALIZAÇÃO DE IMAGENS ANATÔMICAS
ESTEREOSCÓPICAS ANAGLÍFICAS**

CURITIBA

2012

ALEKCEY GLAZER GAVIOLI COLIONE

**ESTUDO COMPARATIVO DOS MÉTODOS DE IMPRESSÃO PARA
VISUALIZAÇÃO DE IMAGENS ANATÔMICAS
ESTEREOSCÓPICAS ANAGLÍFICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde,
Área de concentração: Bioengenharia, da
Escola Politécnica, da Pontifícia Universidade
Católica do Paraná, como requisito parcial à
obtenção do título de mestre em Tecnologia
em Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto Aguiar
Coorientador: Prof. Dr. Munir Antônio Gariba

CURITIBA

2012

ALEKCEY GLAZER GAVIOLI COLIONE

**ESTUDO COMPARATIVO DOS MÉTODOS DE IMPRESSÃO PARA
VISUALIZAÇÃO DE IMAGENS ANATÔMICAS ESTEREOSCÓPICAS
ANAGLÍFICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde, Área de concentração: Bioengenharia, da Escola Politécnica, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Tecnologia em Saúde.

COMISSÃO EXAMINADORA

Professor 1 (Titulação e nome completo)

Instituição 1

Professor 2 (Titulação e nome completo)

Instituição 2

Professor 3 (Titulação e nome completo)

Instituição 3

Cidade, ____ de _____ de 20__.

Eu dedico este trabalho a meu avô Luiz Gavioli,
que apesar de não ter conhecimento da palavra escrita,
nutriu o sentimento da importância do estudo na vida de seus filhos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, por ter me abençoado com o “sopro da vida”.

Aos cadáveres, que através da doação de seus corpos, permitiram que as fotos necessárias para o desenvolvimento deste trabalho fossem realizadas.

A todos os avaliadores que doaram seu precioso tempo, em especial ao Dr. Ricardo Ramina e sua equipe do hospital INC, pela ajuda inestimável.

A Prof. Dra. Carolina Martins, por ter aberto as portas iniciais para este estudo.

A Prof. Dra. Márcia Olandoski, pela paciência e competência no tratamento estatístico deste material.

A meus pais, por terem me ensinado o prazer pela leitura.

A minha esposa e companheira Clícia, por ter me apoiado nesta caminhada.

A minha filha Isabela, que apesar de muito nova, entendeu a importância do meu afastamento temporário para produção deste material.

Ao Prof. Dr. Munir A. Gariba pelo apoio e direcionamentos.

A todos os Drs. do PPGTS, em especial para o Dr. Gerson Link Bichinho pelas elucidantes aulas de imagem.

Ao CNPq, pela bolsa de apoio técnico obtida para execução deste projeto.

Especialmente ao Prof. Dr. Luiz Roberto Aguiar, sem o qual este trabalho não seria possível.

“ Só sei que nada sei ”.

(SÓCRATES, 469-399 a.C)

RESUMO

A estereoscopia vem sendo utilizada há décadas em diversas áreas do conhecimento. Na medicina, seu uso traz benefícios incontestáveis, principalmente para o estudo da anatomia de pequenas estruturas. O objetivo deste trabalho é analisar e comparar métodos de impressão de imagens anatômicas estereoscópicas utilizando técnica anaglífica. Os pares estereoscópicos foram realizados com máquina fotográfica digital de alta definição e as imagens anaglíficas criadas com o auxílio do software Adobe Photoshop. Posteriormente, foram impressas utilizando-se quatro métodos distintos, offset convencional, offset estocástico, laser fotográfico e jato de tinta. O estudo permitiu identificar que o método de impressão laser fotográfico permite a melhor observação de estruturas anatômicas na técnica anaglífica, seguido pelo offset estocástico. O método offset convencional, utilizado, atualmente, na maior parte das impressões, não se mostrou a melhor forma de impressão anaglífica.

Palavras-chave: Neuroanatomia; percepção de profundidade; fotografia/métodos; recursos audiovisuais; impressão/métodos;

ABSTRACT

Stereoscopy has been used in many areas of knowledge for decades. In medicine, it brings undeniable benefits, especially for small structures anatomy study. The main objective of this work is to analyze and compare different image printing methods using anatomical stereoscopic anaglyphic technique. The stereoscopic pairs were obtained with a high-definition digital camera and the anaglyphic images created using the Adobe Photoshop software. The produced images were printed by four different methods: conventional offset, stochastic offset, laser and inkjet. The laser photographic printing method allows better observation of the three dimensional aspects of anatomical structures in anaglyphic technique, followed by the stochastic offset printing, leading to the conclusion that the conventional offset method, routinely used in the vast majority of the available anatomic material, is not the best way to print anaglyphic images.

Keywords: Neuroanatomy; depth perception; photography/methods; audiovisual aids; printing/methods;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: O olho humano e as suas partes componentes	18
Figura 2: Fotografia da retina humana, visualizada através de fundoscopia.....	20
Figura 3: Densidade de bastonetes e cones	21
Figura 4: O caminho visual.....	22
Figura 5: Representação da projeção das fibras da retina.....	24
Figura 6: Projeções do córtex visual primário.....	25
Figura 7: Evolução craniana nos hominídeos	26
Figura 8: Um cubo está parcialmente encobrindo uma esfera	27
Figura 9: Perspectiva linear	28
Figura 10: Perspectiva aérea	29
Figura 11: Ilusão de profundidade por textura e perspectiva	30
Figura 12: Reprodução da pintura “Huyendo de la crítica”	31
Figura 13: Ilustração da parte superior do corpo humano	32
Figura 14: Ilustração simplificada da paralaxe de um objeto	33
Figura 15: Disparidade binocular.....	34
Figura 16: Demonstração dos tipos de paralaxe	36
Figura 18: Área fusional de Panum	37
Figura 19: Importantes personagens da história da estereoscopia.....	38
Figura 20: Dois exemplos de pares estereoscópicos comercializados	39
Figura 21: Gráfico mostrando os lançamentos de filmes em 3D	40
Figura 22: Par estereoscópico produzido a partir de radiografias	41
Figura 23: Aparelhos para visualização estereoscópica lado a lado	43
Figura 24: Propagação ondulatória da luz em várias direções.....	45
Figura 25: Óculos polarizador comum.....	46
Figura 26: Explicação do método de impressão lenticular	48
Figura 27: Diagrama visual-cognitivo do processamento de uma imagem	50
Figura 28: Ilustração exemplificando os sistemas de impressão.....	52
Figura 29: Diagrama simplificado do mecanismo de funcionamento <i>Offset</i>	54
Figura 30: Ilustração de retícula convencional	56
Figura 31: Fotografia da mesa automatizada criada pelo autor	59
Figura 32: Deslocamento do eixo próprio da câmera.....	86
Figura 33: Figura ilustrando o efeito Keystone.....	87

Figura 34: Ampliação de 20X de um detalhe das imagens impressas	94
Figura 35: Ilustração mostrando a diferença entre acutância e resolução	109
Figura 36: Fotografias com baixa e alta acutância respectivamente	110
Figura 37: Fotografias ilustrando a diferença entre baixa e alta resolução	111
Figura 38: Fotografia ilustrando a diferença entre acutância e resolução	112
Figura 39: Imagens ilustrando a variável saturação	113
Figura 40: Imagens ilustrando a diferença (tendências) na matiz	114
Figura 41: Imagens ilustrativa do brilho.....	115
Figura 42: Imagens ilustrando o contraste de uma imagem.....	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação da percepção de bordas nas imagens	65
Tabela 2: Comparação das impressões duas a duas.	65
Tabela 3: Defeitos ou sujidades encontradas nas impressões.....	66
Tabela 4: Comparação das impressões duas a duas. Sujidades.....	66
Tabela 5: Reflexo da luz no papel dificultando a visualização.....	67
Tabela 6: Comparação das impressões duas a duas. Reflexo da luz no papel.	67
Tabela 7: Efeito de profundidade 3D estereoscópico.....	68
Tabela 8: Comparação das impressões duas a duas. Profundidade 3D.....	68
Tabela 9: Nitidez dos pequenos detalhes.	69
Tabela 10: Comparação das impressões duas a duas.	69
Tabela 11: Nitidez global das imagens.....	70
Tabela 12: Comparação das impressões duas a duas. Nitidez global.	70
Tabela 13: Saturação das cores nas imagens.	71
Tabela 14: Comparação das impressões duas a duas.	71
Tabela 15: Matiz ou tendências para azulado, avermelhado, etc.....	72
Tabela 16: Comparação das impressões duas a duas. Matiz.	72
Tabela 17: Bordas visíveis quando observados com óculos anaglífico.....	73
Tabela 18: Comparação das impressões duas a duas. Bordas.	73
Tabela 19: Defeitos e sujidades.	74
Tabela 20: Comparação das impressões duas a duas.	74
Tabela 21: Efeito de profundidade 3D estereoscópico.....	75
Tabela 22: Comparação das impressões duas a duas. Efeito 3D.....	75
Tabela 25: Nitidez dos pequenos detalhes.	76
Tabela 26: Comparação das impressões duas a duas. Nitidez dos detalhes.	76
Tabela 27: Nitidez global da imagem.	77
Tabela 28: Comparação das impressões duas a duas. Nitidez global.	77
Tabela 29: Resolução.	78
Tabela 30: Comparação das impressões duas a duas.	78
Tabela 31: Precisão na reprodução das cores.	79
Tabela 32: Comparação das impressões duas a duas. Precisão das cores.	79
Tabela 33: Saturação das cores.....	80
Tabela 34: Comparação das impressões duas a duas.	80

Tabela 35: Contraste das imagens.....	81
Tabela 36: Comparação das impressões duas a duas. Contraste.	81
Tabela 37: Bordas visíveis com óculos anaglífico.	82
Tabela 38: Comparação das impressões duas a duas. Bordas.	82
Tabela 39: Defeitos ou sujidades.	83
Tabela 40: Comparação das impressões duas a duas. Sujidades.....	83
Tabela 41: Reflexo da luz no papel.	84
Tabela 42: Comparação das impressões duas a duas. Reflexo da luz no papel.	84
Tabela 43: Efeito de profundidade 3D.....	85
Tabela 44: Comparação das impressões duas a duas. Profundidade 3D.....	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Amplitude Modulada
BMP	Bitmap
CTP	Computer to plate
CTPRESS	Computer to press
DLP	Digital Light Processing
dpi	Dots per inch
FM	Frequência Modulada
GIMP	GNU Image Manipulation Program
HVS	Human Visual System
ISO	Fotografia: Medida da sensibilidade de superfícies sensíveis à luz
	Padronização: International Organization for Standardization
JPEG	Joint Photographic Expert Group
K	Kelvin – Medida da temperatura termodinâmica
Lpi	Lines per inch
MAE	Mean absolute error
Megapixel	Equivalente a um milhão de pixels
MSE	Mean square error
pH	Potencial de hidrogênio iônico
PSNR	Peak signal to noise ratio
RGB	Red, Green, Blue
RMSE	Root mean squared error
SNR	Signal-to-noise ratio
TIFF	Tagged Image File Format

SUMÁRIO

1	Introdução	16
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO PRINCIPAL.....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	IMAGENS TRIDIMENSIONAIS.....	18
3.1.1	Anatomia do sistema visual.....	18
3.1.2	Visão binocular.....	21
3.1.3	O cérebro e a visão em profundidade.....	26
3.1.4	Propriedades monoculares.....	27
3.1.5	Propriedades binoculares.....	32
3.1.6	Estereoscopia: história e utilização na medicina.....	37
3.2	MÉTODOS DE VISUALIZAÇÃO DOS PARES ESTEREOSCÓPICOS	42
3.2.1	Visualização lado a lado.....	42
3.2.2	Visualização pelo método anaglífico:.....	43
3.2.3	Visualização com filtro polarizador:	44
3.2.4	Visualização com óculos obturadores sincronizados (<i>Active Shutter Glasses</i>) .	46
3.2.5	Impressão lenticular	47
4	QUALIDADE DE IMAGENS IMPRESSAS.....	48
5	SISTEMAS DE IMPRESSÃO	51
5.1	PROCESSOS DE IMPRESSÃO	52
5.2	MATRIZES DE IMPRESSÃO.....	55
6	TIPOS DE PAPEL	56
6.1	A FABRICAÇÃO	56
7	MATERIAIS E MÉTODO	59
7.1	AQUISIÇÃO FOTOGRÁFICA.....	59
7.2	EDIÇÃO E CONVERSÃO PARA O MÉTODO ANAGLÍFICO.....	60
7.3	IMPRESSÃO	60
7.4	AVALIAÇÃO DAS IMAGENS.....	61
8	RESULTADOS	64
8.1	ESPECIALISTAS EM IMAGEM.....	65
8.2	ESPECIALISTAS EM ANATOMIA	69

8.3	ESPECIALISTAS EM IMAGEM E ANATOMIA AGRUPADOS.....	76
9	DISCUSSÃO	86
9.1	DISCUSSÃO SOBRE O MÉTODO ADOTADO	86
9.2	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	91
10	CONCLUSÕES	96
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
	APÊNDICE A - análise do projeto de pesquisa.....	104
	APÊNDICE B - termo de autorização do uso de imagem.....	105
	APÊNDICE C - parecer do conselho de ética.....	106
	APÊNDICE D - folha de rosto conep.....	107
	APÊNDICE E - termo de compromisso de utilização dos dados	108
	ANEXO A - manual de instruções	109
	Nitidez.....	109
	Cores	113
	Luminosidade.....	114
	ANEXO B - questionário de avaliação	117
	ANEXO C - teste de ishihara.....	125
	ANEXO D - resultados na íntegra – Especialistas em imagem	127
	ANEXO D - resultados na íntegra – Especialistas em anatomia	128
	ANEXO D - resultados na íntegra – Especialistas em conjunto.....	129
	ANEXO E – Sistemas e processos de impressão.....	130

1 INTRODUÇÃO

Na área médica, nos últimos 30 a 40 anos, observa-se um crescimento extremamente rápido de novas técnicas de produção de imagens em indivíduos vivos. As imagens de endoscopia, microcirurgia, tomografia computadorizada e ressonância magnética são alguns exemplos (BELLIVEAU, J. W. *et al.*, 1991). Com a inserção da ciência de computação, o desenvolvimento de computação gráfica e de potentes softwares de processamento de imagens (MENESES, M. S. *et al.*, 2002), novas possibilidades surgiram, permitindo a visualização tridimensional das estruturas, de uma forma anteriormente inimaginável. O surgimento destas novas e sofisticadas técnicas de imagens se fez acompanhar do desenvolvimento do conceito de terapias minimamente invasivas, destinadas a órgãos específicos, ou ainda, a segmentos dentro destes órgãos (JACOBS, M. *et al.*, 1991; DODD, G. D. *et al.*, 2000). Como resultado, o conhecimento da anatomia macroscópica readquiriu importância significativa – não somente para poder interpretar as imagens produzidas por estas sofisticadas técnicas, mas para: a) compreender as variações anatômicas, b) entender a anatomia de áreas antes inacessíveis e c) as possíveis vias de acesso e tratamento a estas regiões.

A maioria dos atlas modernos de anatomia humana possui figuras (fotos e ilustrações) de boa qualidade com adequada impressão. Carecem, no entanto, de fornecer ao aluno as noções de profundidade das peças anatômicas, habilidade essencial para o aprendizado da anatomia e de princípios de cirurgia.

Dentro deste contexto, a produção de material anatômico estereoscópico, e sua publicação em meios digitais ou impressos adquire uma importância fundamental.

Impressões estereoscópicas anaglíficas são importantes ferramentas para o ensino e publicação científica de imagens da anatomia humana, especialmente para cirurgiões e radiologistas. (RIBAS, G. C. *et al.*, 2001).

O presente trabalho pretende desenvolver a técnica de aquisição e composição de imagens do sistema nervoso central no laboratório de Neuroanatomia da PUCPR e comparar diferentes métodos de impressão, com o objetivo de identificar formas eficientes de visualização estereoscópica no método anaglífico.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Comparar de maneira qualitativa as técnicas de impressão existentes atualmente para a visualização de imagens estereoscópicas anaglíficas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Produzir pares estereoscópicos a partir de fotografias em alta definição de peças anatômicas da região encefálica;

Editar o material fotográfico e desenvolver a metodologia de conversão dos pares estereoscópicos no método anaglífico;

Analisar diferentes processos de impressão para imagens anaglíficas e definir qual técnica produz resultados de melhor qualidade.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 IMAGENS TRIDIMENSIONAIS

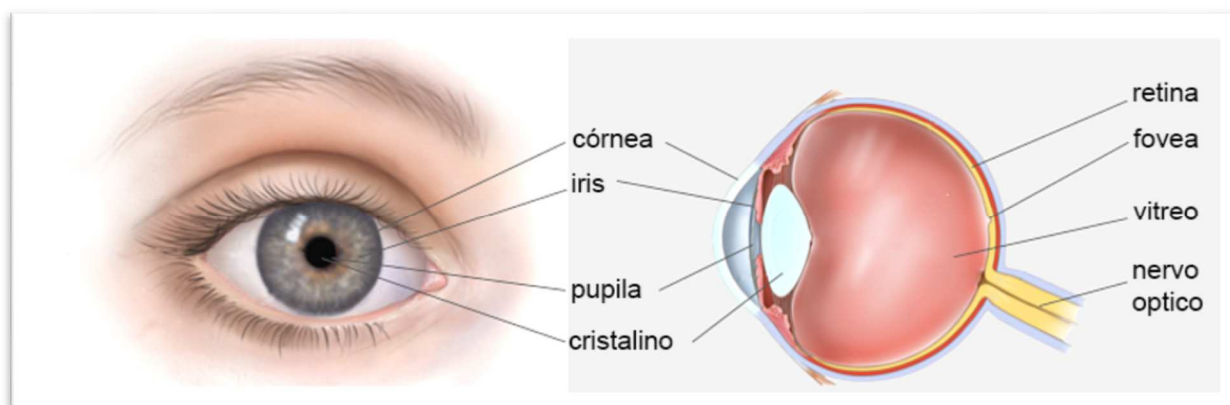
3.1.1 Anatomia do sistema visual

Uma análise microscópica do córtex cerebral mostra um grande número de neurônios, cerca de 100.000 para cada milímetro quadrado, perfazendo um total de cerca de 100 bilhões de neurônios (HUBEL, D. H.; WIESEL, T. N., 1979; LENT, R., 2002).

Uma das importantes descobertas do século 19 foi a de que o córtex é subdividido em diferentes regiões com funções distintas. Uma destas áreas, localizada na porção mais posterior do cérebro, no polo occipital, é a área primária da visão. Mais recentemente descobriu-se que diferentes áreas agem em conjunto para realizar determinada função. Isto é o que ocorre com a visão, que necessita de diferentes áreas, nos dois hemisférios cerebrais para elaborar o padrão de visualização, interpretação e memória da visão tridimensional. A base neural para esse processo tem sido exaustivamente estudada (BACKUS, B. T., 2000).

O sistema visual está entre os mais complexos do sistema nervoso (KANDEL, E. R. *et al.*, 2000). O trajeto que a luz necessita trilhar para ser percebida conscientemente pelo telencéfalo se inicia nos olhos (figura 1), e alguns conceitos anatômicos a respeito deste órgão e das vias respectivas que daí se originam são fundamentais para a compreensão deste trabalho.

Figura 1: O olho humano e as suas partes componentes. À esquerda, vista frontal e à direita vista sagital do olho.



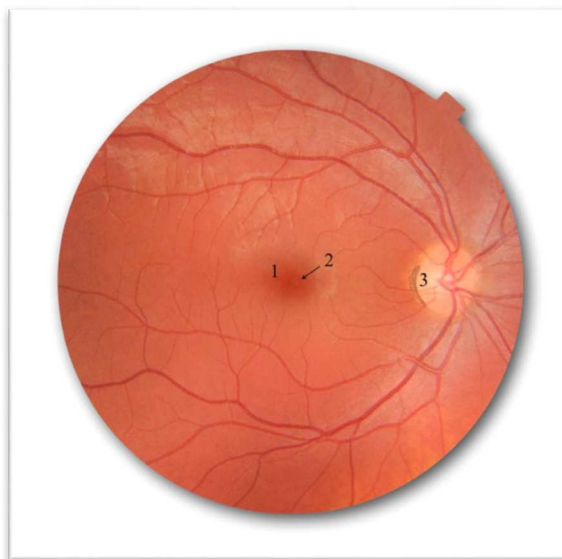
Fonte: Modificado de <http://www.laboratoriorigor.com.br/anatomia.html>. Acessado em 08/2011.

Para atingir a retina, o órgão receptor desta sensibilidade especial, a onda eletromagnética da luz sofre difração ao passar por um conjunto de lentes e meios transparentes, sendo os primeiros a córnea e o humor aquoso, na câmara anterior do olho. A pupila, o equivalente ao diafragma numa câmera fotográfica, controla a quantidade de luz que entra nos olhos, através da contração dos músculos da íris, a parte colorida do olho (RAMOS, A., 2006). O foco da imagem na retina é conseguido com o auxílio de uma lente biconvexa, o cristalino, que projeta a imagem na retina de forma espelhada nos eixos horizontal e vertical. O diâmetro do cristalino pode ser alterado discretamente pela contração ou relaxamento dos músculos ciliares que, tracionando seus polos muda seu diâmetro e, conseqüentemente, a distância focal e a capacidade de difração.

A retina, que reveste a parte posterior, côncava, do globo ocular, é uma estrutura laminar formada por cinco camadas ou lâminas de células (lâmina de células ganglionares, lâmina sináptica interna, lâmina nuclear interna, lâmina sináptica externa e lâmina nuclear externa). Na última camada, lâmina nuclear externa, encontram-se as células especializadas que funcionam como receptores para a luz (fotorreceptores), cuja sensibilização se dá através de processos químicos (RAMOS, A., 2006). A retina possui sensibilidade diferente em sua extensão. A mácula, localizada no centro da retina e sua porção mais central, denominada fóvea, são os locais onde existe maior resolução visual (figura 2).

Quando a luz refletida de um objeto penetra no olho, os músculos ciliares se contraem, tracionando o cristalino, de forma a projetar a imagem na fóvea. A esta propriedade dá-se o nome de acomodação. O centro da pupila e o centro da fóvea estão dispostos exatamente em linha reta, denominada eixo óptico (KANDEL, E. R. *et al.*, 2000).

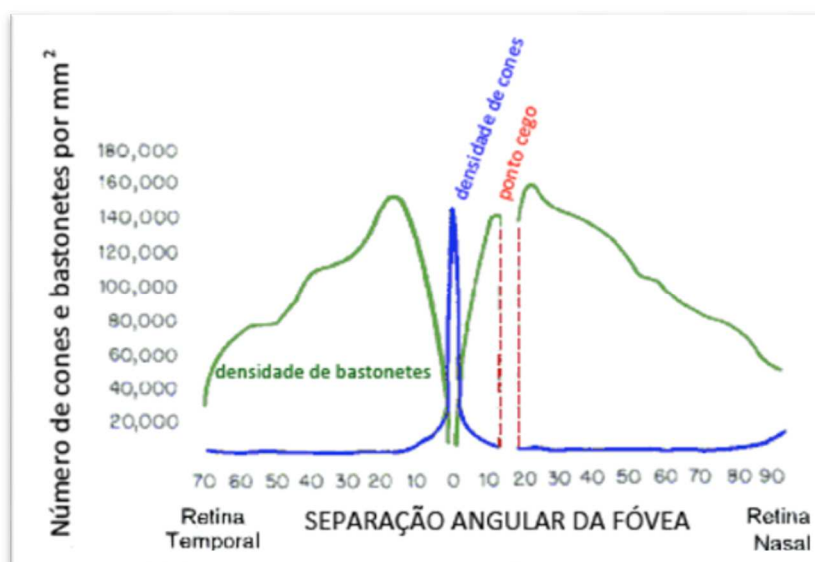
Figura 2: Fotografia da retina humana, visualizada através de fundoscopia. 1= mácula (porção central da retina); 2 = fóvea (área de maior concentração de cones); 3 = papila do nervo óptico (região de origem do nervo óptico, ponto cego do olho).



Fonte: Modificado de: http://en.wikipedia.org/wiki/Macula_of_retina acessado em 08/2012

A porção foveal da retina é composta por células nervosas especiais denominadas cones, que contêm fotopigmentos para visão de luz e cor em três diferentes classes, de acordo com seu espectro de absorção: vermelho, verde e azul (Red, Green, Blue ou RGB). A densidade de cones é máxima na fóvea ($200.000/\text{mm}^2$) e diminui progressivamente conforme nos movemos para fora dela, onde os bastonetes (numa concentração de até $175.000/\text{mm}^2$) são responsáveis pela visão com pouca luminosidade, essencialmente monocromática, e percepção de movimento. Estes contêm um pigmento visual, a rodopsina, capaz de absorver os fótons e transformar a luz em potencial elétrico. (ROPPER, A. H.; BROWN, R. H., 2005). A figura 3 ilustra a densidade de bastonetes e cones (número de células por mm^2 , eixo vertical) em relação à posição relativa na retina (eixo horizontal). No ponto central (0 grau) observa-se concentração máxima de cones.

Figura 3: Densidade de bastonetes e cones (número de células por mm², eixo vertical) em relação à posição relativa na retina (eixo horizontal). No ponto central (0 grau) observa-se concentração máxima de cones. Na posição entre 10 e 20 graus em direção à retina nasal, encontra-se o ponto cego, correspondendo à papila do nervo óptico.



Fonte: Modificado de <http://cor-sensacao.blogspot.com/2010/02/distribuicao-no-olho.html>. Acessado em 08/2011.

3.1.2 Visão binocular

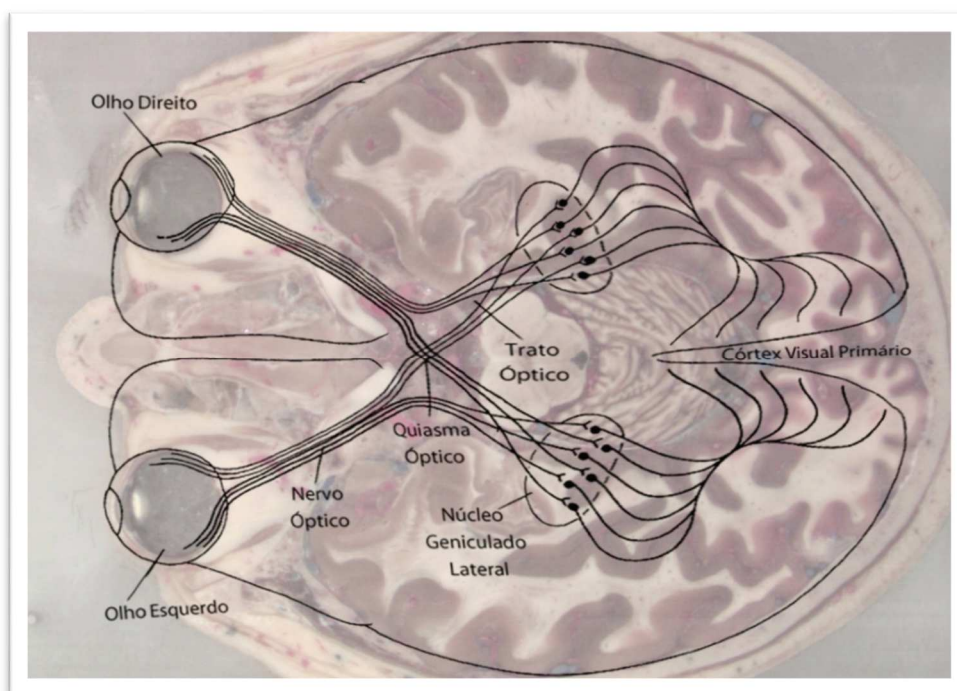
A onda eletromagnética da luz, transformada em impulso elétrico (potencial de ação) na retina, é então transmitida ao cérebro por aproximadamente 1 milhão de fibras nervosas, empacotadas em cada um dos nervos ópticos, também denominados “segundo par” de nervos cranianos (ROPPER, A. H.; BROWNL, R. H., 2005).

O nervo óptico contém o conjunto de axônios mielinizados de todos os neurônios que se originam na retina. Ao penetrar na cavidade craniana, através do forame óptico, o nervo conserva uma organização somatotópica, com as fibras que se originam da retina medial em posição medial e, lateralmente estão as fibras que se originam na porção lateral da retina. Os nervos ópticos seguem uma orientação convergente e se encontram na linha média do crânio, onde a metade dos axônios, correspondente à retina medial, cruzam a linha média, e a metade lateral segue seu trajeto do mesmo lado. A partir deste local, denominado quiasma óptico (que se localiza imediatamente acima da estrutura óssea da sela túrcica, que contém em seu interior a glândula hipófise), as fibras correspondentes à retina lateral do mesmo lado e as fibras da retina nasal contralateral se unem e formam os tractos ópticos, direito e esquerdo, que se projetam no núcleo geniculado lateral do tálamo, de cada

lado. Este núcleo forma uma projeção na superfície ventral do diencefalo denominada corpo geniculado lateral. Neste local ocorre a primeira sinapse intracraniana da via óptica.

O tracto que aí se forma (tracto geniculocalcarino) é denominado radiação óptica. Originando-se no corpo geniculado lateral, suas fibras contornam o ventrículo lateral, curvando-se posteriormente em direção ao córtex visual. Algumas fibras geniculocalcarinas, oriundas da porção inferior do corpo geniculado lateral, estendem-se até o corno temporal do ventrículo lateral, constituindo a alça temporal ou alça de Meyer da radiação óptica.

Figura 4: O caminho visual.



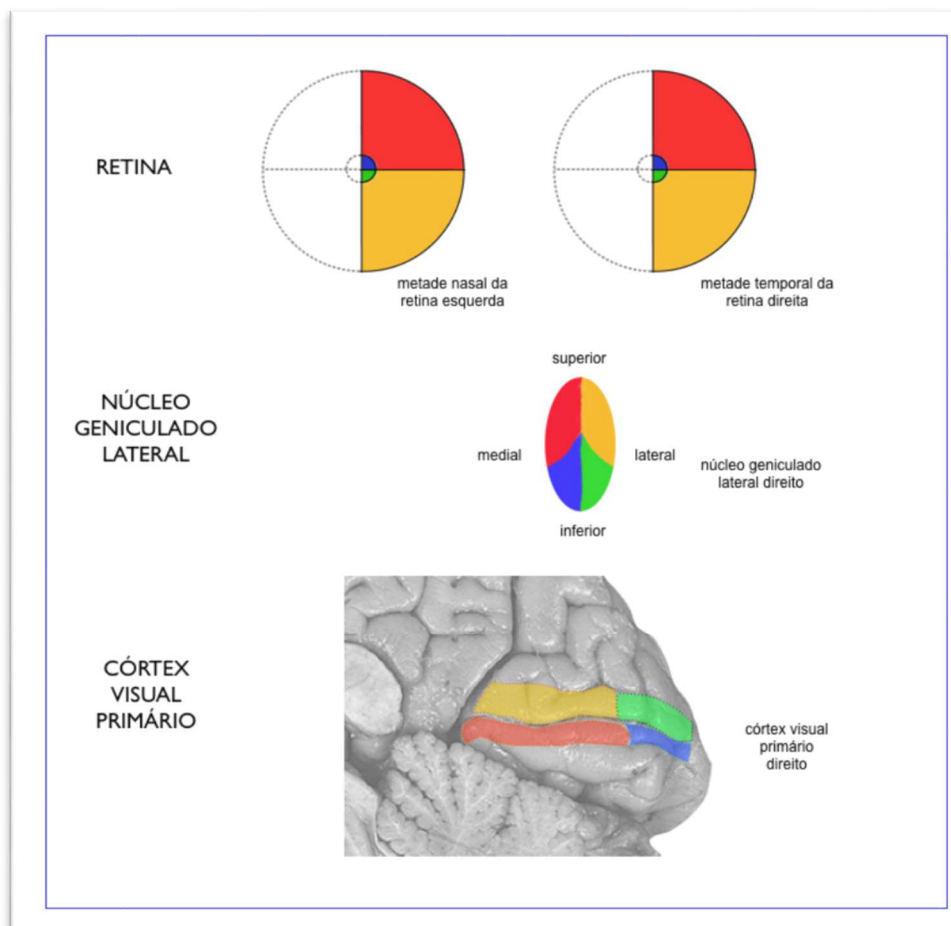
Fonte: Modificado de Brain mechanisms of vision e BrainMaps.org. Acessado em 06/2012.

Como resultado do cruzamento das fibras no quiasma óptico, o geniculado e o córtex visual primário do lado direito estão conectados com as metades direitas das retinas de ambos os olhos, encarregadas da visão das duas metades esquerdas do campo visual. O inverso é verdadeiro para o lado esquerdo. No corpo geniculado lateral se observa uma distribuição regular das fibras, de acordo com sua origem. Da mesma forma no córtex visual primário verifica-se esta representação das projeções da retina (figura 5).

A percepção de um objeto no campo visual retiniano, é invertida no sentido supero-inferior e revertida da esquerda para direita. No núcleo geniculado lateral a porção superior de fibras corresponde à visão mais periférica da retina, enquanto que a porção inferior contém as fibras da visão macular e para-macular. As fibras laterais, relacionadas aos quadrantes inferiores da retina central e macular formam a parte mais lateral da radiação óptica, a alça de Meyer. As fibras mais mediais correspondem às porções superiores da retina. Mantendo o padrão de organização da origem das fibras, a metade inferior da córtex visual primário, a porção que se localiza logo abaixo do sulco calcarino, no giro da língula, recebe as fibras correspondentes à retina superior, a porção macular superior estando representada na área mais posterior. O quadrante superior periférico da retina corresponde aos 2/3 mais anteriores da região da língula. Já a porção inferior do cúneo, giro que se situa logo acima do sulco calcarino, recebe as fibras do quadrante inferior da retina, e obedece ao mesmo padrão, fibras periféricas mais à frente e as da região macular correspondendo ao polo occipital. (HUBEL, D. H.; WIESEL, T. N., 1979; RHOTON JR., A. L., 2003).

O córtex occipital primário tem um padrão de distribuição celular laminar, formando 6 camadas, e uma complexa organização celular em forma de colunas. Pelo menos 3 colunas podem ser identificadas: *colunas de dominância ocular* (contém neurônios que recebem impulsos primariamente do olho ipsilateral ou contralateral), *colunas de orientação* (contém neurônios que são maximamente sensíveis a estímulos visuais simples com orientação espacial similar) e *colunas de cor*, denominadas bolhas ou blobs (agregado de neurônios orientados verticalmente nas camadas II e III, sensíveis aos estímulos visuais de cor). Estes últimos neurônios se distinguem dos demais por altos níveis de atividade da enzima citocromo oxidase.

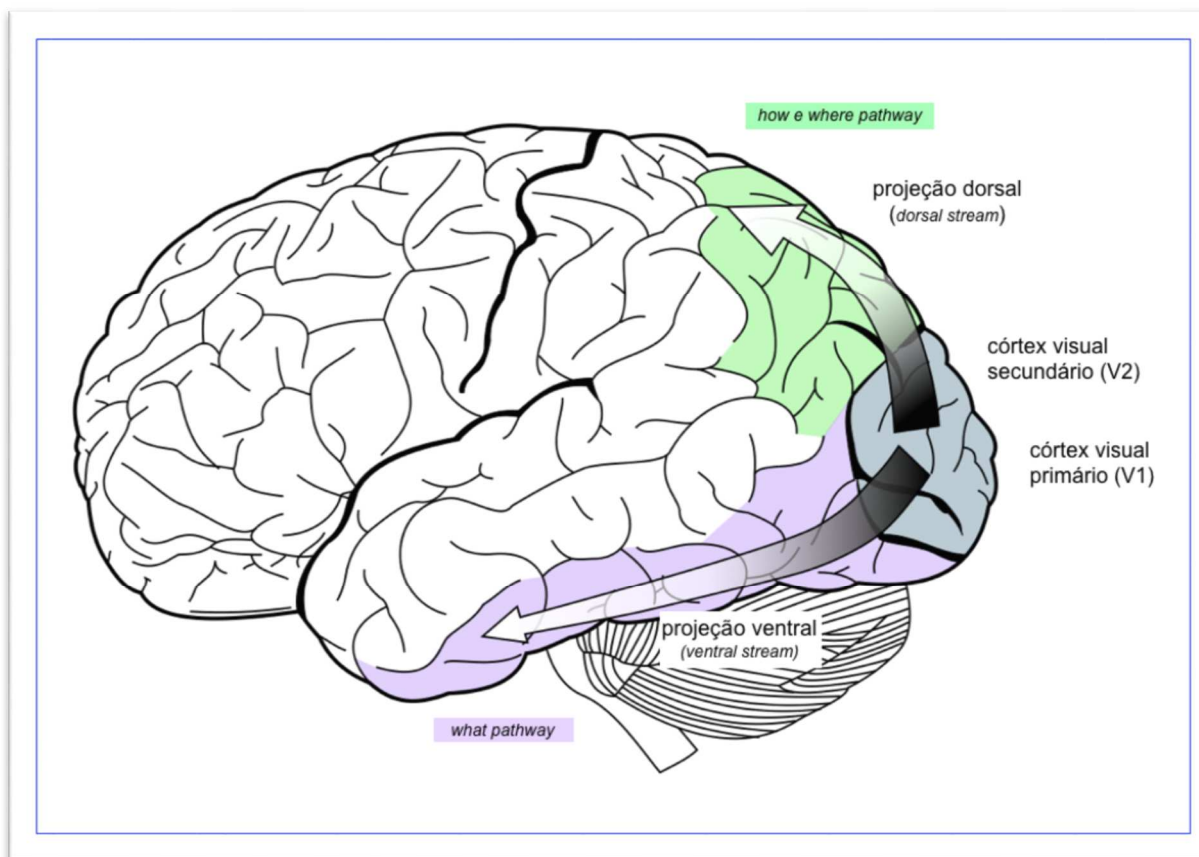
Figura 5: Representação da projeção das fibras da retina. Os quadrantes superiores das retinas nasal esquerda e temporal direita (em vermelho) projetam suas fibras na porção superomedial do corpo geniculado lateral direito. Através da radiação óptica estas fibras chegam no córtex calcarino, ocupando os $\frac{2}{3}$ superiores e anteriores do córtex visual primário. Da mesma forma, fibras que correspondem aos quadrantes superiores da região macular da retina, ocupam a porção inferomedial do corpo geniculado lateral e o $\frac{1}{3}$ posterior e superior do córtex visual acima do sulco calcarino.



Fonte: Modificado de (KIERNAN, J. A., 2003)

Além do córtex visual primário, outras áreas corticais participam do processo de percepção visual. Estas áreas em conjunto são denominadas córtex de associação visual. A *hipótese das duas projeções (two-streams hypothesis)* originalmente proposta em 1982 por Mishkin e Ungerleider (MISHKIN, M.; UNGERLEIDER, L. G., 1982), foi revista e publicada por Goodale e Milner em 1992 (GOODALE, M. A.; MILNER, D., 1992). Esta teoria preconiza a existência de duas principais projeções das áreas corticais primárias, uma projeção dorsal (*dorsal stream*) e uma ventral (*ventral stream*) (Figura 6).

Figura 6: Projeções do córtex visual primário. Diferentes projeções do córtex visual primário (V1) para os lobos parietal superior (*dorsal stream*) e temporal inferior (*ventral stream*) podem ser associadas a diferentes propriedades da percepção visual.



Fonte: Modificado de: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ventral-dorsal_streams.svg

A projeção dorsal, para o córtex parietal posterior, denominada “*how pathway*” e “*where pathway*” (“*onde e como*”) promove um mapa detalhado do campo visual e detecta e analisa movimentos. O córtex parietal superior, relacionado a esta projeção, é essencial para a percepção e interpretação das relações espaciais. A projeção ventral (*ventral stream*), associada ao reconhecimento do objeto e à representação de forma (*what pathway*) (“*o que*”) se relaciona a estruturas corticais do lobo temporal inferior (que é responsável pelas memórias de longa duração) e ao sistema límbico (que controla emoções). As áreas da projeção ventral são influenciadas por vários fatores extra-retinianos, em adição à percepção do objeto em si. Estes fatores incluem a atenção e a memória de trabalho. Deste modo o sistema ventral é essencial para a identificação de objetos e percepção de seu significado (CARDOSO-LEITE, P.; GOREA, A., 2010).

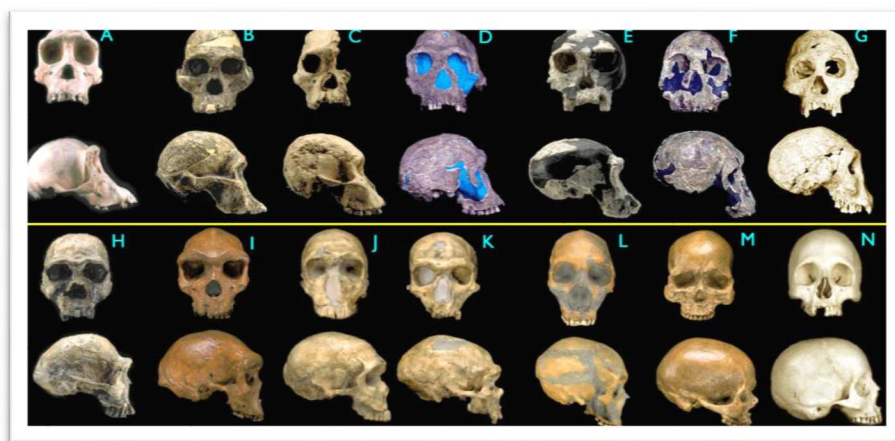
3.1.3 O cérebro e a visão em profundidade

Vivemos em um mundo tridimensional, onde a noção de profundidade nos é muito importante e depende de diversos fatores incluindo a visão binocular.

Várias espécies possuem esse atributo, e diferem em suas peculiaridades e finalidades. Os coelhos possuem visão que cobre cerca de 360° provavelmente para facilitar a fuga dos predadores (STEWART, D.-E., 1958). Na espécie humana, desde os primórdios da evolução, pode-se perceber que a posição frontal e paralela dos olhos, diferindo pouco em tamanho e distância (figura 7), o que sugere que o ser humano sempre teve visão binocular, com uma sobreposição quase completa dos campos visuais, trazendo consigo a vantagem da percepção de profundidade.

No entanto a sobreposição de duas imagens não é a única responsável pela visão em profundidade. Essa percepção, a noção de profundidade, se processa de várias maneiras. Estudos psicofísicos indicam que a transição de 2 para 3 dimensões acontece através de dois tipos de informações, agrupadas em propriedades monoculares e propriedades binoculares. (KANDEL, E. R. *et al.*, 2000).

Figura 7: Evolução craniana nos hominídeos - (A) *Pan troglodytes*, chimpanzee, (B) *Australopithecus africanus*, (C) *Australopithecus africanus*, (D) *Homo habilis*, (E) *Homo habilis*, (F) *Homo rudolfensis*, (G) *Homo erectus*, (H) *Homo ergaster*, (I) *Homo heidelbergensis*, (J) *Homo sapiens neanderthalensis*, (K) *Homo sapiens neanderthalensis*, (L) *Homo sapiens neanderthalensis*, (M) *Homo sapiens sapiens*, Cro-Magnon I, (N) *Homo sapiens sapiens*, Moderno.



Fonte: Modificado de <http://www.talkorigins.org/faqs/comdesc/hominids.html>. Acessado em 08/2011.

3.1.4 Propriedades monoculares

Quando observamos indivíduos com visão monocular, vemos que eles conseguem realizar tarefas comuns como dirigir, praticar esportes, etc. Isso acontece devido ao fato de que, diversas pistas monoculares auxiliam no processo da visão e identificação das cenas. Algumas destas pistas são listadas abaixo:

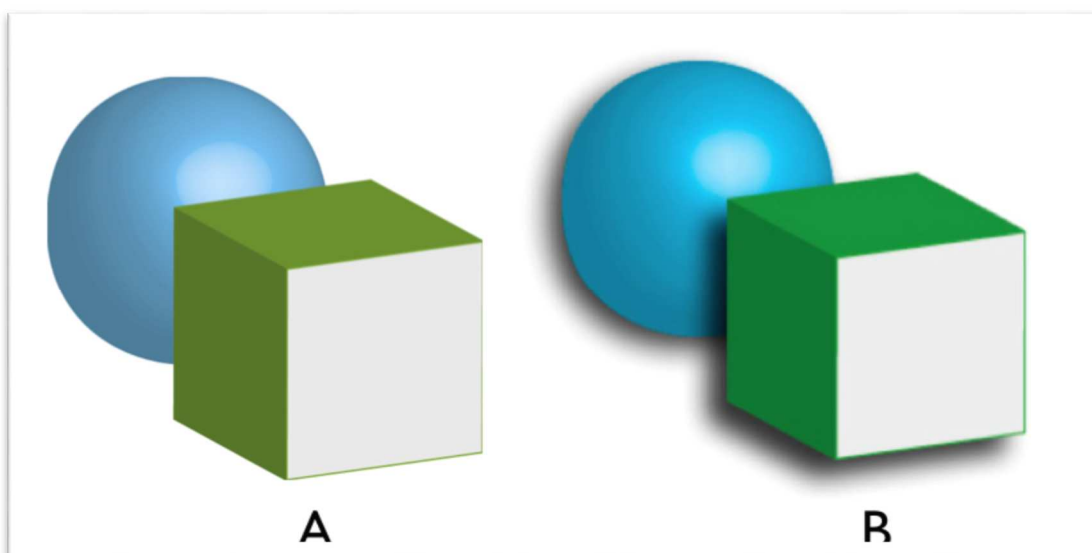
3.1.4.1 Tamanho relativo:

Quando conhecemos o tamanho dos objetos pode-se avaliar a distância que os mesmos se encontram através da interpretação dos seus tamanhos relativos. (Objetos maiores parecem estar mais próximos e os objetos menores mais distantes).

3.1.4.2 Interposição dos objetos:

Também conhecida como oclusão (Figura 8 A). Quando um objeto (cubo) encobre outro objeto (esfera), o cérebro interpreta que o cubo está mais próximo que a esfera.

Figura 8: Um cubo está parcialmente encobrindo uma esfera. Sombras acentuam a idéia de profundidade em B.



Fonte: o Autor.

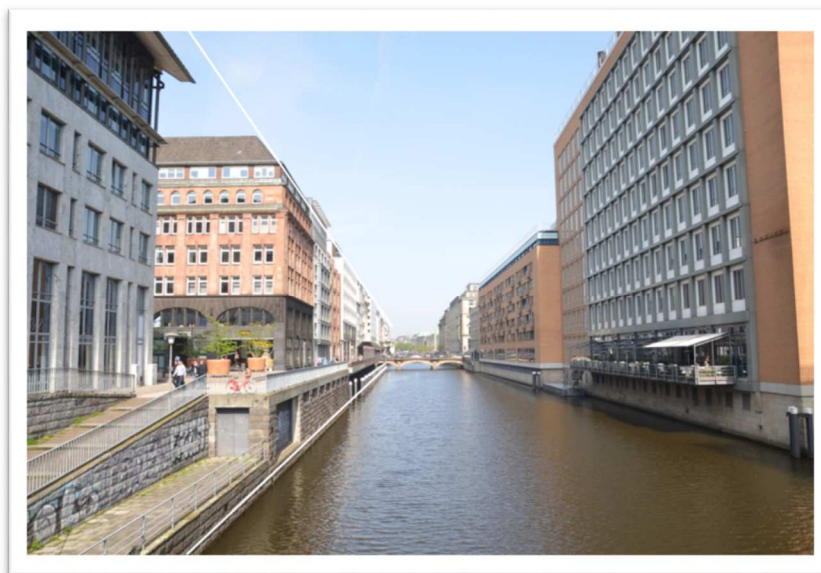
3.1.4.3 Luz e Sombra:

A projeção de sombra de um objeto sobre outro tem um papel fundamental na percepção de profundidade. Na figura 8 a mesma imagem foi exposta, em A sem projeção de sombra e em B com sombra aplicada aos objetos. Nota-se uma diferença na percepção de profundidade entre elas, sendo que a existência de sombra (B) acentua a idéia de profundidade, dando a impressão de que a esfera está mais afastada do cubo na imagem B que na imagem A.

3.1.4.4 Perspectiva Linear:

Quando as linhas de contorno de objetos numa distância conhecida se projetam num ângulo progressivamente menor, isto é interpretado como mais distante. Linhas paralelas convergem no horizonte (Figura 9).

Figura 9: Perspectiva linear. Observe que as linhas brancas à esquerda, que são paralelas na realidade, convergem no horizonte (ponto de fuga)



Fonte: o Autor.

3.1.4.5 Perspectiva Aérea:

A cor relativa de objetos fornecem algumas chaves de sua distância. Devido ao espalhamento da luz azul na atmosfera, cria-se uma “parede” de luz azul, e objetos

mais distantes ficam mais azulados que os mais próximos. O contraste dos objetos distantes também é perdido nesta circunstância, dando uma noção de mais distante (JACOBS, M. *et al.*, 1991)(Figura 10).

Figura 10: Perspectiva aérea. As montanhas mais distantes parecem mais azuladas e com contornos menos nítidos



Fonte: o Autor.

3.1.4.6 Movimentação relativa de objetos no campo visual:

Quando movimentamos a cabeça lateralmente, objetos que se encontram a diferentes distâncias se movem com velocidade relativa diferente, os mais próximos se movem em sentido contrário ao movimento da cabeça e objetos distantes se movem no mesmo sentido.

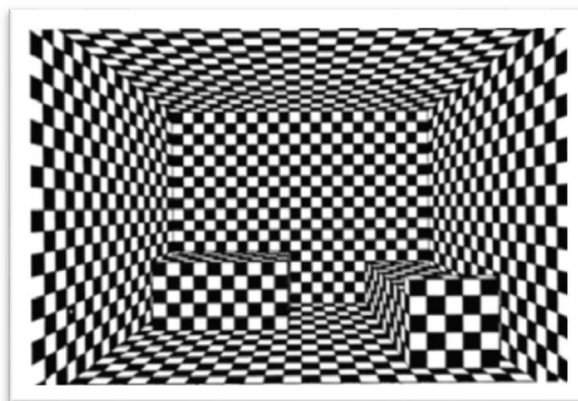
3.1.4.7 Perspectiva cinética:

Quando observamos um panorama enquanto nos movemos, os objetos mais próximos aparecem em uma velocidade superior aos objetos que estão mais distantes dos nossos olhos (JACOBS, M. *et al.*, 1991).

3.1.4.8 ASSOCIAÇÃO DE FATORES:

O que acontece na realidade é uma associação destes fatores. Esta associação de pistas monoculares cria noções especiais de profundidade.

Figura 11: Ilusão de profundidade por textura e perspectiva,



Fonte: Modificado de
<http://www.cquest.utoronto.ca/psych/psy280f/ch7/textureGrad.html>.

A figura 11 mostra um padrão de criação de ilusão de profundidade (BALDO, M. V. C.; HADDAD, H., 2003) misturando textura e perspectiva linear. Um bom exemplo da utilização da mistura de pistas monoculares para criar a ilusão da visão em profundidade pode ser encontrado na arte e na arquitetura. A técnica artística envolvendo a criação de imagens realísticas, forçando uma noção de perspectiva (figura 12), foi denominada Trompe L'Oeil, termo francês que significa "enganar o olho" (WADE, N. J.; HUGHES, P., 1999). A técnica artística que se desenvolveu no período barroco, adquiriu no Renascimento Italiano uma popularidade muito grande, quando pintores do "Quattrocento" tardio como Andrea Mantegna (1431-1506) e Melozzo da Forlì (1438-1494) começaram a pintar tetos com afrescos utilizando a técnica ilusionista, que propiciava a perspectiva de um espaço mais amplo, ou mais alto, ao ambiente. (EBERT-SCHIFFERER, S., 2009).

Figura 12: Reprodução da pintura “Huyendo de la crítica” (“Fugindo da crítica”) (1874) de Pere Borrel del Caso (1835-1910)

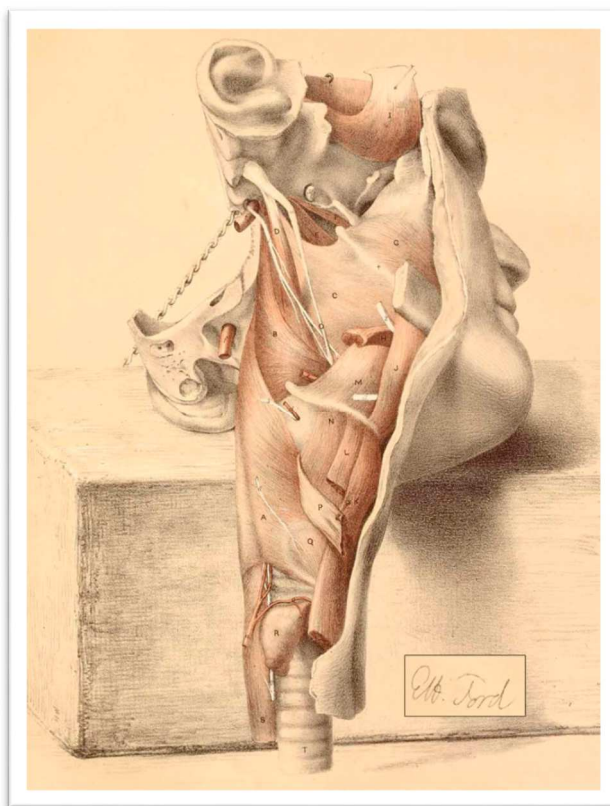


Fonte: Madri – Colección del Banco de España. (GIUSTI, A., 2009)
http://www.bde.es/bde/en/secciones/sobreelbanco/patrimonios/La_coleccion_de_/Galeria_de_image/

Ilustradores utilizaram esta técnica para representar partes do corpo, na tentativa de permitir o estudo da complicada anatomia humana (Figura 13).

As “pistas monoculares”, bem como a experiência adquirida da visualização binocular, permitem, mesmo fechando-se um olho, obter uma idéia da profundidade, determinada por experiências prévias de relações de tamanhos e volumes, iluminação e sombras. (SISCOOTTO, ROBSON AUGUSTO *et al.*, 2004)

Figura 13: Ilustração da parte superior do corpo humano, utilizando a técnica Trompe L'oeil, para facilitar a visualização das estruturas anatômicas. London, 1867. National Library of Medicine. George Viner Ellis e George Henry Ford.



Fonte: Modificado de http://www.nlm.nih.gov/dreamanatomy/da_g_II-C-01.html, acessado em 08/212.

3.1.5 Propriedades binoculares

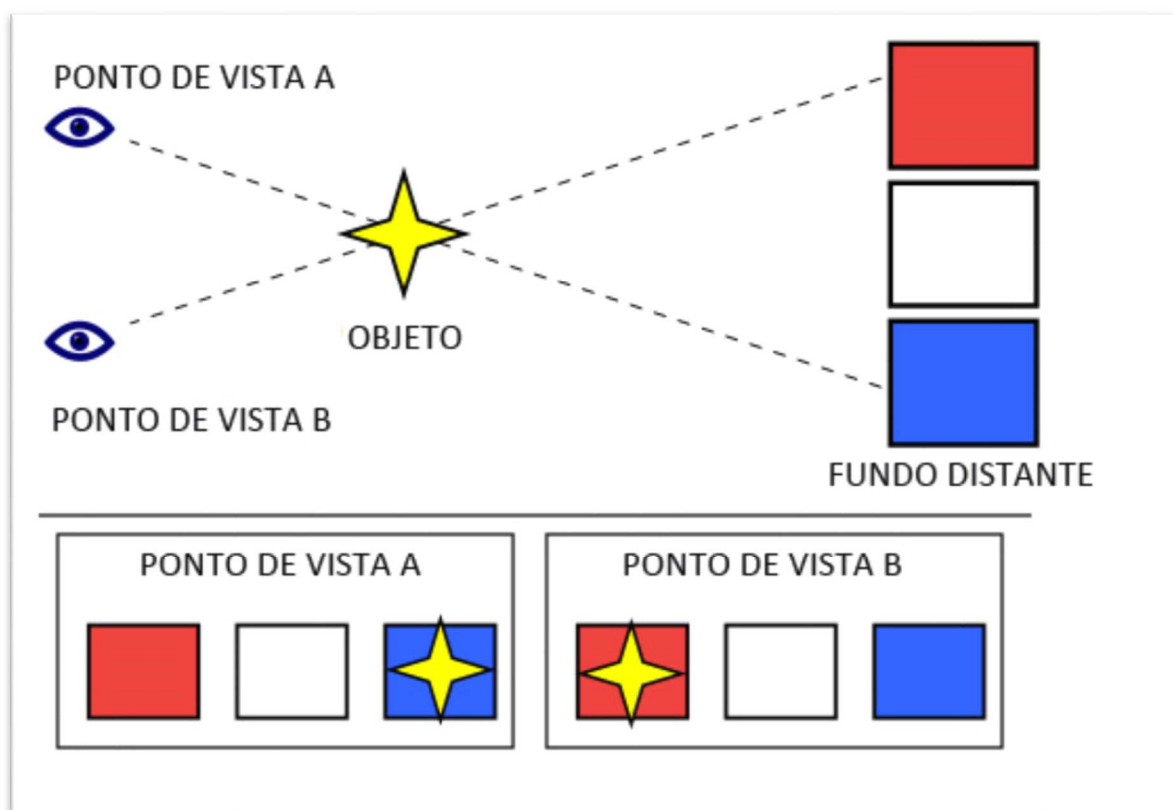
A visão binocular (no sentido de envolver os dois olhos) permite duas aferências distintas da luz emitida ou refletida pelos objetos, que são transmitidas ao cérebro individualmente, e então fundidas e combinadas, de modo a criar a percepção de espaço tridimensional ou estéreo.

Estamos mais acostumados com a definição de estéreo referindo-se a som, onde diferentes emissões sonoras são apresentados em dois ou mais alto falantes criando a sensação de imersão. Estéreo significa "ter profundidade", e a definição de som estéreo pode ser estendida ao visual (LIPTON, L., 2001; MINOLI, D., 2011).

Estereopsia é o termo utilizado para definir o processo que o cérebro utiliza para, explorando a aparente mudança de posição de um objeto, quando observado com os dois olhos, criar uma noção de tridimensionalidade ou profundidade de campo. (FONTOURA, F. N. F., 2001; BICAS, H. E. A., 2004).

Ao deslocamento ou diferença aparente de posição de um objeto, conforme seja observado por um ou outro olho individualmente, se denomina **paralaxe**, palavra de origem grega que significa alteração. Objetos mais próximos tem uma paralaxe maior que objetos mais distantes, sendo assim, a paralaxe pode ser usada para calcular distâncias (figura 14).

Figura 14: Ilustração simplificada da paralaxe de um objeto contra um fundo distante. Quando observado do ponto de vista A, o objeto parece estar em frente ao quadrado azul, quando observado a partir do ponto de vista B ele aparece projetado no quadrado vermelho.



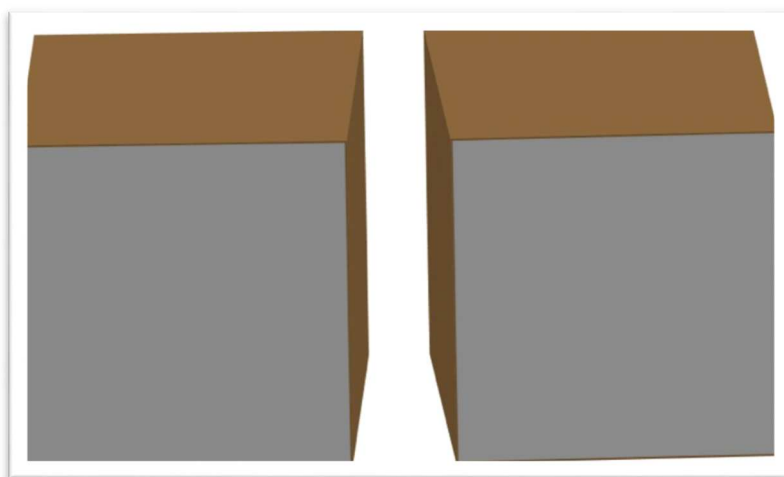
Fonte: Modificado de <http://en.wikipedia.org/wiki/Parallax>.

Quando observamos um objeto, cada olho gera imagens ligeiramente diferentes (figura 14), o que é denominado **disparidade binocular** (MINOLI, D., 2011). Quando os dois olhos convergem para o mesmo ponto no objeto a disparidade é igual a zero, ou seja a disparidade e a paralaxe são similares, a diferença é que a paralaxe é medida na tela ou papel e a disparidade na retina. Para simplificar podemos afirmar que a paralaxe cria a disparidade binocular, que por sua vez cria a estereoscopia.

Quando se refere a questões gráficas ou fotografia, **estereoscopia** é definida como a técnica utilizada para criar a ilusão de profundidade a partir de 2 imagens

(fotos). Cada uma das imagens é apresentada separadamente a cada um dos olhos. O resultado é a combinação das imagens pelo cérebro, *cyclopean*, criando a sensação de profundidade. O termo 3D ou tridimensional refere-se a um conceito mais amplo de produção do "efeito de relevo" ou "visão em profundidade". Estereoscopia não é a mesma coisa que 3D, sendo que a estereoscopia envolve necessariamente a visão binocular e díspar, denominada Estereopsia (ADAMS, G., 2003).

Figura 15: Disparidade binocular: o mesmo objeto aparece diferente, visto por pontos de vista distintos.

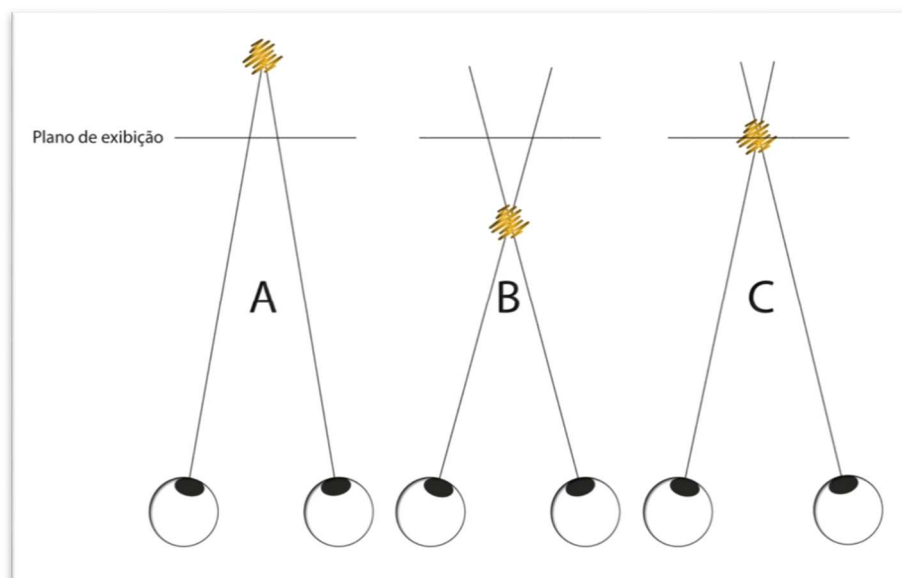


Fonte: O autor.

Para efeito de estudo, pode-se distinguir 3 tipos de paralaxe (Figura 16):

- a) Paralaxe negativa: Quando os eixos de visão de ambos os olhos se cruzam após o plano de exibição. Este fenômeno dá a impressão de que a imagem está dentro da tela ou em baixo relevo;
- b) Paralaxe positiva: Quando o cruzamento dos eixos de visão de ambos os olhos se dá antes do plano de exibição. Neste caso tem-se a sensação de que os objetos parecem "saltar da tela";
- c) Paralaxe neutra ou zero: Quando os eixos de visão de ambos os olhos se cruzam no plano de exibição.

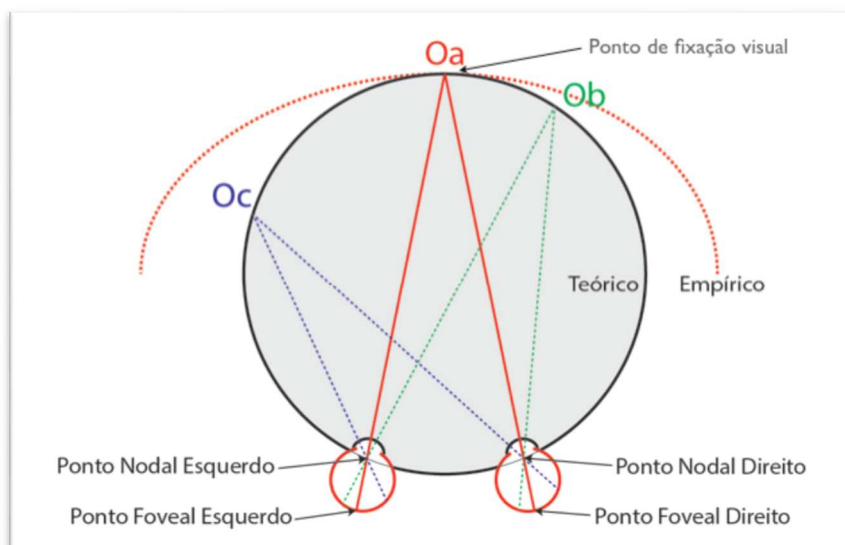
Figura 16: Demonstração dos tipos de paralaxe. A negativa, B positiva e C neutra.



Fonte: O autor.

O **ponto de fixação visual** é definido como o local, no plano de percepção, onde os dois eixos de visão se encontram (ou se cruzam), produzindo projeções simétricas na retina. A este conjunto de pontos dá-se o nome de **horóptero**. No século XI, o persa Ibn al-Haytham descobriu que objetos situados ao longo de uma linha imaginária que passa pelo ponto de fixação visual, resulta em imagens únicas, enquanto pontos a certa distância desta linha determinam visão dupla (diplopia) (HOWARD, I. P., 1996; BICAS, H. E. A., 2004). O termo horóptero foi criado em 1613 por Francisco Aguilonius para definir este conceito. Em 1818, Gerhard Vieth demonstrou que o horóptero, ao invés de uma linha, forma um plano circular, que passa pelos pontos de fixação e pelo centro do cristalino no olho (**ponto nodal**) (HOWARTH, P. A., 2011b). Esta foi, no entanto, uma definição puramente teórica e geométrica (**horóptero teórico**), baseada no conceito de correspondência binocular retiniana com disparidade binocular 0, e difere do **horóptero real (ou empírico)**, determinado em uma pessoa, a partir da capacidade de distinguir apenas um ponto no campo de visão (SCHREIBER, K. M. *et al.*, 2006), sendo que este se mostra um pouco mais largo. A diferença entre o horóptero real e o teórico é chamado de **desvio de Hering-Hillebrand** (HOWARTH, P. A., 2011b) (Figura 17).

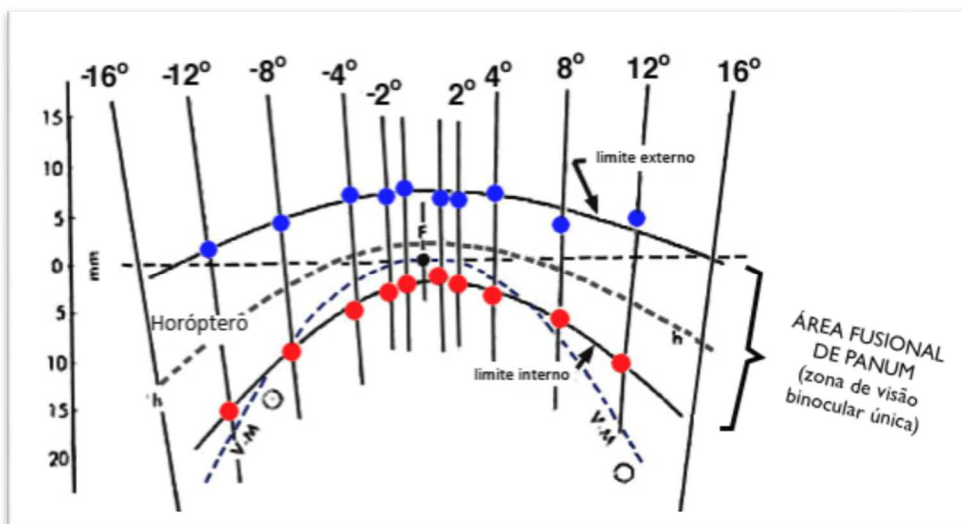
Figura 17: Diferença entre o horóptero teórico e o empírico.



Modificado de (TYLER, C. W., 2004)

Usando-se métodos de avaliação da percepção visual, utilizando os dois olhos, observa-se que existe um conjunto de pontos no espaço virtual em que a disparidade binocular é igual a 0, permitindo a visão do objeto como único (visão haplópica). A imagem de um olho só pode ser fundida corretamente com a imagem do outro olho se ambas estiverem na chamada **Área Fusional de Panum** (figura 18), caso contrário ocorrerá diplopia ou visão dupla. As imagens que estão dentro da área fusional causam uma percepção tridimensional única. (YANG, C. H., 1995)

Figura 18: Área fusional de Panum. Utilizando-se um método de avaliação de visão haplópica na determinação do horóptero real, pode-se perceber uma região de visão binocular única, numa distância limite interna e externa em relação ao horóptero real. Esta área é denominada área fusional de Panum, e corresponde à região onde a percepção tridimensional é favorecida.



Fonte: Modificado de <http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/perception-of-depth>

3.1.6 Estereoscopia: história e utilização na medicina

A descoberta da estereoscopia não é recente, já era conhecida por Euclides, na Grécia antiga. Mas foi a partir de 1833, quando Charles Wheatstone, professor de fisiologia experimental do King's College em Londres, apresentou à Real Sociedade seu aparelho estereoscópico, que diversas experiências puderam ser feitas (Figura 19). Em seu texto "Contributions to the Physiology of Vision (WHEATSTONE, C., 1838), o autor discorre sobre o fenômeno da binocularidade e examina teorias da época, e demonstra o fenômeno da estereoscopia através de cubos e outros desenhos, já que a fotografia ainda não havia sido inventada. Wheatstone termina o artigo falando a respeito de outros autores clássicos (Galeno, Dr. Briggs, Sir Isaac Newton, Rohault, Dr. Hartley, Dr. Wollaston and Prof. Müller) que haviam admitido que este princípio é decorrente de estruturas anatômicas e depende de conexões nervosas. Logo em seguida, em 1851, a estereoscopia surge como fenômeno de massa, tendo sendo apresentada ao público na Exposição Universal de Londres por David Brewster um dos principais rivais científicos de Wheatstone (WING, P., 1996) e um dos principais difusores da estereoscopia. Brewster perseguiu a comercialização e a popularização do estereoscópio e procurou trazer para si o

reconhecimento a respeito da invenção do aparelho em seu texto: *The Stereoscope; it's History, Theory and Construction*. No livro Brewster escreve sobre os defeitos do estereoscópio refletivo de Wheatstone e propõe o seu aparelho. Brewster foi o responsável pelo aperfeiçoamento do estereoscópio transformando-o em aparelho portátil.

Figura 19: Importantes personagens da história da estereoscopia. A. Charles Wheatstone (1802-1875) e B. David Brewster (1781 – 1868). C. Oliver Wendell Holmes (1809-1894).



Fonte: Modificado de <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5a/David-Brewster.jpg>,
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Charles_Wheatstone_later_years.jpg e
<http://www.flickr.com/photos/24443965@N08/5061287943>

Considerado por seus pares um dos maiores escritores americanos do século XIX, Oliver Wendell Holmes também foi um entusiasta da estereoscopia. Escreveu textos influentes sobre o tema em periódicos da época, que posteriormente foram reunidos e editados em um só volume (*Soundings from the Atlantic*). Enquanto Wheatstone é o responsável pelo invento do estereoscópio, Brewster transforma o estereoscópio, de equipamento científico, para objeto de consumo popular sendo Holmes o responsável pelo contexto de consumo de imagens no século XIX (ADAMS, G., 2003).

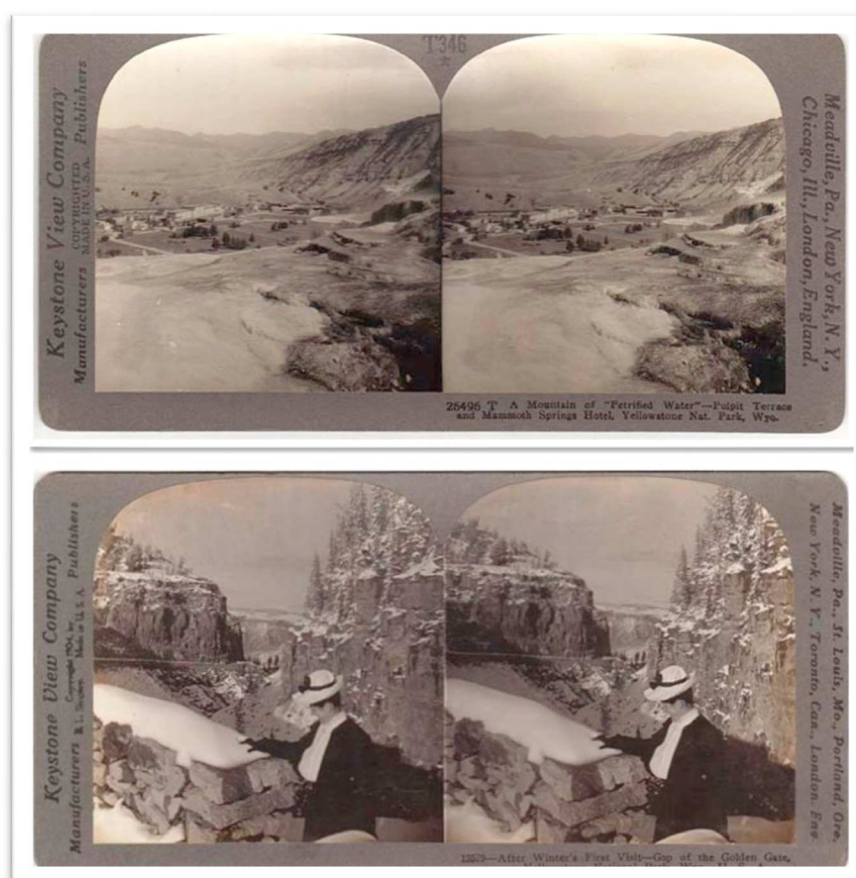
Em 1862 a empresa London Stereoscopic Co. vendeu mais de um milhão de cartões fotográficos tendo como lema "Nenhuma residência sem o estereoscópio" (DARRAH, W. C., 1977; ADAMS, G., 2003). Isto serviu de pretexto para que, a partir

de 1885, grandes companhias produzissem quantidades gigantescas de publicações e cartões estereoscópicos, chegando a ultrapassar a casa de 10 mil imagens.

Empresas como Keystone View Co., Kilburn, H. C. White dominaram o mercado durante décadas, as coleções eram divididas por tema e vendidas em massa. Uma das empresas pioneiras na comercialização de imagens estereoscópicas foi a Underwood & Underwood, fundada em 1881 em Ottawa, Kansas, por dois irmãos Elmer e Bert Elias Underwood (ISAACS, C., 2011). A maior distribuidora de imagens estereoscópicas na América do Norte foi a empresa Keystone View Co., localizada em Meadville, Pennsylvania. Foi fundada por B. L. Singley, antigo vendedor da Underwood & Underwood (Figura 20).

Figura 20: Dois exemplos de pares estereoscópicos comercializados pela Keystone View Co.

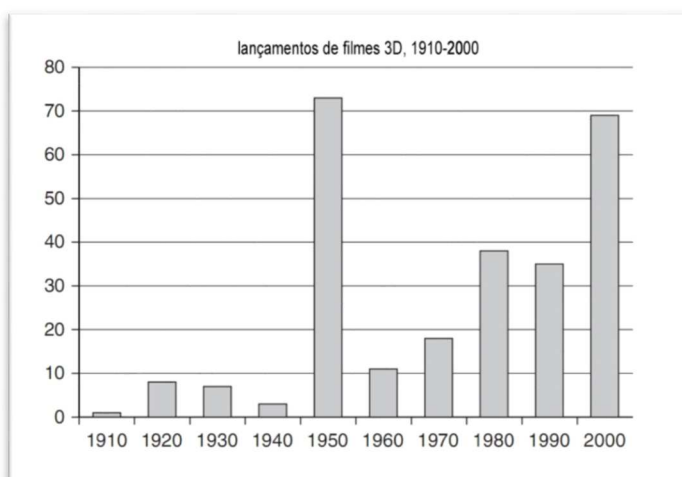
Imagem superior: From Yellowstone Park, N. Through its gateway over Gardiner to Gallatin Range (left) and Buffalo Plateau. Copyright 1904 by Underwood & Underwood. **Imagem inferior:** After Winter's First Visit – Gap Of The Golden Gate, Yellowstone National Park, Wyo., U.S.A.



Fonte: Modificado de <http://yellowstonestereoviews.com>

Na década de 1950, assim como hoje, havia uma crescente necessidade de novidades na indústria cinematográfica (JOHNSTON, K. M., 2011) e a estereoscopia foi tomada como uma solução para o problema. Porém, em 1954 já se previa que o investimento na tecnologia não havia provado seu valor (GOMERY, D., 1992). Desde então houve uma constante onda de altos e baixos na história da estereoscopia, fazendo que o método não se popularizasse. O número de lançamentos de vídeos estereoscópicos da década de 1950 só teve um crescimento semelhante a partir do ano 2000 conforme demonstra o gráfico da figura 21. (Mendiburu, 2009):

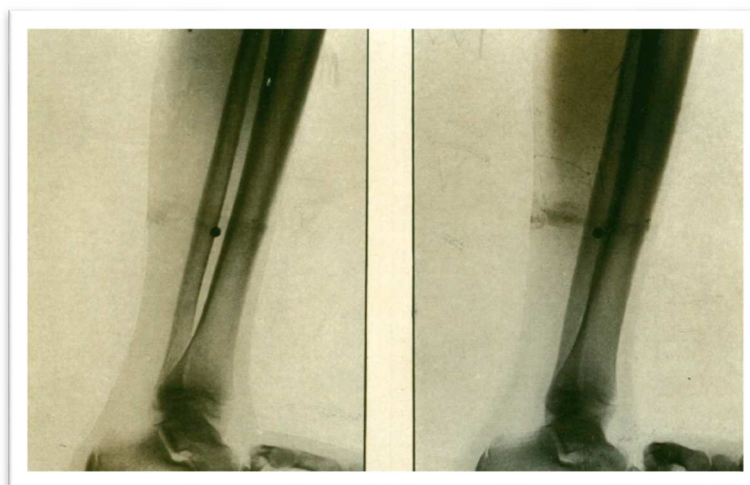
Figura 21: Gráfico mostrando os lançamentos de filmes em 3D por décadas, no século XX.



Fonte: Modificado de (Mendiburu, 2009)

O uso de imagens estereoscópicas na medicina também é antigo e de origem multidisciplinar (MARSH, H., 1898). Em 1898, Sir James Mackenzie Davidson descreve registros patológicos e clínicos utilizando a estereoscopia, e relata um caso onde a localização exata de um projétil, alojado na perna esquerda de um paciente, pôde ser determinada utilizando a técnica de estereoscopia com radiografias (DAVIDSON, J. M., 1898) (Figura 22). Posteriormente em 1919 em seu artigo denominado Stereoscopic Radiography, ele escreve a respeito do grande valor agregado em radiografias estereoscópicas e as dificuldades em obtê-las (DAVIDSON, J. M., 1919).

Figura 22: Par estereoscópico produzido a partir de radiografias, permitindo a localização espacial de um projétil de arma de fogo na perna de um paciente.



Fonte: Modificado de (DAVIDSON, J. M., 1898).

Em 1927 Dunham publicou um artigo sobre a anatomia patológica da tuberculose pulmonar, com imagens registradas com radiografias estereoscópicas do tórax, salientando sua utilidade no cuidado de pacientes com esta doença. No mesmo ano, Kindel e Hayhurst utilizaram a estereoscopia para analisar radiografias de trabalhadores de minas de arenito em Columbus (DUNHAM, K., 1927; KINDEL, D. J.; HAYHURST, E. R., 1927).

Vários progressos foram observados desde então e, atualmente, a estereoscopia vem sendo utilizada em várias especialidades da área da saúde, tais como na oftalmologia (AHMED, J. *et al.*, 2006), na oncologia, por exemplo em demonstrações de planejamento de radiocirurgia estereotáxica (KIM, J. *et al.*, 2011), na genética, para representação tridimensional da dupla hélice do DNA (DOWNING, K. F.; HOLTZ, J. K., 2011), em representações de mecanismos fisiológicos do corpo humano (GRIFFITH, L. G.; SWARTZ, M. A., 2006). No entanto, foi na anatomia que sua utilidade mais se consolidou.

Com o exponencial progresso de tecnologias de obtenção, processamento e visualização de imagens com alta definição, tais como máquinas digitais de baixo custo, placas de vídeo mais potentes, projetores com melhor qualidade, óculos especiais (*“active shutter glasses”*), monitores com frequência de apresentação em torno de 240 Hz ou até mesmo maiores, aumento da capacidade de transmissão e armazenamento de dados, vários pesquisadores tem se dedicado especialmente no campo da anatomia humana e publicado em anatomia estereoscópica. Na área da

neuroanatomia, o trabalho pioneiro e de excelente qualidade produzido pelo pesquisador brasileiro Guilherme Carvalho Ribas em 1997, e posteriormente, nos laboratórios da Universidade da Flórida pelo grupo liderado pelo Prof. Albert L. Rhoton, tornou o método de inestimável utilidade no ensino da neuroanatomia, e de procedimentos microcirúrgicos, tendo sido apresentado a milhares de neurocirurgiões em centenas de cursos no mundo todo (RHOTON, A. L., JR., 2007). Dentre os pesquisadores (research fellows) deste laboratório, destacam-se renomados neurocirurgiões brasileiros, com produção científica continuada relevante nesta área do conhecimento.

3.2 MÉTODOS DE VISUALIZAÇÃO DOS PARES ESTEREOSCÓPICOS

Existem diversos métodos para visualização de pares estereoscópicos, permitindo a visualização de imagens tridimensionais (RIBAS, G. C. *et al.*, 2006). Dependendo do resultado pretendido, um ou outro método, pode ser mais adequado.

Impressão em papel (artigos, livros, pôsteres), visualização em monitores e dispositivos móveis, projeção de diapositivos ou a utilização de projetores multimídia, são alguns dos métodos de visualização possíveis.

3.2.1 Visualização lado a lado

A técnica mais antiga de visualização de pares estereoscópicos foi a idealizada por Charles Wheatstone, e consiste na utilização de um aparelho que permite a individualização da visão de cada olho, de modo a permitir que o olho direito veja uma imagem e o esquerdo a outra. Este método tem como vantagem o fato de não precisar de filtros especiais para separar as imagens, o que é feito por um obstáculo (de madeira nos aparelhos mais antigos) que, posicionado entre as lentes, proporciona adequada definição de cores precisas e efeito bastante realista da noção de profundidade (MASCHIO, A. V., 2008) (Figura 23). A principal desvantagem, por sua vez, é o limitado tamanho das imagens. Quanto maiores as imagens, maior a distância necessária para visualização. Outra dificuldade deste método é o de não ser facilmente praticável por todas as pessoas. Para que uma pessoa visualize corretamente usando esta técnica, deve procurar olhar para o espaço entre as duas imagens de modo que se forme uma terceira (**imagem ciclópica**). Alguns usuários relatam dificuldades para a visualização do efeito 3D bem como imagens laterais à

imagem fusionada. Por outro lado, há indivíduos que, com algum treinamento, conseguem a fusão de duas imagens (par estereoscópico) fazendo unicamente convergência binocular, sem a utilização de nenhum equipamento.

Figura 23: Aparelhos para visualização estereoscópica lado a lado. À esquerda, estereoscópio do século XIX, à direita o View-Master, aparelho de estereoscopia popular na década de 1950. A: imagens (par estereoscópico); B: separador de imagens; C: local para visualização.; D: Cabo.



Fonte: <http://villageantiquemall.com/wp-content/uploads/image/stereoscope.jpg> e http://ruivale.files.wordpress.com/2010/11/viewmaster_022.jpg%3Fw%3D300

3.2.2 Visualização pelo método anaglífico:

O método anaglífico foi inicialmente demonstrado em 1852 por W. Rollmann, em Leipzig (Alemanha) e depois por J.C. D'Almeida em 1858 (HOWARD, I. P.; ROGERS, B. J., 1995). A palavra tem origem grega, ana (sem) e glifo (esculpir) (FERNÁNDEZ-SORA, A. *et al.*, 2011). Posteriormente, em 1891 foi patenteado por Louis Ducos Du Hauron que viabilizou a impressão em papel (FERWERDA, J. G., 1990; WOLFGRAM, D. E., 1993). O método foi utilizado no cinema pela primeira vez em 1922 com o filme *The Power of Love* (SUPPIA, A. O., 2007). Consiste em codificar uma imagem com duas cores complementares, geralmente vermelho e azul, ou vermelho e verde (MACHADO, L. S., 1997), depois a imagem resultante é visualizada através de óculos especiais com filtros de cores diferentes para cada olho. Deste modo, se aplicarmos um filtro azul na imagem da direita e vermelho na imagem da esquerda, os óculos, filtrando as ondas do espectro eletromagnético da luz visível para esses dois comprimentos de onda (lente esquerda para o vermelho e lente direita para o azul), fazem com que as imagens de cada olho sejam percebidas

pelo cérebro de maneira distinta, o qual as reconstrói gerando uma percepção de profundidade.

Com o advento dos computadores e aprimoramento dos respectivos softwares, foi possível uma qualidade superior àquela utilizada no passado. Diversos softwares podem ser utilizados para criar imagens anaglíficas a partir de pares estereoscópicos. Alguns softwares, como o Anamaker®, GIMP®, no entanto, possuem uma possibilidade pequena de ajustes de imagem, além de utilizar imagens com formato BMP (bitmap) ou JPEG (Joint Pictures Expert Group), que são imagens que sofreram compactação, permitindo arquivos menores, mas gerando perda de qualidade. O software Adobe Photoshop, reconhecido mundialmente por ser o líder em ajuste e tratamento de imagens, permite gerar imagens anaglíficas utilizando praticamente qualquer tipo de imagem e com perda de qualidade próxima de zero. Como as imagens fotográficas digitais são armazenadas no sistema RGB (*Red, Green e Blue*), pode-se transformar as imagens para o método anaglífico retirando da imagem da esquerda, por exemplo, os componentes dos canais verde(g) e azul(b), restando o vermelho(r). Na imagem da direita se retira os componentes do canal vermelho(r), restando os componentes dos canais verde(g) e azul(b). Utilizando regras de transparência, neste caso o *blend mode screen*, pode-se superpor as duas imagens e visualizá-las com óculos, com filtros para o azul e o vermelho. Desta maneira cada olho vai enxergar preferencialmente uma das imagens, e a visualização com ambos permitirá a estereoscopia. O método anaglífico é uma opção viável para visualização de imagens impressas (livros, artigos, pôsteres), na tela do computadores ou dispositivos móveis, ou com projeção multimídia (Datashow) sendo suficiente para tanto, um único aparelho. Tem como principais desvantagens o fato de perder definição na tonalidade de cor vermelha (RIBAS, G. C. *et al.*, 2000), por estar utilizando um filtro para esta cor, o que, em se tratando de imagens de anatomia pode comprometer a definição das estruturas e produzir fadiga ocular mais rapidamente.

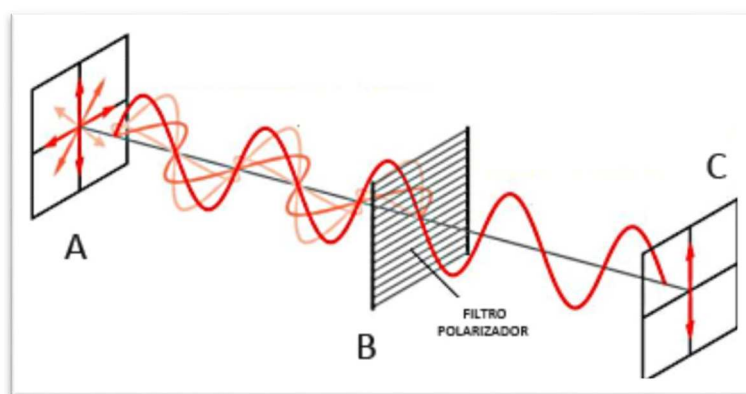
3.2.3 Visualização com filtro polarizador:

A natureza da luz é discutida há séculos. O físico holandês Christian Huygens (1629-1695) foi um dos primeiros a sistematizar a teoria ondulatória da luz. Seu contemporâneo, Isaac Newton (1642-1727) defendia uma teoria puramente corpus-

cular. Devido ao prestígio científico de Newton, os séculos XVIII e XIX foram dominados pela teoria corpuscular. Na metade do século XIX, entretanto, com o estudo da propagação de ondas em um meio elástico já bem desenvolvido, ficou clara a necessidade de se avaliar o comportamento ondulatório para explicar alguns fenômenos relacionados à luz (SILVA, F. W. O. D., 2006). James Clerk Maxwell (1831-1871), relacionando óptica com eletromagnetismo, propôs que as ondas de luz seriam perturbações elétricas e magnéticas, e passou a chamá-las de ondas eletromagnéticas, hipótese confirmada experimentalmente por Heinrich Rudolph Hertz (1857-1894) no final daquele século. Atualmente se considera que a luz tem características de onda e de partícula. Alguns dos fenômenos a ela relacionados, como reflexão, difração, refração e polarização podem ser explicados pela teoria ondulatória e os fenômenos de absorção e emissão são explicados pela teoria corpuscular (TOLMASQUIM, A. T.; MOREIRA, I. C., 1996).

Sendo a luz energia e viajando no espaço na forma de ondas que se propagam em todas as direções, utilizando-se lentes (óculos) com filtros polarizadores (horizontais, verticais e circulares) pode-se controlar a direção da propagação da onda que chega à nossa retina (figura 24).

Figura 24: Propagação ondulatória da luz em várias direções e o efeito de filtros polarizadores. A luz emitida em A tem componentes horizontais e verticais. O uso de um filtro polarizador horizontal (B) permite a passagem de um único componente (vertical) que chega ao receptor (C).



Fonte: Modificado de
<http://quartzodeplasma.wordpress.com/2012/06/14/polarizacao-da-luz-e-polarizadores>.

No processo de visualização estereoscópica com luz polarizada, utiliza-se dois projetores, cada um contendo uma das imagens do par estereoscópico. Em

cada um dos projetores é utilizado um filtro (um vertical e outro horizontal), fazendo com que as ondas de luz emitidas por cada projetor tenham direções diferentes. O observador, por sua vez, utiliza óculos com lentes polarizadas, cada lente coincidindo com a direção dos filtros utilizados. Cada olho do observador vai perceber apenas a imagem correspondente a um dos projetores. Filtros circulares são preferíveis aos filtros horizontais e verticais que podem perder as propriedades desejadas com movimentos de inclinação da cabeça do observador (SISCOOTTO, R.A. *et al.*, 2004). Neste método de projeção, a utilização de tela refletiva, geralmente feita de material contendo componentes metálicos, é primordial para que a luz que chega aos olhos do observador, conserve intactas as propriedades de polarização.

Figura 25: Óculos polarizador comum, deixando a luz passar apenas na direção correspondente.



Fonte: o autor.

Esta técnica tem como vantagens o fato de não alterar significativamente as cores e ser mais confortável para longos períodos de observação. No entanto, é uma técnica que não pode ser utilizada em impressões no papel (RIBAS, G. C. *et al.*, 2000) e necessita de 2 projetores idênticos para ser efetivada.

3.2.4 Visualização com óculos obturadores sincronizados (*Active Shutter Glasses*)

Neste método, óculos especiais com lentes de cristal líquido, são utilizados. O dispositivo é composto por um emissor e um receptor de infravermelho, que aciona um mecanismo que alterna o escurecimento das lentes. Quando a imagem do olho direito é mostrada, o óculos bloqueia a lente do olho esquerdo e vice-versa. Isto é repetido numa velocidade tão rápida que a interrupção não interfere com a percepção da fusão tridimensional das duas imagens. Para que isto aconteça, a placa de

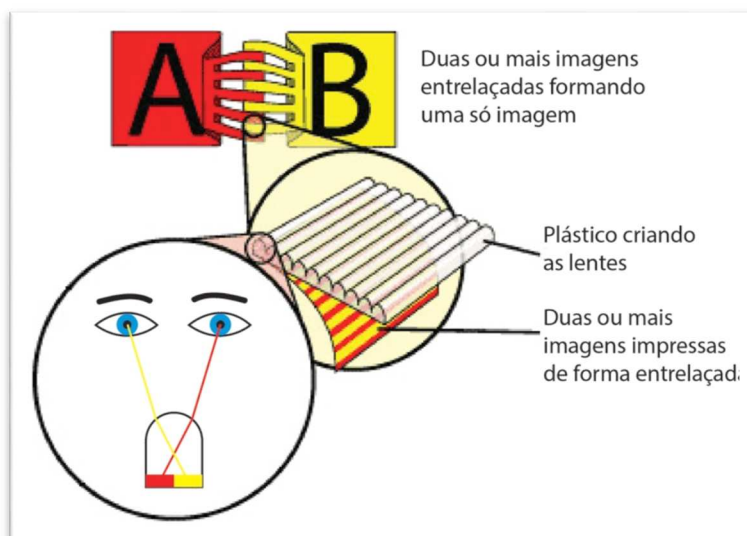
vídeo deve dar suporte ao método e o monitor utilizado para visualização deve ter uma taxa de atualização superior a 120 Hz (60 Hz para cada olho). Diversos fabricantes (Nvidia®, CrystalEye® e SimulEye VR®) produzem esta tecnologia, que é empregada na maioria dos equipamentos modernos de televisão 3D. Métodos derivados desta tecnologia tem sido propostos para viabilizar esta metodologia para projeção em salas. Um dos exemplos é o Digital Light Processing (DLP) da Texas Instruments®, que utiliza um sistema digital de microespelho conhecido como *Digital Micromirror Device* (DMD), inventado em 1987 por Larry Hornbeck. Esta tecnologia pode ser encontrada em projetores únicos para salas de aula, em televisões e corresponde à maioria das salas de projeção de cinema 3D.

As vantagens na utilização deste método são a qualidade das imagens e a adequada reprodução de cores. Como desvantagens pode-se citar o elevado custo do sistema, incluindo os óculos obturadores sincronizados, e o fato de não servir para visualizações impressas (WOODS, A., 2005).

3.2.5 Impressão lenticular

O método de impressão lenticular, popularizado entre os anos 1940 e 1980, foi muito utilizado na produção de embalagens e adesivos. Atualmente, com a utilização de sistema de impressão litográfico *offset* e com materiais termoplásticos sensíveis, houve uma melhora considerável no resultado final. Neste método duas ou mais imagens são impressas de forma entrelaçada, alternando-se de modo a formar uma só imagem. Em seguida o material é fundido através da aplicação de calor e colas especiais, juntamente com as lentes, geralmente compostas em plástico refratário, formando o que se chama de impresso lenticular. O observador vê, com cada olho uma imagem diferente, criando a ilusão de profundidade. A grande vantagem deste método reside no fato de não precisar de óculos para a visualização, porém tem uma resolução (acuidade) baixa e custo elevado, dificultando a produção em larga escala (OSTER, G., 1965).

Figura 26: Explicação do método de impressão lenticular.



Modificado de <http://www.lenstar.org/how/hwmain.htm>. Acessado em 06/2012.

Resumidamente, para impressão de imagens estereoscópicas em papel existem 3 métodos: o método de impressão e visualização lado a lado (utilizando estereoscópios), o método anaglífico (utilizando óculos com filtros para cores), e o método de impressão lenticular.

4 QUALIDADE DE IMAGENS IMPRESSAS

A definição de qualidade de uma imagem é uma atividade que depende da interpretação de vários fatores e envolve certo grau de subjetividade (BELLIVEAU, J. W. *et al.*, 1991; WANG, Z.; BOVIK, A. C., 2002). Apesar de muito esforço ter sido despendido para desenvolver uma análise métrica da qualidade de imagens, apenas sucesso limitado foi conseguido (WANG, Z.; BOVIK, A. C., 2002).

A qualidade de uma imagem pode ser avaliada de modo objetivo ou subjetivo (PEDERSEN, M. *et al.*, 2011). Na abordagem subjetiva, o ser humano é utilizado como ferramenta principal, enquanto o método objetivo procura utilizar equipamentos para uma avaliação sistematizada (FEDOROVSKAYA, E. A. *et al.*, 1993).

A avaliação objetiva utiliza métodos automáticos ou semiautomáticos, que podem ser subdivididos em duas classes. A primeira inclui algoritmos matemáticos como: *erro quadrático* (MSE^1), *pico sinal ruído* ($PSNR^2$), *média de erro quadrado*

¹ MSE – *Mean square error*

(RMSE³), erro médio absoluto (MAE⁴) e relação sinal ruído (SNR⁵) (WANG, Z.; BOVIK, A. C., 2002). A segunda classe de ferramentas considera características do sistema visual humano (HVS)⁶ e incorpora medidas que levam em consideração aspectos próprios da capacidade visual humana. Apesar de desenvolvidos com a finalidade de tornar a avaliação mais próxima do real à interpretação visual humana, esses métodos, de elaboração muito mais complexa, não mostram vantagens significativas sobre os métodos matemáticos mais simples como RMSE e PSNR (ESKICIOGLU, A. M.; FISHER, P. S., 1995; MARTEN, J. B.; MEESTERS, L., 1998). O sistema cognitivo visual pode ser considerado um sistema de processamento de informações e como tal devemos levar em consideração a semântica. Neste sentido, a interação entre o ambiente e o observador pode ser descrita como composta por três atividades: Percepção (Aquisição de informação do ambiente e construção de uma representação mental do mesmo), Cognição (Interpretação da representação mental) e Ação (Resposta apropriada a esta interpretação) (JANSSEN, T. J. W. M., 1999).

Uma das formas subjetivas de avaliação de imagens, utiliza a abordagem de avaliação experimental, com um grupo de indivíduos que avaliam diferentes atributos para qualificar uma imagem (LARABI, C., 2010). Diferentes atributos tem sido propostos como: qualidade global, qualidade de tons, detalhes nas altas luzes, detalhes nas sombras, *gamut*, agudeza, contraste, nível de brilho, variação de brilho, mudança de cor, manchas, ruído e remendos (LINDBERG, S., 2004).

Diferentes autores propuseram métodos e critérios de avaliação distintos. Norberg et al. (2001) analisaram a qualidade global bem como a reprodução das cores, agudeza, contraste, reprodução de detalhes nas áreas de sombra e altas luzes, mudança de cor, brilho, manchas e homogeneidade de impressão (NORBERG, O. et al., 2001). Gast e Tse (2001) propuseram a avaliação de outros atributos de qualidade: faixas, borrões, ruído, reprodução das cores, reprodução dos tons e tipos de impressão (GAST, G.; TSE, M., 2001).

Crítérios para avaliar outros atributos específicos tem sido propostos: agudeza (GAST, G.; TSE, M., 2001), ruído (NILSSON, F.; KRUSE, B., 1997), faixas (CUI, C.

² PSNR - *peak signal to noise ratio*

³ RMSE - *root mean squared error*

⁴ MAE - *mean absolute error*

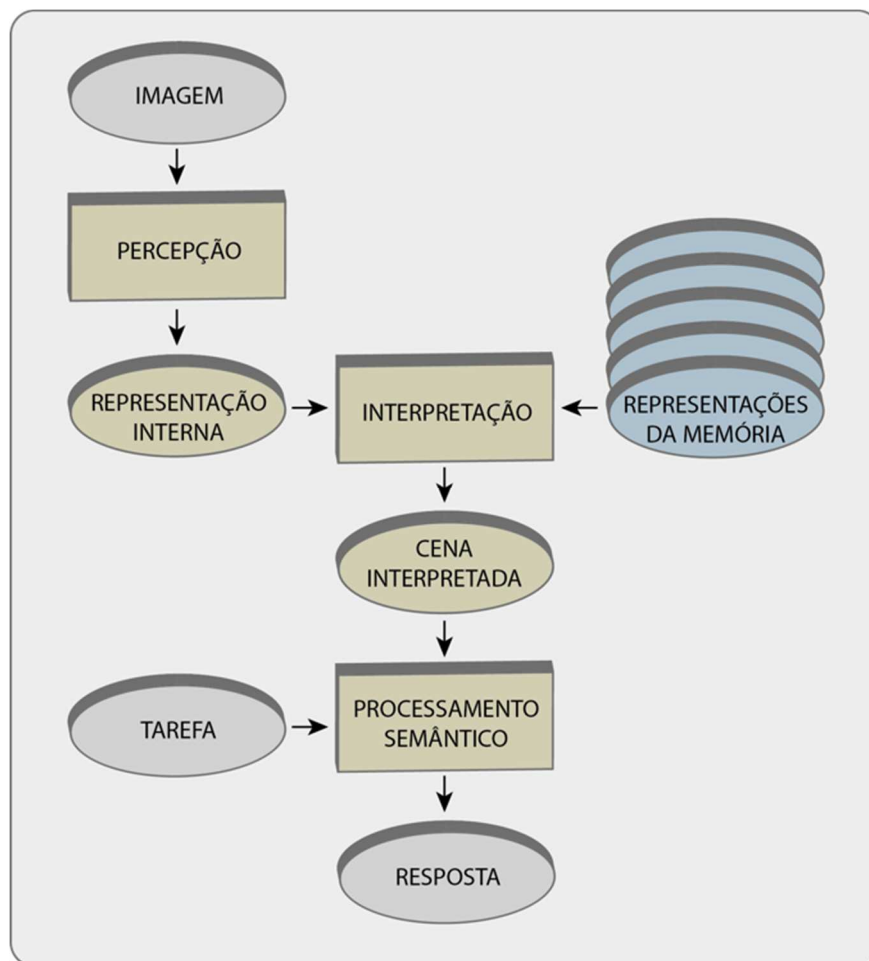
⁵ SNR - *signal-to-noise ratio*

⁶ HVS = *human visual system*

et al., 2001), naturalidade (FEDOROVSKAYA, E. A. *et al.*, 1993), contraste (BONNIER, N. *et al.*, 2007), e cor (HARDEBERG, J. Y. *et al.*, 2008).

A figura 27 é um diagrama que ilustra como ocorre o processamento visual-cognitivo de uma imagem.

Figura 27: Diagrama visual-cognitivo do processamento de uma imagem. Elipses demonstram representações da informação e retângulos demonstram processos.



Fonte: Modificado de Computational Image Quality. (JANSSEN, T. J. W. M., 1999)

5 SISTEMAS DE IMPRESSÃO

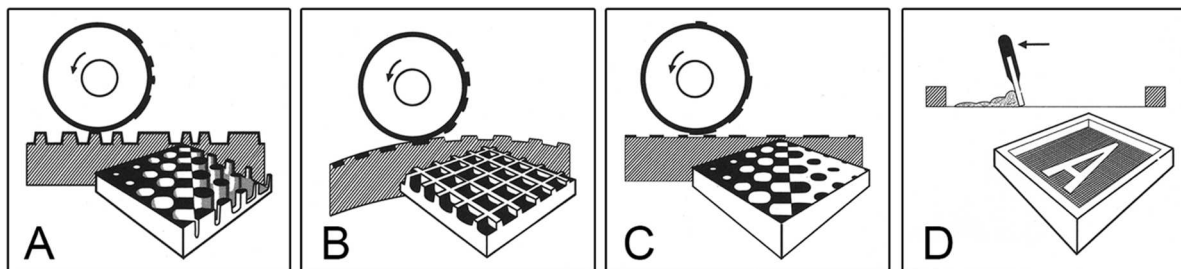
Define-se impressão como o processo de transferência de pigmentos de tinta de uma matriz base para um suporte, com o objetivo de obter-se cópias do original. Os sistemas de impressão são diversos e distintos entre si (VILLAS-BOAS, A., 2010).

Os métodos de impressão podem ser agrupados de acordo com as matrizes de impressão (SILVA, C., 2008; VILLAS-BOAS, A., 2010) ou pelos seus sistemas de impressão (BAER, L., 1999), sendo os principais:

- a) Relevográfico: A Matriz é composta em alto-relevo. As áreas a serem impressas ficam em relevo e são entintadas, imprimindo mediante pressão sobre o suporte. A flexografia, o carimbo e a tipografia são exemplos de processos relevográficos (figura 28 A);
- b) Encanográfico: Utiliza um processo inverso ao da relevografia. Os elementos a serem impressos estão em baixo relevo, onde armazenam a tinta que será transferida para o suporte mediante pressão. A rotogravura é um exemplo de processo encanográfico (figura 28 B);
- c) Planográfico: Não há relevo na matriz, que é plana. A impressão é dada por meio de processos físico-químicos de repulsão e atração. Um representante deste processo é o *offset*. (figura 28 C);
- d) Permeográfico: Utiliza matriz permeável. Os elementos impressos são formados por áreas perfuradas ou permeáveis, assim como na serigrafia (figura 28 D);
- e) Eletrográfico: Este método também utiliza matriz plana, sem relevo, como no processo planográfico. Aqui a impressão se dá através de fenômenos eletrostáticos. A impressão laser digital e eletrografia são exemplos deste processo;
- f) Outros sistemas digitais: A impressão é realizada por matriz virtual, criada digitalmente e composta por sinais elétricos. Jato de tinta (*ink jet*), transferência térmica e sublimação (*dye sublimation*) são exemplos destes processos digitais;

- g) Sistemas híbridos: São processos que utilizam componentes de sistemas diferentes. Geralmente patenteados, como a empresa israelense Indigo, que é um processo *offset* com matriz eletrográfica.

Figura 28: Ilustração exemplificando os sistemas de impressão



Fonte: Modificado de (BAER, L., 1999)

5.1 PROCESSOS DE IMPRESSÃO

Para cada um dos sistemas de impressão, descritos anteriormente, existem diferentes processos de impressão (SILVEIRA, N., 1985). Os principais estão descritos no quadro 1.

Quadro 1: Sistemas de impressão e os processos de impressão mais comuns.

Sistemas de Impressão	Processos mais Comuns
Planografia	Litografia ¹ , <i>offset</i> , <i>offset</i> digital ¹ , driografia ¹
Eletrografia	Impressão laser digital, eletrofotografia, xerografia ¹
Permeografia	Serigrafia, mimeógrafo elétrico ¹ , stencil ²
Encanografia	Rotogravura, talho-doce, água forte
Híbridos	Indigo, impressão eletrostática, letterset, di-litho ¹
Digitais diversos	Plotter, corte eletrônico ³ , plotters de transferência térmica, jato de tinta líquida ⁴ , jato de tinta sólida ⁴ , transferência térmica ⁴ , sublimação, routers ³ , plotter eletrostático
1. Processos hoje em desuso para a produção industrial 2. Processos artesanais 3. Processo de reprodução que não se configuram como impressão 4. Processos adequados apenas para provas de layout	

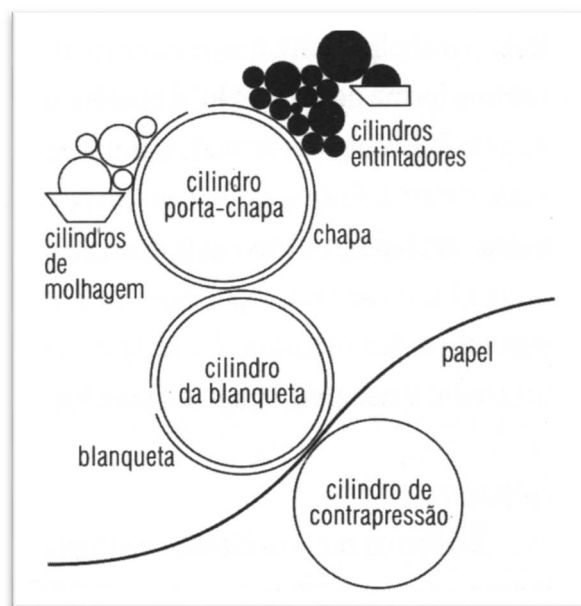
Fonte: Modificado de (VILLAS-BOAS, A., 2010)

O principal processo de impressão do sistema planográfico é o *offset*, utilizado desde a década de 1920 (KIPPHAN, H., 2001a). Permite excelente qualidade de impressão para pequenas, médias e grandes tiragens (em geral considera-se este método a partir de 1000 cópias). Aceita diversos tipos de papel e certos tipos de plástico. Existem diversos cilindros com funções específicas (figura 29), os cilindros entintadores são responsáveis pelo espalhamento da tinta, cuja formulação é oleosa. Assim como na litografia, o princípio de impressão é a repulsão entre a água e a gordura. Os cilindros de molhagem são responsáveis pela introdução da água no sistema. Existe também o cilindro porta-chapa onde fica alojada a chapa (geralmente de alumínio) onde existem áreas de grafismo e contra-grafismo, a tinta oleosa adere às áreas de grafismo e a umidade se aloja na área de contra-grafismo impedindo que a tinta se espalhe. Na sequência existe o cilindro denominado blanqueta ou *cauchu* (termo espanhol) que é entintada a partir da chapa, onde a imagem a ser impressa está espelhada (ilegível). Por sua vez, a blanqueta, transfere a imagem (legível) para o papel por meio de pressão imposta pelo cilindro de contrapressão (ROSSI FILHO, S., 2002).

A produção da matriz (chapa) pode ser realizada de duas maneiras, com a utilização de fotolitos (fotogravura) ou por gravação digital CTP (*Computer to plate*) ou CTPress (*Computer to Press*). As chapas variam de acordo com sua sensibilidade, elementos químicos utilizados e modelo da impressora à qual ela se destina. Devido a estes fatos, as chapas tem tonalidades de cor diferente, algumas são mais azuladas, outras mais amareladas ou esverdeadas. Estas cores nada tem a ver com a cor que será obtida na impressão, determinada pela tinta utilizada e não pela chapa (SILVA, C., 2008).

O principal processo do sistema eletrográfico é a impressão digital a laser, aqui denominado laser digital. Como dito anteriormente, são considerados eletrográficos, os processos que utilizam eletricidade para transferir o pigmento para a matriz ou diretamente para o suporte. Esses processos utilizam *toner* em forma de pó ou líquido que são carregados eletrostaticamente. Derivados da xerografia, distingue-se da mesma, pelo fato de que a entrada de dados é feita digitalmente (RIBEIRO, M. C., 2010).

Figura 29: Diagrama simplificado do mecanismo de funcionamento *Offset*.



Fonte: Modificado de (ADOBE, 1995)

Conhecida como impressoras a laser, o funcionamento se dá pela ação dos feixes de laser que carregam eletrostaticamente um cilindro geralmente feito de selênio. Simultaneamente o *toner* recebe uma carga eletrostática de sinal negativo, fazendo que o *toner* seja atraído e fique aderido ao mesmo. Finalmente a imagem formada é fixada ao papel por aquecimento e pressão, ou somente por aquecimento (polimerização). O cilindro funciona como suporte para uma matriz que é virtual e no final da impressão se regenera, pronto para “construir” uma nova matriz. Uma das vantagens desse método é a ausência de custo para elaboração de fotolitos, chapas e para limpeza da máquina, possibilitando um custo unitário invariável. É recomendada em baixas tiragens (de algumas dezenas até 500 unidades), em geral, o limite para uma boa relação custo x benefício (VILLAS-BOAS, A., 2010) .

A impressão jato de tinta, incluída entre os sistemas de impressão digital, é o processo empregado pela maioria das impressoras pessoais. Sua tecnologia se apoia em minúsculos jatos que são disparados sobre o papel, em geral com resolução e velocidade bastante satisfatórias. A tinta, em forma líquida, é vaporizada e bombeada de acordo com os impulsos elétricos recebidos.

Com o surgimento da impressão a laser, mais rápida e eficiente, a *inkjet* perdeu, na última década, parte de seu mercado. Em 2008, na feira denominada DRUPA (maior feira mundial da área gráfica) que se realiza em Düsseldorf, Alemanha, diversas melhorias tecnológicas foram apresentadas, e atualmente a im-

pressão jato de tinta pode ser considerada para impressões coloridas com qualidade. (COSTA, H. T., 2011).

5.2 MATRIZES DE IMPRESSÃO

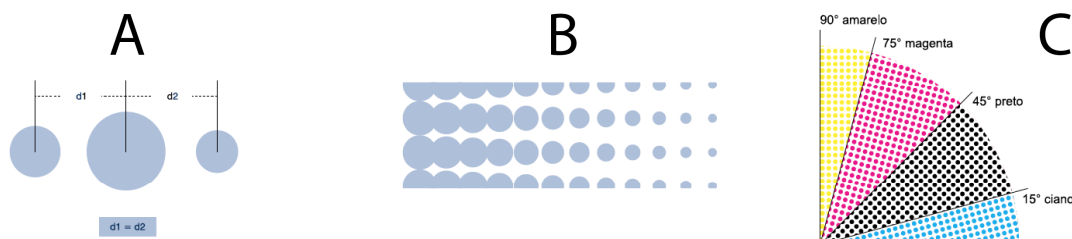
Os diferentes processos de impressão, utilizam diferentes tipos de matriz para fazer a transferência do original (textos e imagens) para o papel, sendo os principais: clichê (tipografia), borracha (flexografia), cilindro (rotogravura), chapa (*offset*), tela (serigrafia) e o tampão flexível (tampografia) (SILVEIRA, N., 1985).

O anexo E apresenta uma relação mais completa das características dos diversos métodos e processos de impressão.

No processo de impressão *offset* as imagens são convertidas em retícula para que possam ser reproduzidas de maneira correta, sendo estas, divididas em três grupos: convencional (AM), estocástica (FM) e híbrida.

Na retícula convencional, os pontos estão alinhados regularmente, formando estruturas uniformes, com a distância do centro dos pontos permanecendo constante (figura 30 A). Para formar as diferentes tonalidades, os pontos variam de tamanho, sendo maiores em áreas mais escuras e menores em áreas mais claras (figura 30 B). Cada cor é então impressa com angulações diferentes para evitar a formação da repetição do padrão entre as linhas reticulares sobrepostas (figura 30 C). A esse efeito dá-se o nome de *moiré*. Na retícula estocástica os pontos, de tamanhos idênticos, são distribuídos de forma aleatória. As diferentes tonalidades são formadas pela variação na concentração de pontos nas áreas da imagem. Não existe a necessidade de angulação nas diferentes cores neste processo. Com o avanço da tecnologia foi possível o surgimento de uma retícula híbrida unindo as características das retículas AM e FM, que são geradas por equipamentos proprietários.

Figura 30: Ilustração de retícula convencional. A: distância idêntica entre o centro dos pontos, B: tamanho dos pontos alternando para formar os diferentes tons e C: angulação das cores.



Fonte: Modificado de (RIBEIRO, M. C., 2010)

6 TIPOS DE PAPEL

Desde 2.400 a.C. os egípcios usavam folhas de papiro, um tipo de junco colhido às margens do rio Nilo, para o registro gráfico utilizando tinta. É atribuída a Cai Lun (105 d.C.) a criação do primeiro processo autêntico de fabricação do papel (Baer, 2010; Villas-Boas, 2010). Misturando pedaços de madeira de amoreira, trapos de roupas usadas e restos de redes de pesca, ele produziu uma folha de papel que, secada ao sol, se tornava apropriada para o uso gráfico. Por volta de 701 d.C., a técnica passou a ser difundida na Europa, inicialmente introduzida pelos Árabes. Até o século XVIII, o papel era fabricado na Europa, principalmente com trapos de linho, cânhamo e algodão, cujas fibras eram desintegradas com pilões em tanques cheios de água.

Em 1799, o francês Nicholas-Louis Robert, em colaboração com o tipógrafo Didot, construíram a primeira máquina contínua ainda que rudimentar, e depois venderam a patente para os irmãos ingleses Henry e Sealy Fourdrinier, os quais desenvolveram a primeira máquina industrial para fabricação de papel em 1804. Em 1867, o americano Benjamim Tilghman aperfeiçoou a tecnologia de pasta de madeira, cozendo-a sob pressão em uma solução ácida (Baer, 2010).

6.1 A FABRICAÇÃO

Atualmente a fabricação de papel, no Brasil, se dá principalmente de madeira de eucalipto, cujo crescimento é rápido e de fácil manejo (CELULOSE, S. P. E., 2008). A máquina contínua deve seu nome à transformação ininterrupta da suspensão fibrosa, obtida da madeira, a pasta é depositada sobre uma tela. Nesta etapa a

massa é constituída por, em média, 97% de água e, depois de passar por diversas prensas revestidas com feltro, passa a ter de 4 a 7% de água, formando a pasta (NOTAROBERTO, M. P., 1999). Esta pasta pode ser de dois tipos: mecânica e química.

O papel produzido a partir da pasta mecânica, obtido a partir de toras de madeira trituradas em serragem finíssima, misturadas com água, tem baixa resistência e se altera facilmente sob os efeitos da luz, calor e envelhecimento, sendo inviável o uso para acondicionamento de produtos. A pasta mecânica, portanto, é utilizada na fabricação de papéis de baixo custo para impressão de jornais e edições com pouca qualidade.

A pasta química de madeira sofre um processo de lixiviação (extração de uma substância presente em compostos sólidos por meio da sua dissolução em um líquido). As toras reduzidas a pequenos cavacos são cozidos sob pressão em autoclaves verticais, em soluções ácidas ou alcalinas, produzindo uma pasta livre das substâncias encrustantes (lignina, resina, etc.). O resultado é a produção da hemicelulose (hemicelulose e celulose). Pasta com fibras longas são necessárias para a obtenção de um papel forte e duradouro e pasta com fibras curtas geram uma estrutura mais compacta e menos resistente a rasgos e dobras. As plantas coníferas no Brasil, em sua maioria pinus, são as principais fornecedoras de celulose de fibra longa enquanto a maior fonte de celulose de fibras curtas é o eucalipto. Após a criação da pasta segue o descoramento com processos e agentes diversos, tais como, cloro, soda cáustica, etc (MATTOS, R. L. G. *et al.*, 2006).

Outras características importantes do papel são: gramatura, rigidez da folha, alvura, grau de absorção da folha, grau de colagem, aspereza superficial e porosidade da folha.

A gramatura é uma propriedade que tem como definição o peso do papel com um metro quadrado de superfície. A pesagem é feita com 50% de umidade e temperatura de 23°C. Se a folha de papel pesar mais do que 225g por metro quadrado recebe a denominação de cartão, se a espessura do cartão for maior do que meio milímetro é chamada de papelão. Se o papel for muito fino (menor que 80gm²) tem-se como resultado ondulações e decalcamento da imagem nos processos *offset*. Se for muito grande (maior que 220 gm²) não é possível a sua utilização em impressoras jato de tinta e laser.

A porosidade é a propriedade de um papel de poder ser atravessado por uma corrente de ar. Está vinculada à absorção do papel, capacidade que o mesmo tem de ser atravessado pela tinta, o que pode trazer sérios problemas na impressão.

O revestimento é aplicado a um papel com a finalidade de torná-lo menos áspero e mais uniforme, melhorando a qualidade da impressão e aumentando o grau de brilho e alvura da superfície. Os materiais utilizados para a cobertura são substâncias minerais, geralmente caulim, sulfato de cálcio, sulfato de bário, entre outros que são aplicados na superfície do papel juntamente com aglutinantes, geralmente amido, gelatina, entre outros. Outra diferença importante entre os papéis revestidos e não revestidos, é que o papel revestido é quase sempre alcalino (ph entre 7,5 e 8,0), e os não revestidos são geralmente ácidos (ph entre 5,0 e 7,0). O revestimento reduz a porosidade do papel, permitindo maiores resoluções e lineaturas. No presente trabalho foram utilizados papéis revestidos, adequados para o processo de impressão à qual se destinam (BAER, L., 1999; MATTOS, R. L. G. *et al.*, 2006; VILLAS-BOAS, A., 2010).

7 MATERIAIS E MÉTODO

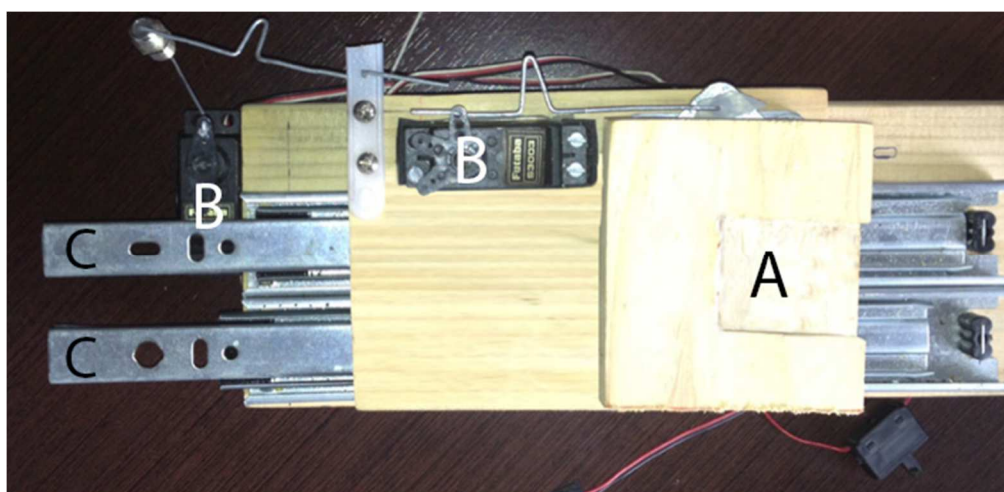
O projeto foi desenvolvido no laboratório de Anatomia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR). O primeiro passo na realização da pesquisa foi a aquisição dos pares estereoscópicos, no laboratório de anatomia, que aconteceu da seguinte maneira:

7.1 AQUISIÇÃO FOTOGRÁFICA

Para aquisição das imagens foi montado um laboratório fotográfico em uma das salas do departamento de anatomia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Foi utilizada uma câmera fotográfica Nikon D5100 de 16.2 *Megapixel*, equipada com uma lente Nikkor 18-55mm, travada na posição de 35 mm. A iluminação foi realizada utilizando 2 tochas digitais do tipo flash, da marca ATEK digital 160, acopladas em 2 softboxes para apresentação de uma luz difusa de modo a evitar brilhos indesejados na superfície dos espécimes.

A câmera fotográfica foi fixada em um tripé acoplado a uma mesa para movimentação horizontal, automatizada e desenvolvida especificamente para esta finalidade, utilizando dois servos motores da marca Futaba® modelo S3003, acionados remotamente por um transmissor que permitia o deslocamento horizontal controlado. Foram utilizados os canais 2 (acelerador graduado) e 5 (flaps) do receptor (figura 30).

Figura 31: Fotografia da mesa automatizada criada pelo autor. A: suporte para a câmera, B: servos, C: trilho com rolamentos.



Fonte: O autor.

A peça anatômica foi posicionada em uma superfície plana de fórmica branca simulando fundo infinito a uma distância de 1 metro da lente. As fotografias para composição dos pares anaglíficos foram capturadas utilizando ISO 200 com abertura de f25 e velocidade 1/100, com um deslocamento horizontal variando de 1 a 7 cm, em passos de 7 mm, entre as imagens esquerda e direita sendo mantido o eixo em paralelo. Foi utilizado o balanço de branco no modo flash.

7.2 EDIÇÃO E CONVERSÃO PARA O MÉTODO ANAGLÍFICO

A produção da imagem 3D estereoscópica anaglífica foi realizada utilizando um computador MacBook Pro, com o software Photoshop CS5.

As imagens foram colocadas em um único arquivo, cada uma em uma camada separada e nomeada como olho esquerdo e olho direito. Foram definidas duas camadas, a superior contendo a imagem do olho esquerdo e a inferior contendo a imagem do olho direito. Na camada superior (olho esquerdo), utilizando o comando “levels” foram eliminadas as cores verde e azul, e mantida a cor vermelha. Na camada inferior (olho direito) foi eliminada a cor vermelha, mantida a verde e azul. Em seguida as duas camadas foram misturadas, utilizando o comando “blend mode”, no modo “screen”, permitindo a visualização das duas imagens superpostas. No modo screen os pixels nas duas camadas são invertidos, multiplicados e então invertidos novamente, tendo como base a seguinte fórmula:

$$\text{Cor resultante} = 255 - [((255 - \text{cor camada Sup.}) * (255 - \text{cor camada Inf})) / 255]$$

A interposição de uma lente vermelha no olho esquerdo e azul no olho direito faz com que o observador veja as duas imagens independentemente, uma vez que o filtro vermelho somente permite a visualização da imagem da camada superior (olho esquerdo) e o filtro azul permite somente a visualização da camada inferior (olho direito). A imagem foi salva no método anaglífico como arquivo TIFF.

Foram geradas duas imagens: a) vista anteroinferior de uma peça anatômica do encéfalo humano e b) vista lateral do crânio ósseo.

7.3 IMPRESSÃO

Para a realização deste trabalho, foram utilizados quatro tipos de impressão denominadas: *Offset* Estocástica (Est), *Offset* Convencional (Conv), Impressão Jato

de Tinta (Jato) e Laser fotográfico (Laser), estes, foram baseadas em três processos distintos: planográfico (Est e Conv), digital (Jato) e eletrográfico (Laser).

Para o processo planográfico foi utilizada uma impressora *offset* de quatro cores, da marca Heidelberg® (Heidelberg, Alemanha), com processo de criação das matrizes estocástica e convencional denominado CTP (Computer To Plate), visando excelência na qualidade, com lineatura de 220 lines per inch (lpi) e 2540 dots per inch (dpi) de resolução.

Para o processo eletrográfico, foi escolhida a impressora fotográfica a laser Noritsu Pro Digital Printer® (Wakayama, Japão), por estar disponível, a um custo relativamente baixo, no mercado local. Esta impressora permite a utilização de papéis especiais com alta resolução (600 dpi), tendo sido, neste trabalho, utilizado o papel da marca Kodak® (São José dos Campos, Brasil).

Para impressão no processo digital foi escolhida a impressora jato de tinta da marca Epson R 290® (Barueri, Brasil) com 1200 dpi de resolução, utilizando papel especial Epson High Quality Ink Jet Paper® (Nagano, Japão).

Deve-se salientar que a utilização de diferentes tipos de papel em cada um dos processos, pode representar um viés de interpretação, uma vez que a análise do processo e do tipo de papel não foi realizada de modo independente. Procurou-se utilizar o tipo de papel considerado ideal para cada processo, conforme a literatura, e assim sendo, a análise da técnica de impressão, fica vinculada ao tipo de papel recomendado para esta impressão (NOTAROBERTO, M. P., 1999).

7.4 AVALIAÇÃO DAS IMAGENS

Para análise qualitativa das imagens foram recrutados 39 avaliadores, sendo 21 profissionais da área de impressão gráfica e 18 indivíduos com conhecimento em anatomia.

Os avaliadores foram selecionados levando em consideração as seguintes características (LARABI, C., 2010):

- a) Os observadores devem ser livres de envolvimento pessoal com o design ou com a geração das imagens;
- b) Os observadores devem possuir visão dentro da normalidades (sendo permitido o uso de lentes corretivas);
- c) Os observadores devem ser testados e possuir visão normal das cores.

Foram elaborados 2 baterias de imagens, uma contendo a imagem do encéfalo e outra com a imagem óssea do crânio. Na bateria 1, as imagens foram denominadas A, B, C e D, correspondendo respectivamente às impressões *offset* com retícula convencional, jato de tinta, laser fotográfico e *offset* com retícula estocástica. Na bateria 2, a sequência das impressões foi alterada, sendo A = *offset* com retícula estocástica, B = *offset* com retícula convencional, C = jato de tinta e D = laser fotográfico.

Cada avaliador recebeu um manual de instruções (anexo A), que continha informações relevantes sobre as variáveis a serem observadas. Previamente à avaliação, cada indivíduo foi submetido a uma avaliação visual para exclusão de discromatopsia, pelo teste de cores de Ishihara (anexo C).

Com relação às condições de visualização, foi obedecida a norma ISO 3664:2009 Graphic Technology and Photography - Viewing Conditions, que estabelece as seguintes regras:

- a) As imagens devem ser observadas sob iluminação D50;
- b) A intensidade da luz deve ser de 2000 lux, sendo recomendável uma diferença de ± 250 lux, e permitido até ± 500 lux.

Com relação à duração do experimento, para não haver fadiga, o tempo médio não deve ultrapassar 45 minutos, incluindo a revisão das instruções (LARABI, C., 2010).

As avaliações foram realizadas em um ambiente com iluminação controlada, equipado com uma mesa de luz com lâmpadas Phillips Colortone C50, correspondendo a uma temperatura de cor de 5000 kelvin, e intensidade da luz de 2000 (± 250) lux, utilizando um óculos anaglífico (vermelho/azul) produzido por Tecnoglasses (São Paulo – Brasil).

O questionário de avaliação (anexo B) contém 13 perguntas referindo-se aos tópicos listados no quadro 4.

Quadro 2: Tópicos do questionário de avaliação.

Tópico	pergunta	variável
Nitidez	1	nitidez de pequenos detalhes
	2	nitidez geral
	3	resolução

Cores	4	precisão
	5	saturação
	6	matiz
Luminosidade	7	brilho
	8	contraste
Defeitos	9	bordas visíveis
	10	sujidades
Conforto	11	conforto visual
	12	reflexo
Profundidade	13	percepção 3D

As respostas foram sistematizadas como excelente, bom, regular e ruim, conforme o quadro 5. Para cada item foi instituído um score, variando de 1 a 4.

Quadro 3: Sistematização das respostas possíveis.

Qualidade	Score	Significado
Excelente	4	Idêntico ao original
Bom	3	Próximo ao original
Regular	2	Defeitos perceptíveis, porém não atrapalhando a visualização
Ruim	1	Defeitos muito perceptíveis atrapalhando a visualização

Os dados compilados de cada avaliador foram transferidos para uma planilha Excel e analisados com o software Statistica v.8.0.

As comparações estatísticas entre as diferentes impressões foram feitas separadamente para cada grupo de especialistas (imagem e anatomia) e em conjunto. As baterias foram agrupadas, fornecendo um valor médio das avaliações de cada observador, para cada tipo de impressão.

Para cálculo do escore geral das questões, estes foram transformados em percentual. Sendo assim, este percentual poderia assumir valores de 0% (avaliação

"ruim" em todas as 13 questões) até 100% (avaliação "excelente" em todas as 13 questões).

Para a comparação dos escores em relação às impressoras, foi considerado o teste não-paramétrico de Friedman. As diferenças de proporções entre as avaliações de especialistas em imagem e especialistas em anatomia foram comparadas usando-se o teste não-paramétrico de Mann-Whitney.

Para cada questão e para o escore geral (em percentual), testou-se a hipótese nula de que os resultados são iguais, versus a hipótese alternativa de que pelo menos uma das impressoras tem resultados diferentes das demais. Para analisar as diferenças significativas de proporções (isto é, $p < 0,05$), as impressoras foram comparadas duas a duas.

8 RESULTADOS

Os resultados com significância estatística ($p < 0,05$) estão apresentados nas tabelas 1 a 44 e nos gráficos 1 a 22. Inicialmente são apresentados os resultados relativos às avaliações feitas por profissionais especialistas em imagem (tabelas 1 a 8 e gráficos 1 a 4). Em seguida são apresentados os resultados das avaliações dos especialistas em anatomia (tabelas 9 a 24 e gráficos 5 a 12). Por último, os resultados agrupando ambos os observadores (especialistas em anatomia e imagem) (tabelas 25 a 44 e gráficos 13 a 22). Para facilitar a compreensão, os gráficos referentes aos observadores especialistas em imagens foram realizados utilizando-se a cor azul, os especialistas em anatomia com a cor verde e os gráficos da análise conjunta em vermelho.

O anexo D, no final deste documento, contém todas as tabelas dos resultados obtidos.

8.1 ESPECIALISTAS EM IMAGEM

Com relação à existência de bordas visíveis (identificáveis à visualização com óculos anaglíficos) pode-se perceber um resultado mais favorável, ou seja bordas menos visíveis, quando utilizada a impressão a laser.

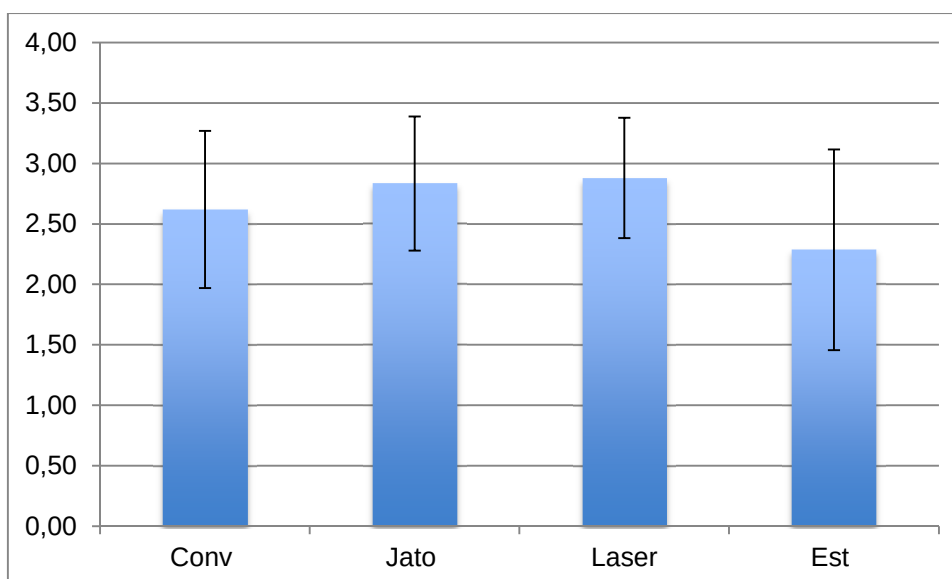
Tabela 1: Comparação da percepção de bordas nas imagens

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	21	2,62	2,50	1,50	3,50	0,65	
Jato	21	2,83	3,00	2,00	4,00	0,56	
Laser	21	2,88	3,00	2,00	4,00	0,50	
Est	21	2,29	2,00	1,00	4,00	0,83	0,002

Tabela 2: Comparação das impressões duas a duas. Percepção de bordas nas imagens.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,087	0,134	0,040	0,829	<0,001	0,001

Gráfico 1: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Percepção de bordas nas imagens



Com relação às sujidades (respingo de tinta, atrito mecânico, manchas e riscos) a impressão que obteve o melhor resultado, ou seja, a impressão que demonstrou ser mais limpa e sem defeitos foi a impressão convencional.

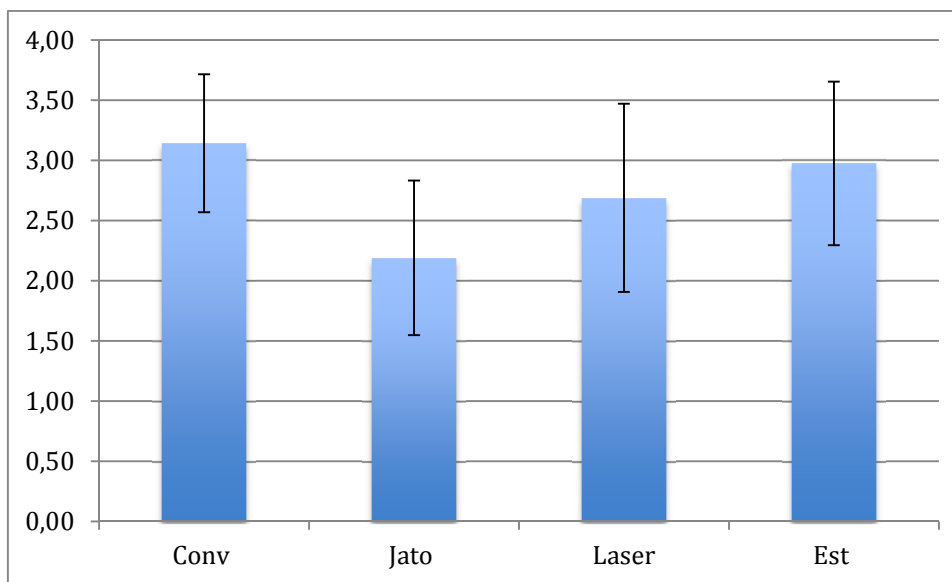
Tabela 3: Defeitos ou sujidades encontradas nas impressões.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	21	3,14	3,00	2,00	4,00	0,57	
Jato	21	2,19	2,00	1,50	4,00	0,64	
Laser	21	2,69	2,50	1,50	4,00	0,78	
Est	21	2,98	3,00	2,00	4,00	0,68	<0,001

Tabela 4: Comparação das impressões duas a duas. Sujidades.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
<0,001	0,012	0,247	0,001	<0,001	0,161

Gráfico 2: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Sujidades



Com relação à reflexo da luz no papel, a impressão que recebeu melhor qualificação foi a convencional.

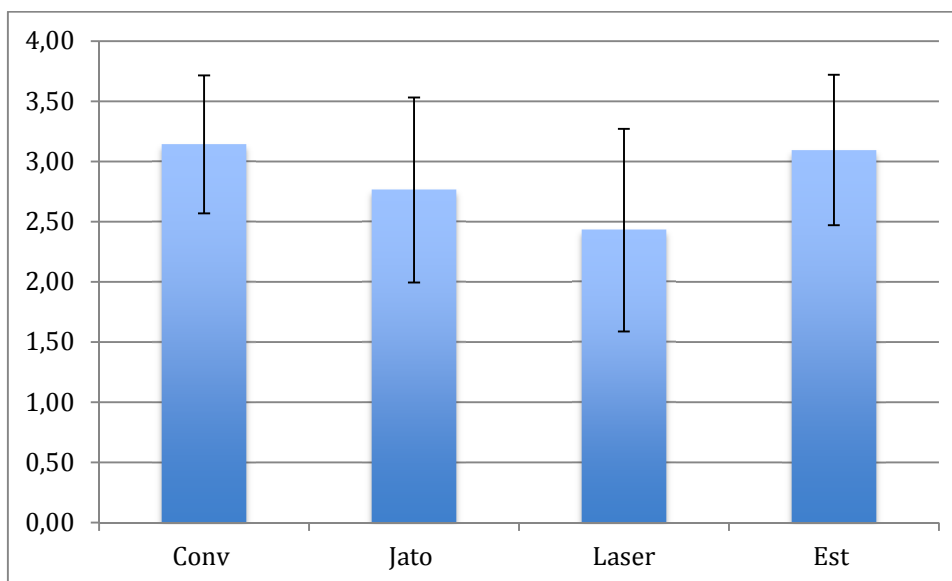
Tabela 5: Reflexo da luz no papel dificultando a visualização.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	21	3,14	3,00	2,00	4,00	0,57	
Jato	21	2,76	3,00	1,50	4,00	0,77	
Laser	21	2,43	2,50	1,00	3,50	0,84	
Est	21	3,10	3,00	2,00	4,00	0,62	0,014

Tabela 6: Comparação das impressões duas a duas. Reflexo da luz no papel.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,131	0,003	0,890	0,131	0,170	0,005

Gráfico 3: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Brilho refletido.



Com relação ao efeito de profundidade 3D, a impressão que recebeu a melhor qualificação, ou seja, que a profundidade pareceu mais correta e real, foi a laser.

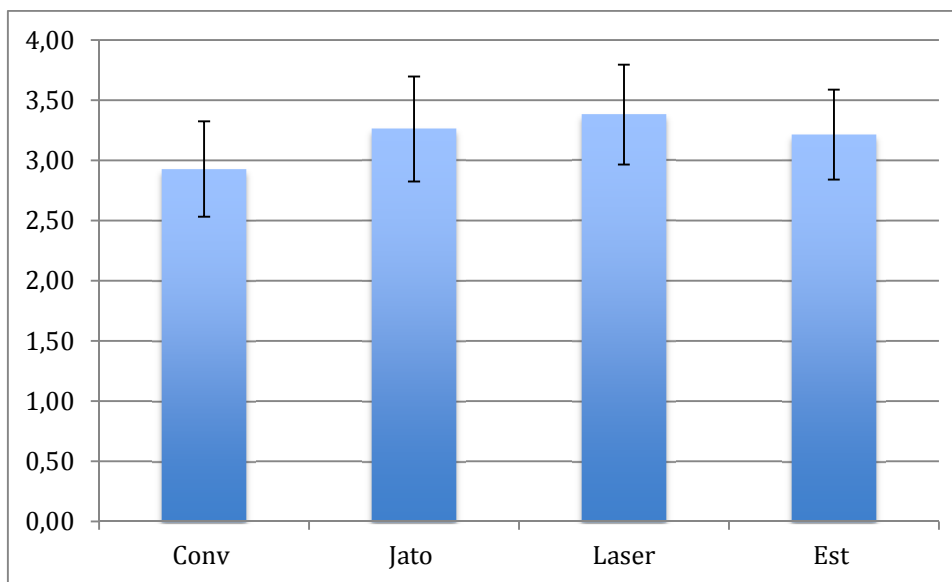
Tabela 7: Efeito de profundidade 3D estereoscópico.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	21	2,93	3,00	2,00	3,50	0,40	
Jato	21	3,26	3,50	2,50	4,00	0,44	
Laser	21	3,38	3,50	2,50	4,00	0,42	
Est	21	3,21	3,00	2,50	4,00	0,37	0,007

Tabela 8: Comparação das impressões duas a duas. Profundidade 3D.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,004	0,001	0,055	0,586	0,314	0,123

Gráfico 4: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Profundidade 3D.



8.2 ESPECIALISTAS EM ANATOMIA

Com relação aos pequenos detalhes e como estes são percebidos, a impressão melhor qualificada foi a laser.

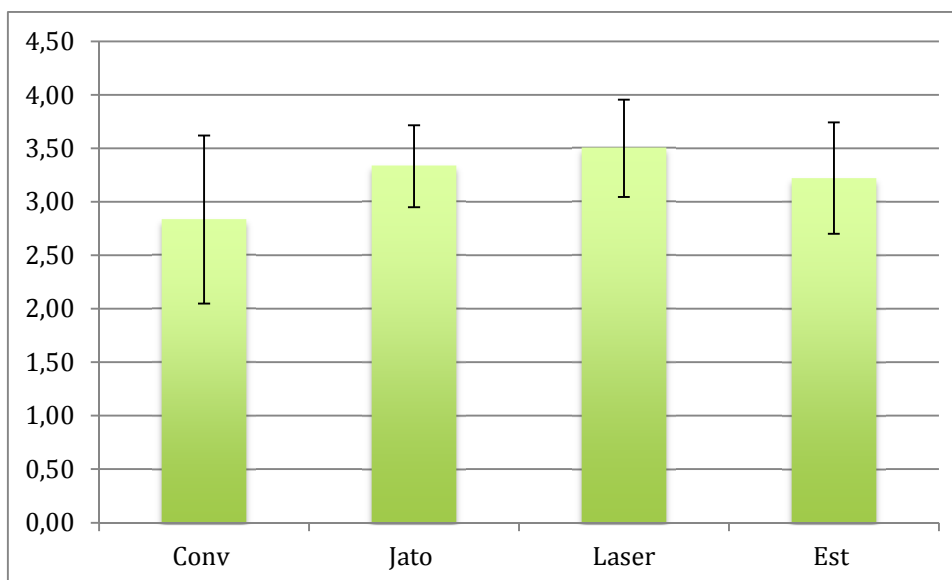
Tabela 9: Nitidez dos pequenos detalhes.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	18	2,83	2,50	2,00	4,00	0,79	
Jato	18	3,33	3,50	2,50	4,00	0,38	
Laser	18	3,50	3,50	2,50	4,00	0,45	
Est	18	3,22	3,50	2,00	4,00	0,52	0,024

Tabela 10: Comparação das impressões duas a duas. Nitidez dos pequenos detalhes.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,040	0,002	0,066	0,265	0,823	0,182

Gráfico 5: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Nitidez dos pequenos detalhes.



Com relação à nitidez global das imagens, a impressão que recebeu melhor qualificação foi a laser.

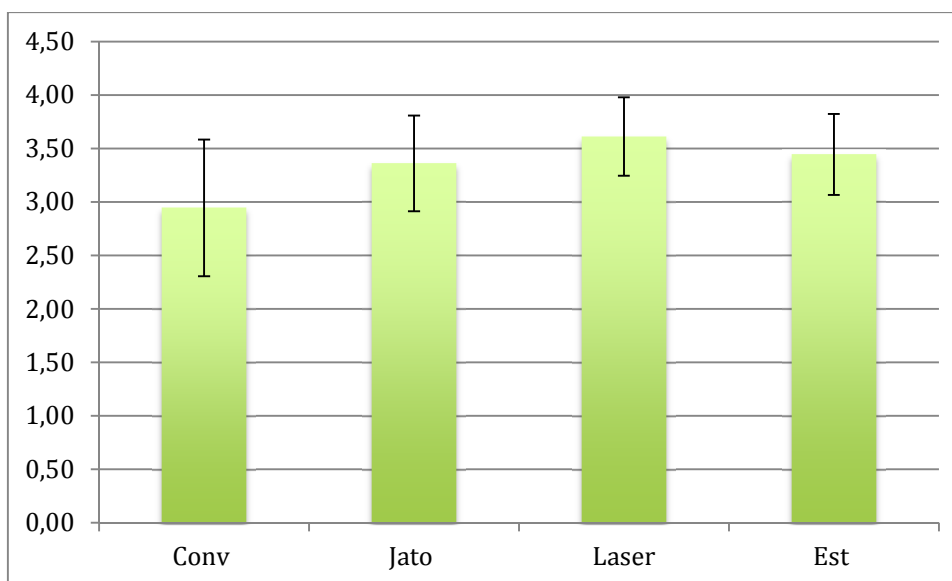
Tabela 11: Nitidez global das imagens.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	18	2,94	3,00	2,00	4,00	0,64	
Jato	18	3,36	3,50	2,50	4,00	0,45	
Laser	18	3,61	3,50	3,00	4,00	0,37	
Est	18	3,44	3,50	2,50	4,00	0,38	0,002

Tabela 12: Comparação das impressões duas a duas. Nitidez global.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,029	<0,001	0,005	0,035	0,474	0,155

Gráfico 6: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Nitidez global.



Como relação a saturação das cores nas imagens, a escolhida como melhor foi a impressão estocástica.

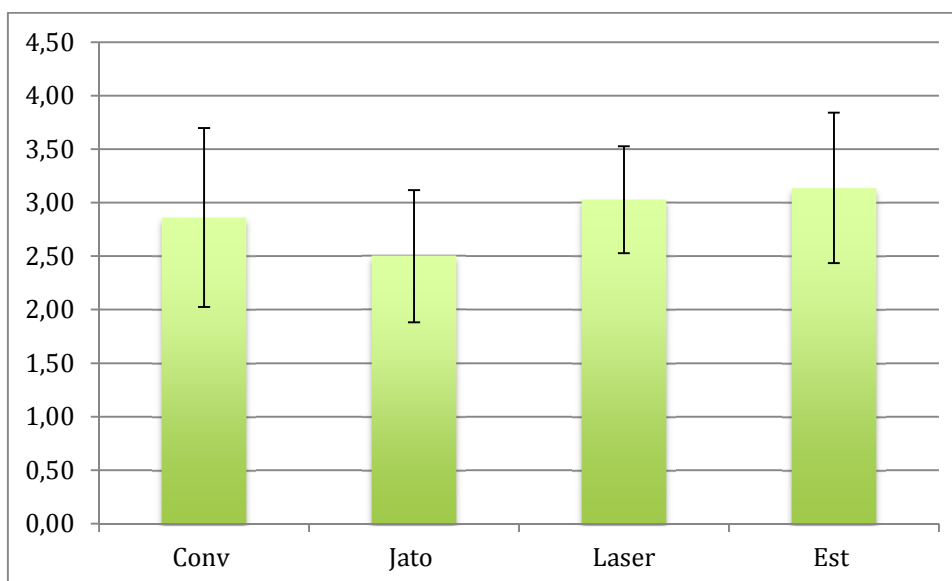
Tabela 13: Saturação das cores nas imagens.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	18	2,86	3,00	1,00	4,00	0,84	
Jato	18	2,50	2,50	1,50	4,00	0,62	
Laser	18	3,03	3,00	2,50	4,00	0,50	
Est	18	3,14	3,50	1,50	4,00	0,70	0,013

Tabela 14: Comparação das impressões duas a duas.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,064	0,498	0,136	0,013	0,001	0,408

Gráfico 7: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Saturação.



No que diz respeito à matiz, ou seja, não apresentou tendências para amarelado, azulado, esverdeado, etc, a impressão melhor qualificada foi a estocástica.

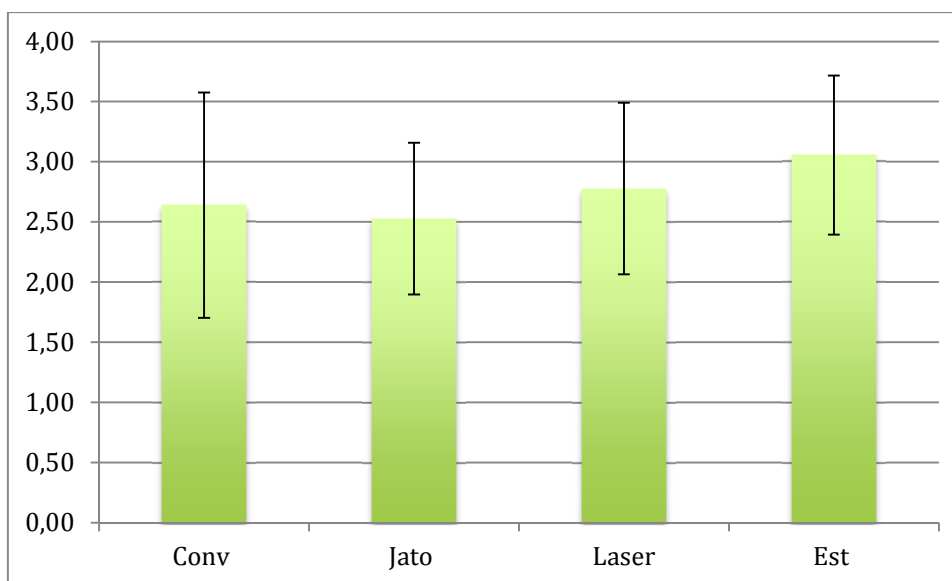
Tabela 15: Matiz ou tendências para azulado, avermelhado, etc.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	18	2,64	2,50	1,00	4,00	0,94	
Jato	18	2,53	2,50	1,50	4,00	0,63	
Laser	18	2,78	2,50	1,50	4,00	0,71	
Est	18	3,06	3,00	2,00	4,00	0,66	0,021

Tabela 16: Comparação das impressões duas a duas. Matiz.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,220	0,663	0,054	0,426	0,002	0,020

Gráfico 8: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Matiz.



Com relação à existência de bordas visíveis (identificáveis à visualização com óculos anaglíficos) pode-se perceber um resultado mais favorável, ou seja bordas menos visíveis, quando utilizada a impressão a Laser.

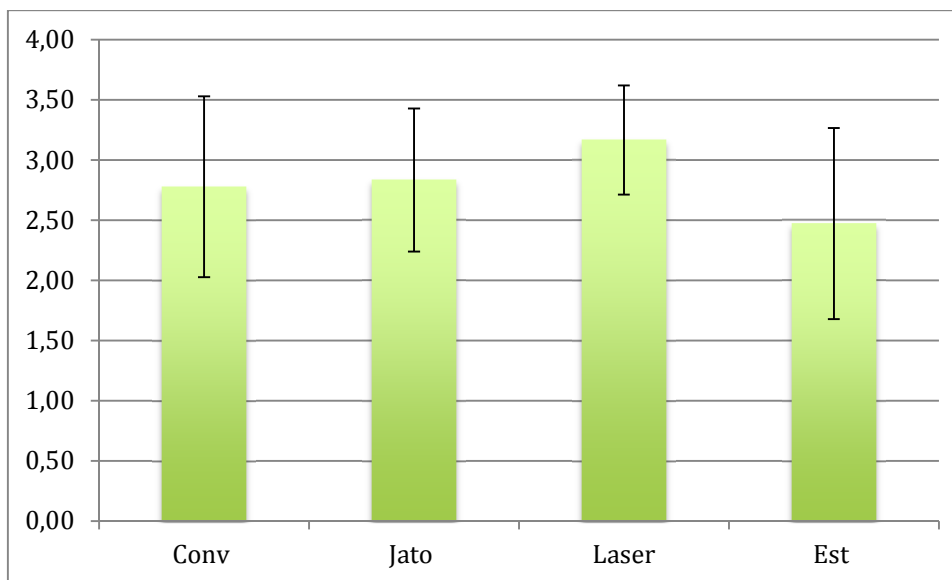
Tabela 17: Bordas visíveis quando observados com óculos anaglífico.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	18	2,78	3,00	1,00	4,00	0,75	
Jato	18	2,83	3,00	2,00	4,00	0,59	
Laser	18	3,17	3,25	2,50	4,00	0,45	
Est	18	2,47	2,50	1,00	4,00	0,79	0,001

Tabela 18: Comparação das impressões duas a duas. Bordas.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,858	0,005	0,093	0,007	0,064	<0,001

Gráfico 9: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Bordas visíveis.



Com relação à sujidades (respingo de tinta, atrito mecânico, manchas e riscos) a impressão que obteve o melhor resultado, ou seja, a impressão que demonstrou ser mais limpa e sem defeitos foi a impressão convencional.

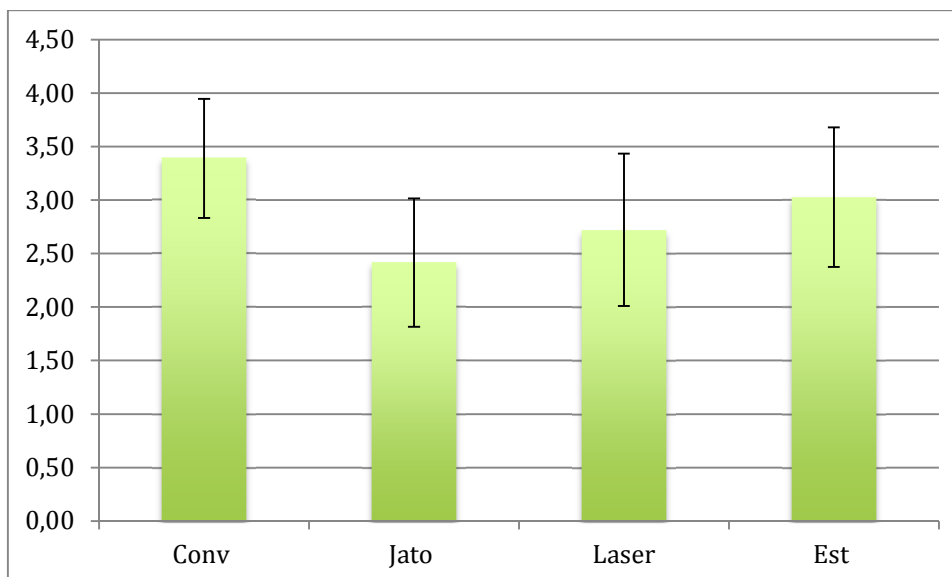
Tabela 19: Defeitos e sujidades.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	18	3,39	3,50	2,00	4,00	0,56	
Jato	18	2,42	2,50	1,50	4,00	0,60	
Laser	18	2,72	2,50	2,00	4,00	0,71	
Est	18	3,03	3,00	2,00	4,00	0,65	<0,001

Tabela 20: Comparação das impressões duas a duas.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
<0,001	<0,001	0,025	0,040	<0,001	0,015

Gráfico 10: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Defeitos e sujidades.



Com relação ao efeito de profundidade 3D, a impressão que recebeu a melhor qualificação, ou seja, que a profundidade pareceu mais correta e real, foi a laser.

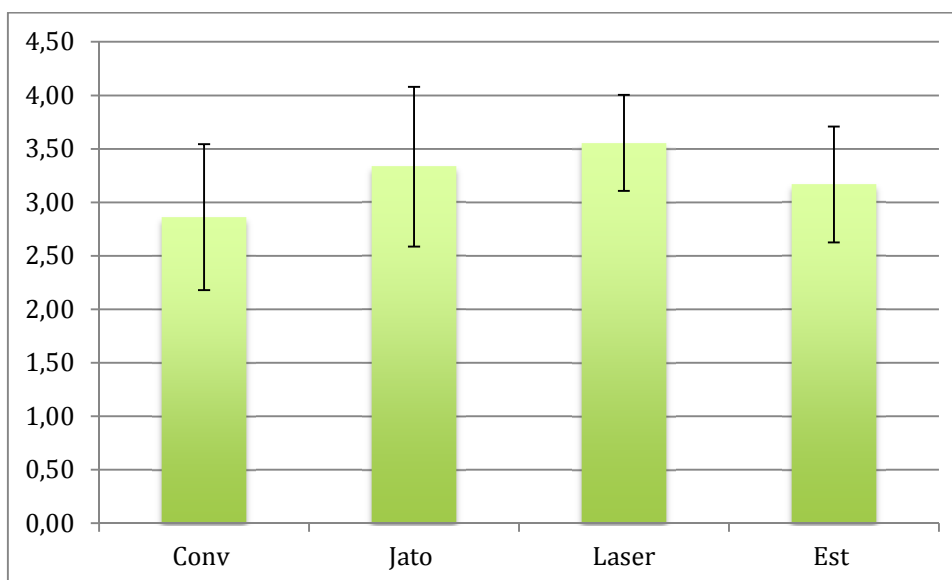
Tabela 21: Efeito de profundidade 3D estereoscópico.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	18	2,86	2,75	1,50	4,00	0,68	
Jato	18	3,33	3,50	1,00	4,00	0,75	
Laser	18	3,56	3,50	2,50	4,00	0,45	
Est	18	3,17	3,00	2,00	4,00	0,54	<0,001

Tabela 22: Comparação das impressões duas a duas. Efeito 3D.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
<0,001	<0,001	0,029	0,423	0,054	0,008

Gráfico 11: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Efeito 3D.



8.3 ESPECIALISTAS EM IMAGEM E ANATOMIA AGRUPADOS

Com relação aos pequenos detalhes e como estes são percebidos, a impressão melhor qualificada foi a laser.

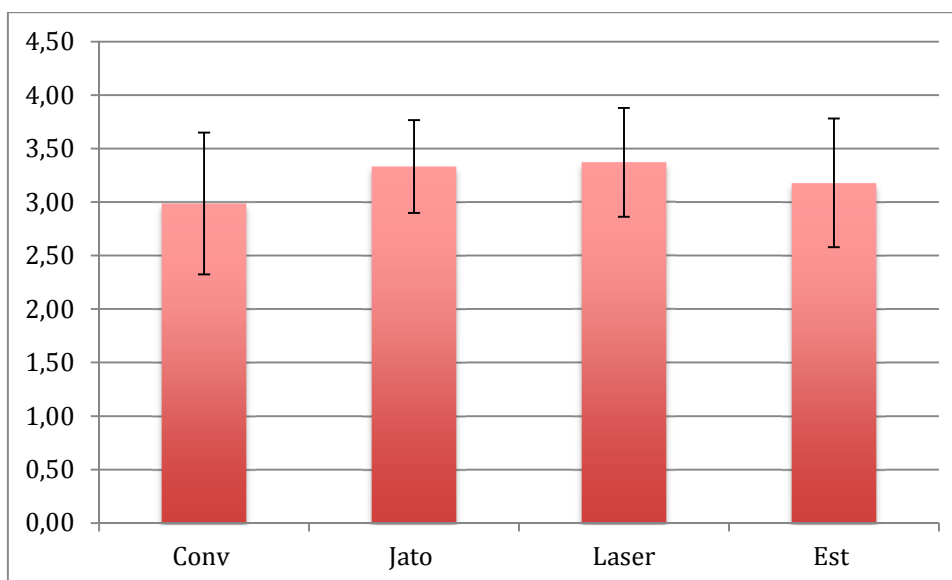
Tabela 23: Nitidez dos pequenos detalhes.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	39	2,99	3,00	2,00	4,00	0,66	
Jato	39	3,33	3,50	2,50	4,00	0,43	
Laser	39	3,37	3,50	2,00	4,00	0,51	
Est	39	3,18	3,50	2,00	4,00	0,60	0,019

Tabela 24: Comparação das impressões duas a duas. Nitidez dos detalhes.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,010	0,004	0,115	0,720	0,307	0,169

Gráfico 12: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Nitidez dos pequenos detalhes.



Com relação à nitidez global das imagens, a impressão que recebeu melhor qualificação foi a laser.

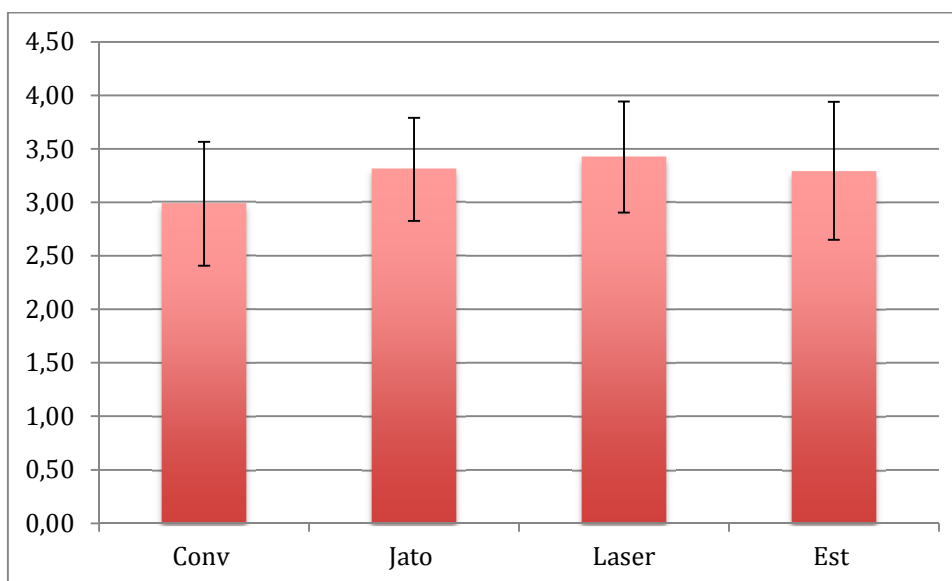
Tabela 25: Nitidez global da imagem.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	39	2,99	3,00	2,00	4,00	0,58	
Jato	39	3,31	3,50	2,50	4,00	0,48	
Laser	39	3,42	3,50	2,00	4,00	0,52	
Est	39	3,29	3,50	1,50	4,00	0,65	0,005

Tabela 26: Comparação das impressões duas a duas. Nitidez global.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,024	<0,001	0,011	0,173	0,761	0,288

Gráfico 13: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Nitidez global.



Com relação à resolução, a impressão que recebeu a melhor qualificação foi a laser.

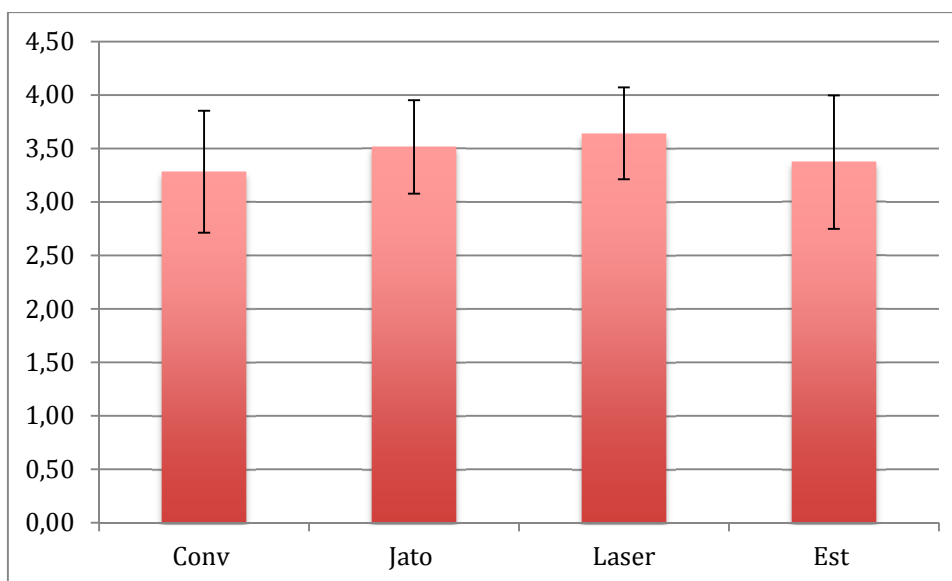
Tabela 27: Resolução.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	39	3,28	3,50	2,00	4,00	0,57	
Jato	39	3,51	3,50	2,50	4,00	0,44	
Laser	39	3,64	4,00	2,50	4,00	0,43	
Est	39	3,37	3,50	2,00	4,00	0,63	<0,001

Tabela 28: Comparação das impressões duas a duas.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,021	<0,001	0,169	0,037	0,338	0,003

Gráfico 14: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Resolução.



Com relação às cores e a sua equivalência com a realidade, a impressão melhor qualificada foi a estocástica.

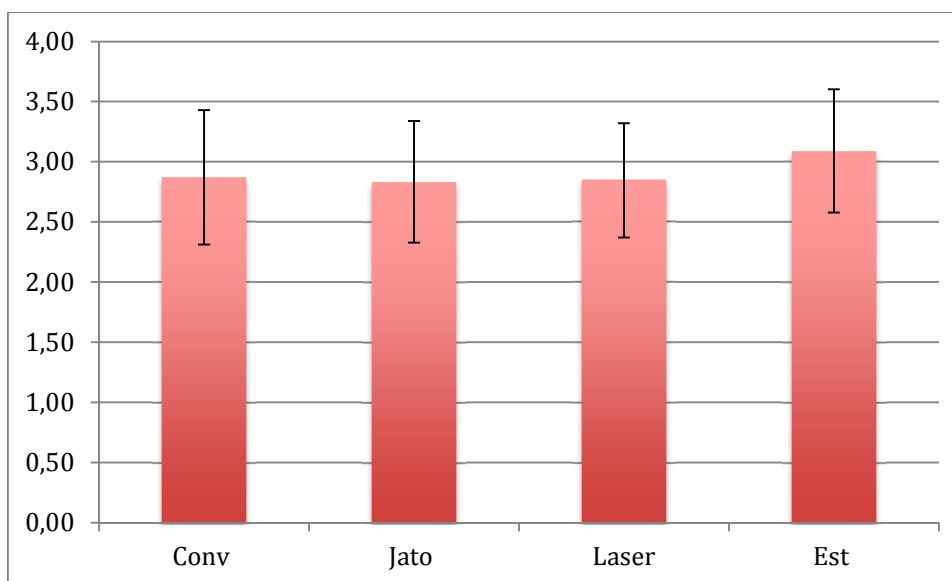
Tabela 29: Precisão na reprodução das cores.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	39	2,87	3,00	2,00	4,00	0,56	
Jato	39	2,83	3,00	1,50	4,00	0,50	
Laser	39	2,85	3,00	1,50	4,00	0,48	
Est	39	3,09	3,00	2,00	4,00	0,51	0,033

Tabela 30: Comparação das impressões duas a duas. Precisão das cores.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,917	0,958	0,035	0,876	0,027	0,039

Gráfico 15: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Precisão da cor.



Como relação a saturação das cores nas imagens, a escolhida como melhor foi a impressão estocástica.

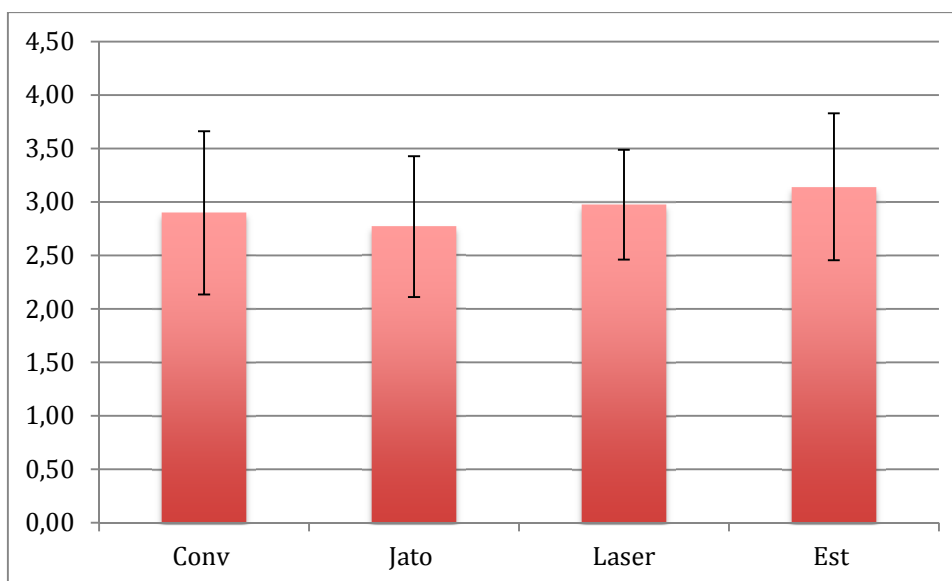
Tabela 31: Saturação das cores.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	39	2,90	3,00	1,00	4,00	0,76	
Jato	39	2,77	2,50	1,50	4,00	0,66	
Laser	39	2,97	3,00	2,00	4,00	0,51	
Est	39	3,14	3,00	1,50	4,00	0,69	0,047

Tabela 32: Comparação das impressões duas a duas.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,338	0,762	0,064	0,208	0,005	0,119

Gráfico 16: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Saturação.



Com relação ao contraste das imagens, a escolhida como melhor foi a estocástica.

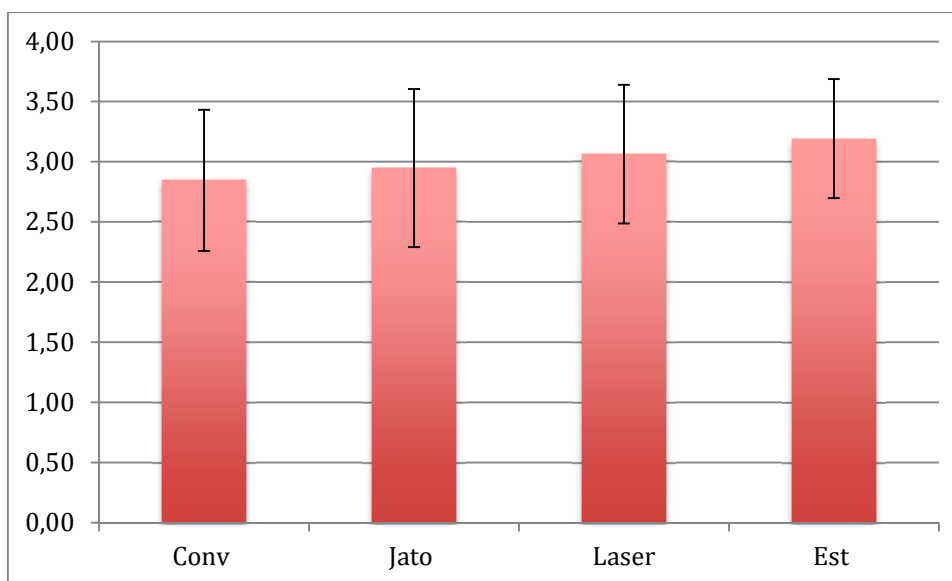
Tabela 33: Contraste das imagens.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	39	2,85	3,00	1,50	4,00	0,59	
Jato	39	2,95	3,00	2,00	4,00	0,66	
Laser	39	3,06	3,00	2,00	4,00	0,58	
Est	39	3,19	3,00	2,00	4,00	0,49	0,022

Tabela 34: Comparação das impressões duas a duas. Contraste.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,531	0,107	0,003	0,322	0,020	0,176

Gráfico 17: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Contraste.



Com relação à existência de bordas visíveis (identificáveis à visualização com óculos anaglíficos) pode-se perceber um resultado mais favorável, ou seja bordas menos visíveis, quando utilizada a impressão a Laser.

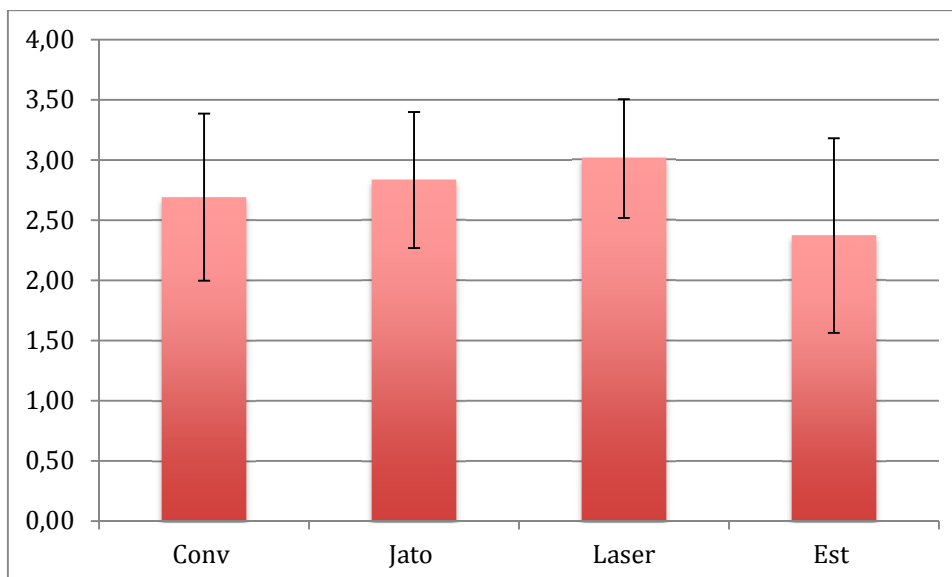
Tabela 35: Bordas visíveis com óculos anaglífico.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	39	2,69	3,00	1,00	4,00	0,69	
Jato	39	2,83	3,00	2,00	4,00	0,57	
Laser	39	3,01	3,00	2,00	4,00	0,49	
Est	39	2,37	2,00	1,00	4,00	0,81	<0,001

Tabela 36: Comparação das impressões duas a duas. Bordas.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,148	0,003	0,008	0,119	<0,001	<0,001

Gráfico 18: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Bordas.



Com relação às sujidades (respingo de tinta, atrito mecânico, manchas e riscos) a impressão que obteve o melhor resultado, ou seja, a impressão que demonstrou ser mais limpa e sem defeitos foi a impressão convencional.

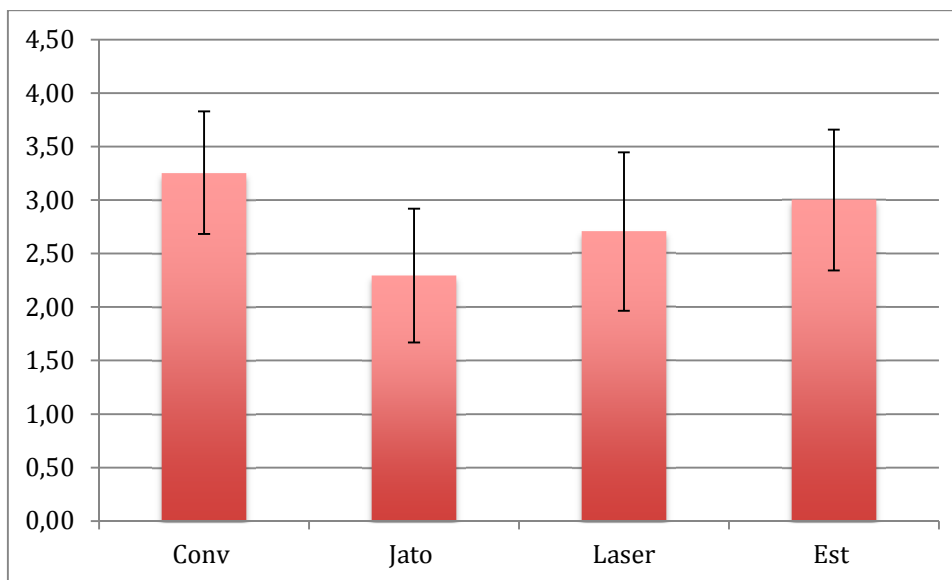
Tabela 37: Defeitos ou sujidades.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	39	3,26	3,50	2,00	4,00	0,57	
Jato	39	2,29	2,50	1,50	4,00	0,63	
Laser	39	2,71	2,50	1,50	4,00	0,74	
Est	39	3,00	3,00	2,00	4,00	0,66	<0,001

Tabela 38: Comparação das impressões duas a duas. Sujidades.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
<0,001	<0,001	0,019	<0,001	<0,001	0,008

Gráfico 19: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Sujidades.



Com relação à reflexo da luz no papel, a impressão que recebeu melhor qualificação foi a convencional.

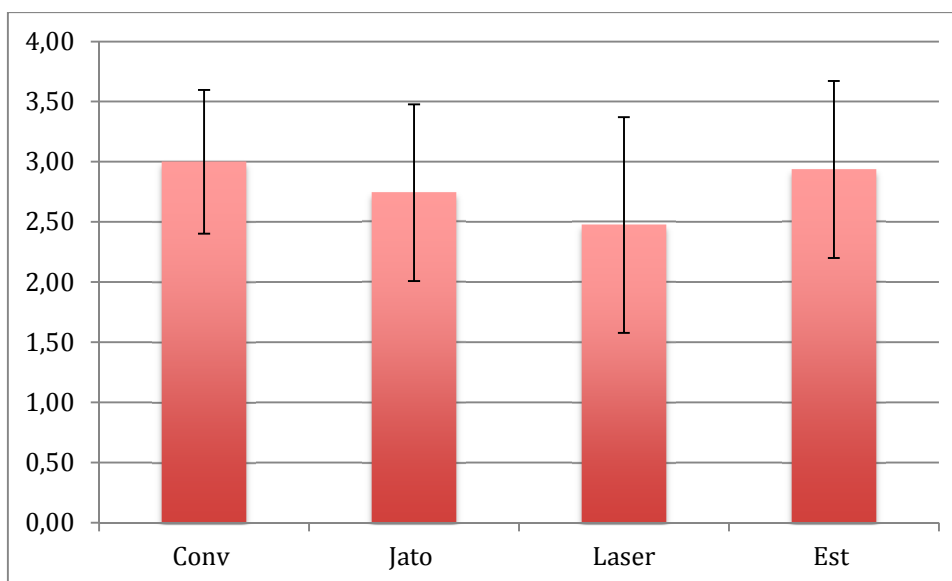
Tabela 39: Reflexo da luz no papel.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	39	3,00	3,00	2,00	4,00	0,60	
Jato	39	2,74	3,00	1,50	4,00	0,73	
Laser	39	2,47	2,50	1,00	4,00	0,90	
Est	39	2,94	3,00	1,00	4,00	0,74	0,038

Tabela 40: Comparação das impressões duas a duas. Reflexo da luz no papel.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
0,166	0,013	0,960	0,255	0,182	0,014

Gráfico 20: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Reflexo da luz no papel.



Com relação ao efeito de profundidade 3D, a impressão que recebeu a melhor qualificação, ou seja, que a profundidade pareceu mais correta e real, foi a laser.

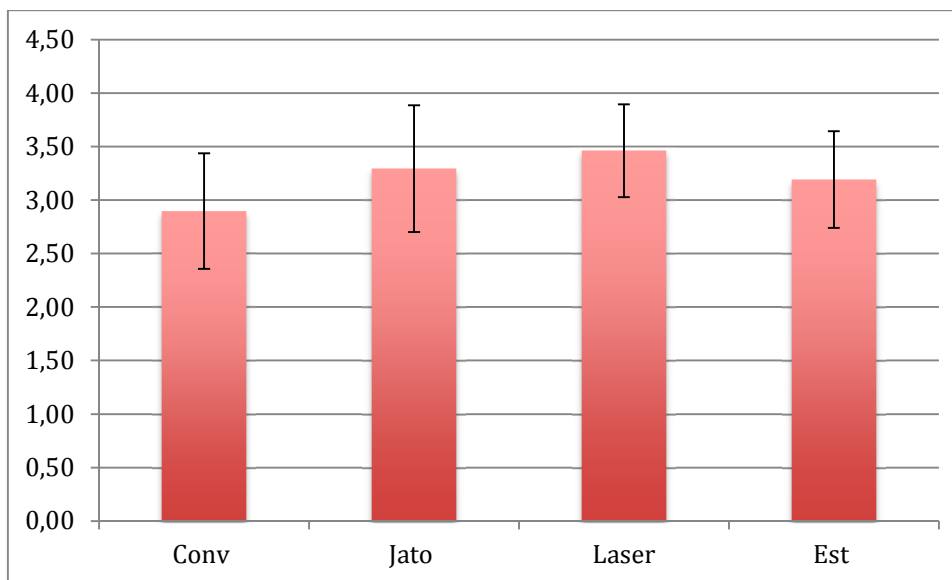
Tabela 41: Efeito de profundidade 3D.

Impressão	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Valor de p
Conv	39	2,90	3,00	1,50	4,00	0,54	
Jato	39	3,29	3,50	1,00	4,00	0,59	
Laser	39	3,46	3,50	2,50	4,00	0,44	
Est	39	3,19	3,00	2,00	4,00	0,45	<0,001

Tabela 42: Comparação das impressões duas a duas. Profundidade 3D.

Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
<0,001	<0,001	0,004	0,345	0,040	0,003

Gráfico 21: Gráfico comparativo entre as médias e respectivos desvios padrões. Profundidade 3D.

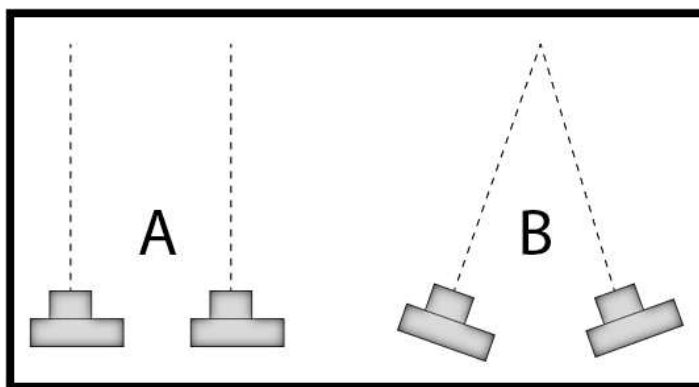


9 DISCUSSÃO

9.1 DISCUSSÃO SOBRE O MÉTODO ADOTADO

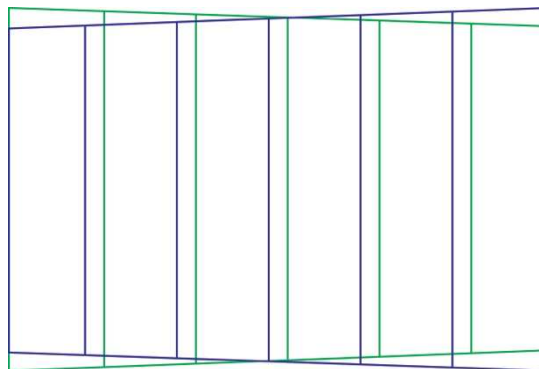
Neste estudo optou-se pela técnica de obtenção dos pares estereoscópicos utilizando-se uma única câmera fotográfica, que foi deslocada horizontalmente com o auxílio de mesa automatizada, criada especificamente para esta finalidade. Existem vários modelos de suportes que permitem o deslocamento manual da câmera ou que permitem acoplar duas câmeras lado a lado, porém, neste último caso, os dispositivos não permitem um controle milimétrico da paralaxe. A mesa desenvolvida para esta finalidade pelos autores (figura 30) permite a movimentação no próprio eixo e também o deslocamento horizontal. Vários testes foram realizados para identificação do melhor método de obtenção das imagens, e quando utilizado um deslocamento convergente no eixo da câmera (figura 31), pode-se observar um distúrbio no alinhamento das imagens, definido como efeito *Keystone* (figura 32), gerando desconforto na visualização (KONRAD, J., 1999). Correções desta distorção podem ser conseguidas, mas a diferença observada, do eixo convergente comparativamente ao eixo paralelo neste estudo, foi imperceptível.

Figura 32: Deslocamento do eixo próprio da câmera com relação ao objeto fotografado: A: câmera com eixo Paralelo; B: câmera com eixo convergente.



Fonte: O autor.

Figura 33: Figura ilustrando o efeito Keystone.



Fonte: O autor

A criação da paralaxe no par estereoscópico deve levar em consideração diversos fatores: tamanho do objeto a ser fotografado, distância focal das lentes e distância do objeto à lente. Vários estudos analisaram estas variáveis visando minimizar o desconforto visual (HOWARTH, P. A., 2011a; SHIBATA, T. *et al.*, 2011). De acordo com estes autores, a vergência e a acomodação são as atividades que influenciam a paralaxe, consequentemente a visão em profundidade.

A acomodação, mudança da distância focal causada pela contração dos músculos da íris, com consequente modificação da convexidade do cristalino, tem como função manter focalizados, na retina, os objetos de interesse. A vergência, por sua vez, o ângulo formado pelos eixos ópticos dos olhos, promovem a fusão das imagens, sendo que eixos paralelos o fazem para imagens no infinito (BICAS, H. E. A., 2004).

Existe uma relação entre a zona de conforto e a porcentagem de paralaxe presente nas imagens estereoscópicas, especificando uma regra que varia de 1% a 2 % no caso da paralaxe positiva e entre 2% e 3% para a paralaxe negativa (KONRAD, J., 1999). A criação dos pares estereoscópicos deve ser feita levando em consideração estas observações a respeito do valor da paralaxe. Desde a década de 50 são estudadas as relações entre a paralaxe e a distância focal das objetivas. Desde então, fórmulas complexas para estipular a paralaxe vem sendo propostas. A mais conhecida é a fórmula de Berkowitz e suas derivações como a fórmula de Pierre Meindre (YASUDA, C. L. *et al.*, 2006). Porém o método que se mostrou mais adequado foi o descrito por Shibata, 2011.

Fórmula de Berkowitz: $B = P/(L-N) * [(LN/F) - ((L+N)/2)]$

Fórmula de Pierre Meindre: $B = P/F * [LN/ (L - N)]$

Onde B = distância entre os eixos ópticos, P = valor da paralaxe, N = menor distância entre o objeto e a câmera, L = maior distância entre o objeto e a câmera e F = distância focal das objetivas.

O deslocamento horizontal da lente da câmera fotográfica utilizado neste trabalho, com a finalidade de reproduzir a paralaxe adequada para visualização tridimensional, foi de aproximadamente 2% da distância correspondente da lente ao objeto fotografado, para imagens de estruturas ósseas do crânio. Para imagens do encéfalo total, o deslocamento horizontal necessário para criar uma ilusão de profundidade, e permitir a visualização mais semelhante à do objeto real foi de cerca de 3%. Quando se realiza fotografias de objetos mais simples ou de paisagens, o deslocamento horizontal parece não ser tão importante, para que a percepção de profundidade se faça de maneira mais ou menos adequada. Porém, se o objetivo é reproduzir imagens da anatomia humana para o ensino, a percepção mais próxima ao real de profundidade é condição imprescindível. Com este objetivo, inicialmente foram realizadas fotografias em 10 posições diferentes, com relação ao deslocamento horizontal da câmera, com cerca de 7mm de distância uma da outra, e foi escolhido o par estereoscópico que se mostrou mais próximo da anatomia real. Este procedimento foi facilitado pela existência da mesa automatizada, que permitia o deslocamento a cada 7mm.

Em algumas circunstâncias, para criação do par estereoscópico, para utilização no modo anaglífico, distâncias menores devem ser empregadas para que não se observe uma imagem "borrada". No caso de visualização das imagens lado a lado ou com projeção com o uso de lentes polarizadoras, distâncias maiores podem ser utilizadas sem prejuízo ao conforto da visualização (HOWARTH, P. A., 2011b).

Os diferentes métodos de impressão disponíveis apresentam vantagens e desvantagens, o mesmo ocorre com relação ao suporte de impressão (no caso, os diferentes tipos de papel). A escolha do método de impressão deve levar em consideração fatores diversos: qualidade requerida da impressão, tiragem, custo ou verba disponível, prazo e tipo do material de suporte (RIBEIRO, M. C., 2010). Alguns métodos (flexografia, tampografia, rotogravura) deixam marcas na superfície impressa, o que os torna inadequados para reprodução de imagens tridimensionais (KIPPHAN, H., 2001b). A tiragem (ou número de exemplares impressos) deve ser analisada em conjunto com a questão custo da impressão (e consequentemente a verba disponível). No que tange à impressão a laser ou jato de tinta, o custo de cada

cópia é praticamente o mesmo, e está na dependência do custo do toner ou cartucho de tinta utilizado + papel. A produção de matrizes para impressão *offset* (convencional ou estocástica) tem um custo elevado, mas permite a impressão de um grande número de cópias (de 30 a 50 mil exemplares), com uma consequente diluição do custo, viabilizando, do ponto de vista econômico, o método. Para uma tiragem de até 500 exemplares, por exemplo, o método de impressão a laser pode ser levado em consideração, uma vez que, para uma tiragem considerada pequena, a produção relativamente dispendiosa de uma matriz com retícula estocástica pode elevar o custo da impressão a níveis inaceitáveis.

A decisão por um determinado método de impressão também depende da disponibilidade de tempo para sua execução. Por exemplo, o método tipográfico necessita um tempo de secagem maior (entre um e dois dias, dependendo do tipo de suporte, temperatura e humidade relativa do ar). A utilização de calor, oxidação ou lâmpada UV podem ser utilizados no método *offset* para reduzir este tempo..

Nem todos os métodos de impressão são adequados a todo tipo de suporte. Se é necessária a impressão em superfícies irregulares, por exemplo, poucos métodos podem ser utilizados (serigrafia, tampografia).

Para a realização deste trabalho, envolvendo basicamente a impressão em papel, utilizou-se três processos distintos: planográfico, eletrográfico e digital. A utilização destes diferentes processos teve como objetivo primário permitir a avaliação da melhor qualidade para impressão das imagens estereoscópicas utilizando a técnica anaglífica.

No presente trabalho, os 39 indivíduos que participaram da avaliação foram distribuídos em duas categorias (profissionais atuando na área de impressão gráfica, e indivíduos com conhecimento da anatomia humana). Esta dicotomia foi necessária por se entender que cada um dos grupos teria uma forma de interpretação diferente. Profissionais da área de impressão gráfica são treinados na observação de detalhes de impressão que não são do conhecimento ou da prática comum a médicos e estudantes de medicina. Este grupo, no entanto, poderia ter dificuldade na interpretação da melhor representação de uma peça anatômica, e no melhor reconhecimento de detalhes de suas estruturas, por não ter conhecimento aprofundado da anatomia humana.

Cada participante foi submetido a uma avaliação visual pelo método de Ishihara (anexo C) para exclusão de discromatopsia (daltonismo). Esta avaliação

sugerida por Larabi (2010) permitiu a exclusão de indivíduos que não tivessem percepção nítida das diferenças de tonalidades de cores, especialmente para vermelho e verde, e os que apresentavam visão monocular, o que comprometeria a percepção das imagens no método anaglífico.

A análise estatística dos resultados foi realizada para cada um dos itens de forma independente (cada um dos grupos) e em conjunto, pois se pretendia perceber diferenças de interpretação entre os dois grupos. As considerações a respeito destas diferenças estão listadas logo a seguir nesta discussão, na sessão Discussão dos Resultados Obtidos.

9.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Quando analisados pelos especialistas em imagem, os resultados mostraram diferenças de proporções com significância estatística em 4 das 13 perguntas (bordas, sujidades, reflexo da luz no papel e profundidade 3D). Quando analisados pelos especialistas em anatomia, houve diferença de proporções com significância estatística em 7 das 13 perguntas (nitidez dos pequenos detalhes, nitidez global, saturação, matiz, bordas visíveis, sujidades e profundidade 3D). Esperava-se uma tendência à percepção de diferenças mais significativas no grupo com maior experiência na análise de imagens impressas. O fato de indivíduos com conhecimento em anatomia perceberem particularidades nas estruturas anatômicas que não foram vistas pelos profissionais de imagem, pode ser sugerido como a causa deste anacronismo. Esta dúvida poderia ser esclarecida num trabalho semelhante, em que fossem utilizadas imagens sem significado anatômico, como por exemplo, fotos de paisagem ou de objetos da vida cotidiana.

Em três das variáveis avaliadas (bordas, sujidades e percepção tridimensional) houve concordância entre os dois grupos. Por este motivo, as diferenças estatísticas de proporção aqui demonstradas se referem aos dados dos dois grupos de observadores em conjunto.

As bordas ao redor das imagens se tornam visíveis pelo fato das cores utilizadas nos pares estereoscópicos (azul e vermelho) possuírem tonalidades (frequências de cor) ligeiramente diferentes das cores dos filtros vermelho e azul dos óculos anaglíficos. Nas impressões a laser e jato de tinta a presença de bordas foi menos evidente, não havendo diferença significativa de proporções entre estas duas técnicas ($p = 0,119$). A técnica de *offset* estocástica apresentou o pior desempenho neste item. Diferenças de proporções com significância aparecem com relação à impressão jato de tinta quando comparada com estocástica, entre estocástica e laser ($p < 0,001$), e entre convencional e estocástica ($p = 0,008$). Entretanto, é possível que estas diferenças e o mau desempenho da impressão *offset* neste item possa estar relacionado à carga de tinta que é menor na impressão *offset* estocástica. Neste método (*offset*), no entanto, é possível forçar as cores (aumentando ou diminuindo a carga de tinta) de forma a permitir uma combinação maior com a frequência de cor dos filtros utilizados, o que não foi realizado no presente trabalho.

Com relação suidades, a pergunta visava analisar como as impressões se comportam em relação a defeitos de impressão e problemas causados pela manipulação pelos avaliadores. Nesta questão, a impressão melhor avaliada foi a *offset*. Se analisadas em conjunto pelos dois grupos de observadores, percebe-se diferença de proporções entre a impressão *offset* convencional e estocástica ($p = 0,019$). No entanto a maior diferença se dá entre a impressão *offset* e laser e entre *offset* e jato de tinta ($p < 0,001$). Laser e jato de tinta, portanto, estão propensas a maior índice de suidades. Em todos os casos pode-se optar pela aplicação de verniz protetor fosco nas impressões. Para este fim existem três tipos de acabamentos de proteção: verniz localizado com secagem ultravioleta, verniz total, ou laminação.

Como as imagens foram submetidas antes da avaliação a determinada fricção contra a mesa, e manipuladas sem cuidado pelos avaliadores, alguns métodos de impressão se mostraram mais sensíveis a riscos (jato de tinta), sendo que outros métodos (laser e *offset*) foram mais susceptíveis a marcas de dedo. Este aspecto não foi considerado metodologicamente na pesquisa, sendo esta análise fruto da observação final das imagens pelos autores.

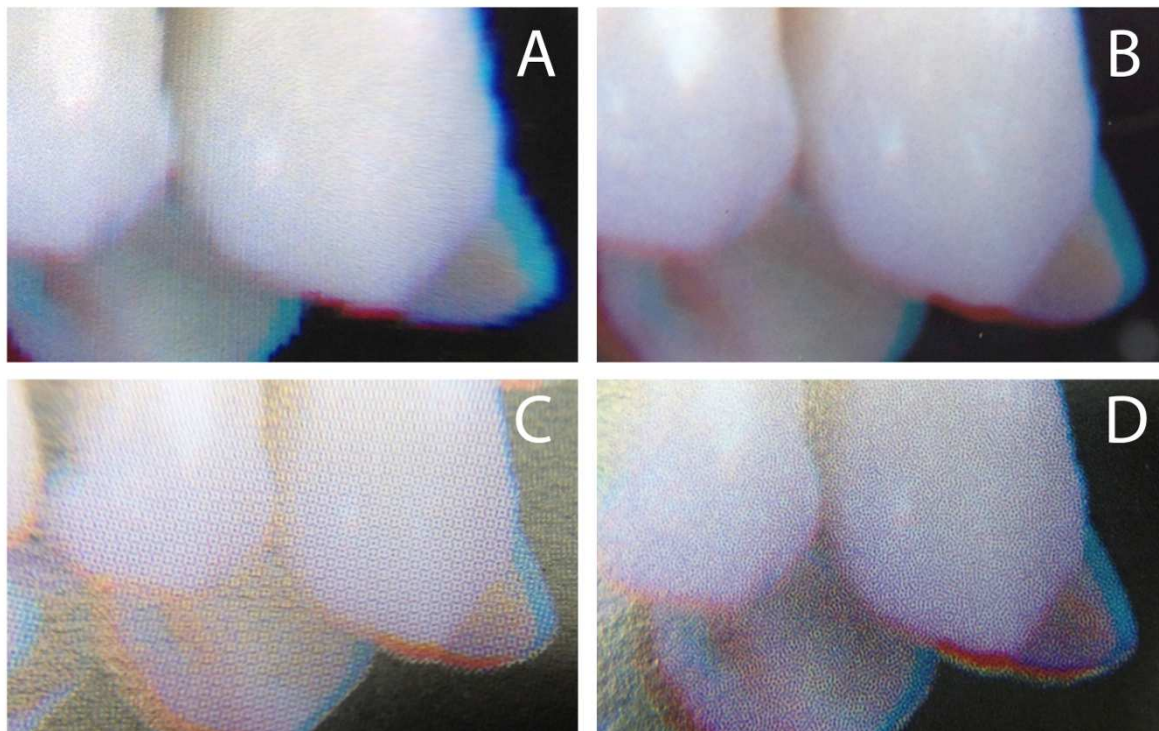
Com relação ao tópico profundidade (percepção 3D), foi avaliada a ilusão de profundidade estereoscópica em relação à sua equivalência com o objeto real. As impressões a laser e jato de tinta permitiram a melhor percepção 3D. Quando analisadas pelos grupos individualmente (especialistas em imagem ($p=0,586$) e com conhecimento em anatomia ($p=0,423$) e em conjunto ($p=0,345$), não se observou diferença de proporções significativa entre ambas. A impressão *offset* convencional, largamente utilizada na produção científica mundial, se mostrou a técnica menos eficaz para reproduzir a percepção de profundidade, havendo diferença de proporção significativa com os outros métodos. Entre laser e jato de tinta foi observada a maior significância ($p < 0,001$), mas mesmo entre os dois métodos *offset* houve diferença significativa de proporções ($p=0,004$), favorável ao método de impressão com retícula estocástica.

O próximo tópico que apresentou variáveis com diferença significativa de proporções foi nitidez. Neste tópico foram analisadas as variáveis nitidez de pequenos detalhes, nitidez global e resolução. Com relação à nitidez de pequenos detalhes, a idéia por trás da pergunta era avaliar a qualidade da nitidez na impressão de detalhes de pequenas estruturas anatômicas, como por exemplo, nervos cranianos, artérias ou detalhes na superfície óssea ou encefálica. A avaliação realizada por indiví-

duos com conhecimento em anatomia e a análise estatística dos dois grupos de avaliadores em conjunto mostraram que a impressão a laser e jato de tinta permitiram a melhor identificação de pequenas estruturas, não tendo sido observado diferença significativa de proporções entre estes dois grupos. Houve, entretanto, diferença significativa entre estas duas técnicas e as técnicas *offset* (estocástica e convencional) que se mostraram menos eficientes para esta variável. Com relação à nitidez global a mesma observação foi constatada, com as impressões a laser e jato de tinta tendo apresentado performance idêntica ($p=0,173$).

Na interpretação estatística desta variável, pode-se observar uma performance também adequada da impressão *offset* estocástica, a qual mostrou diferença de proporção em relação à convencional ($p=0,011$). A terceira variável deste tópico refere-se à resolução. Foi observada uma diferença na resolução das imagens, destacando-se a impressão a laser como a melhor. É necessário enfatizar que todas as impressões foram realizadas com mais de 300 dpi. Apesar de haver uma grande diferença na quantidade de pontos por polegada (dpi) nos três métodos de impressão (jato de tinta = 300 dpi; laser = 600 dpi; *offset* = 2540 dpi), aparentemente o olho humano, mesmo não amplificado com lentes apropriadas, é capaz de perceber a existência de pontos proveniente das retículas *offset*. A figura 34 ilustra as diferenças entre os métodos de impressão quando analisada com uma ampliação de 20X. Pode-se inferir desta análise que a tendência a uma performance melhor da impressão a laser, neste caso, não reflita necessariamente uma melhor resolução, que seria esperada na retícula estocástica, e sim a inexistência dos pontos tornados visíveis pela retícula presente nos métodos *offset* (C e D).

Figura 34: Ampliação de 20X de um detalhe das imagens impressas. A = jato de tinta; B = laser fotográfico; C = *offset* convencional; D = *offset* estocástico. Observa-se no *offset* convencional (C) a existência de rosetas denominadas *moiré*. No *offset* estocástico (D) percebe-se a existência de pontos aleatórios, dando a falsa impressão de baixa resolução.



Fonte: O autor.

A análise do tópico cores incluiu as variáveis: precisão (naturalidade da cor), saturação (grau de pureza da cor) e matiz (tonalidade cor em si). Quando avaliadas as variáveis saturação e precisão das cores, pode ser percebida diferença de proporções. Nestes casos a impressão *offset* com retícula estocástica permitiu a melhor avaliação da saturação e precisão das cores das cores, e a impressão jato de tinta a pior, havendo entre elas uma diferença significativa de proporções. No entanto a análise realizada por especialistas em imagem, isoladamente, não mostrou esta mesma tendência.

O tópico conforto, composto pelas variáveis conforto visual e reflexo, somente permitiu a identificação de diferença significativa de proporções na variável reflexo. Neste variável, a questão buscava avaliar se a luz refletida atrapalhava a visualização das imagens. Especialistas em imagem observaram uma diferença, sendo que o maior prejuízo para a visualização, devido ao reflexo, foi observada nas impressões a laser e jato de tinta. As impressões *offset*, que apresentavam o menor grau de reflexo, foram praticamente idênticas (0,890). O reflexo da luz, depende mais do tipo

de papel utilizado do que da impressão. Para minimizar este efeito, em todos os casos utilizou-se papel fosco. No entanto, mesmo o papel fosco para impressão com jato de tinta e laser é mais brilhante que o papel utilizado para impressão *offset*. Este fato pode justificar o resultado encontrado. O reflexo da luz no papel não é um importante fator a se considerar na impressão de imagens anatômicas, uma vez que pode ser compensado mudando-se a posição do material impresso em relação à fonte de luz.

A análise do tópico luminosidade, que era composto pelas variáveis conforto visual e reflexo, só permitiu a percepção de diferenças entre os métodos de impressão quando a análise foi realizada com os dois grupos de observadores em conjunto. Nem especialistas em imagem, nem indivíduos com conhecimento em anatomia, isoladamente, tiveram esta percepção. Agrupando-se os avaliadores, e consequentemente aumentando o tamanho da amostra, pode-se observar uma diferença significativa de proporções, com o contraste mais nítido sendo observado na impressão *offset* estocástica, seguido da impressão a laser, jato de tinta e por último a *offset* convencional. Quando comparadas duas a duas, observa-se uma diferença significativa de proporções entre *offset* estocástica e convencional ($p=0,003$) e entre estocástica e jato de tinta ($p=0,020$). Ainda neste tópico, a variável brilho (referindo-se à quantidade de luz branca presente nas imagens) não apresentou diferença significativa de proporções entre os quatro métodos.

10 CONCLUSÕES

A impressão a laser, comparativamente à impressão *offset* e jato de tinta, foi a que apresentou a melhor qualidade de visualização de imagens estereoscópicas.

A produção de pares fotográficos estereoscópicos para visualização anaglífica utilizando uma única câmera fotográfica digital de alta definição é possível com o auxílio de dispositivo que permita o seu gradativo deslocamento horizontal. Com uma distância mínima de um metro entre a lente da câmera e o objeto, o eixo pode ser mantido paralelo.

A produção de imagens para visualização anaglífica pode ser feita utilizando-se o software Adobe Photoshop®, que permite a conversão de pares fotográficos estereoscópicos sem perda de qualidade. A extração das cores verde e azul na imagem do olho esquerdo, e da cor vermelha na imagem do olho direito e sua superposição utilizando o método de mistura *screen*, permite a visualização estereoscópica com percepção de profundidade (3D) utilizando-se óculos anaglífico com filtros vermelho e azul.

A qualidade das imagens estereoscópicas impressas para a visualização no método anaglífico deve ser avaliada levando em consideração variáveis múltiplas. Para as variáveis: nitidez dos pequenos detalhes, nitidez global, resolução, percepção de bordas e de profundidade, a melhor impressão foi obtida utilizando o método laser fotográfico. Quando se trata das variáveis relacionadas à avaliação de cores (precisão e saturação) e luminosidade (contraste), a melhor impressão foi a realizada no método *offset* com retícula estocástica.

As impressões a laser e estocástica se equivalem como as melhores formas de impressão de imagens anatômicas estereoscópicas anaglíficas. A decisão sobre o método a ser utilizado deve levar em consideração a tiragem (número de cópias).

A impressão *offset* com retícula convencional apresenta o pior desempenho para este tipo de imagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, G. Um balanço bibliográfico e de fontes da estereoscopia. **Anais do Museu Paulista**, 6-7 (1), p.207-225. 2003.
- Adobe. Print Publishing Guide. Adobe: 79 p. 1995.
- Ahmed, J., Ward, T.P., Bursell, S.E., Aiello, L.M., Cavallerano, J.D. e Vigersky, R.A. The sensitivity and specificity of nonmydriatic digital stereoscopic retinal imaging in detecting diabetic retinopathy. **Diabetes Care**, 29 (10), p.2205-2209. 2006.
- Backus, B.T. Stereoscopic vision: what's the first step? **Current Biology**, 10 (19), p.R701-R703. 2000.
- Baer, L. **Produção gráfica**. São Paulo: Editora Senac. 1999. 280 p.
- Baldo, M.V.C. e Haddad, H. Ilusões: o olho mágico da percepção. **Revista Brasileira Psiquiatria** (25), p.6-11. 2003.
- Belliveau, J.W., Kennedy, D.N., Mckinstry, R.C., Buchbinder, B.R., Weisskoff, R.M., Cohen, M.S., Vevea, J.M., Brady, T.J. e Rosen, B.R. Functional mapping of the human visual cortex by magnetic resonance imaging. **Science**, 254 (5032), p.716-719. 1991.
- Bicas, H.E.A. Fisiologia da visão binocular. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 67 (1), p.172-180. 2004.
- Bonnier, N., Schmitt, F., Brettel, H. e Berche, S. Evaluation of spatial gamut mapping algorithms. **Color Imaging Conference**, 2007. p.
- Cardoso-Leite, P. e Gorea, A. On the perceptual/motor dissociation: A review of concepts, theory, experimental paradigms and data interpretations. **Seeing and Perceiving**, 23 (2), p.89-151. 2010.
- Celulose, S.P.E. **Manual prático de propriedades do papel**. São Paulo: SPP-Nemo, v.1. 2008. 68 p.
- Costa, H.T. Qual será o tema dominante da próxima Drupa? **Revista Publish** (117), p.32. 2011.
- Cui, C., Cao, D. e Love, S.T. Measuring visual threshold of inkjet banding. **Image Processing, Image Quality, Image Capture, Systems Conference PICS**. Montreal, Quebec, Canadá, 2001. 89 p.
- Darrah, W.C. **The world of stereographs**. Gettysburg, PA: Land Yatch Press. 1977. 246 p.

Davidson, J.M. Remarks on the value of stereoscopic photography and skiagraphy: Records of clinical and pathological appearances. **British Medical Journal**, 2 (1979), p.1668-1669 1898.

Davidson, J.M. Stereoscopic Radiography. **Proceedings of the Royal Society of Medicine**, 12 (Electro Ther Sect), p.1-8. 1919.

Dodd, G.D., Soulen, M.C., Kane, R.A., T., L., R., L.W., Yamashita, Y., Gillams, A.R., Karahan, O.I. e Rhim, H. Minimally invasive treatment of malignant hepatic tumors: At the threshold of a major breakthrough. **Radiographics**, 20), p.9-27. 2000.

Downing, K.F. e Holtz, J.K. Incorporating 3D virtual laboratory specimens to enhance online science: Examples from paleontology and biology. In: T. D. Cox e K. P. King (Ed.). **Teaching With Digital Media: Best Practices and Innovations in Higher Education**. Charlotte, NC: Information Age Publishing, 2011. p.219-238.

Dunham, K. The pathological anatomy of pulmonary tuberculosis as recorded by stereoscopic radiograms of the chest; and the value of this knowledge in the care of the tuberculous patient. **Proceedings of the Royal Society of Medicine**, 21 (1), p.61-65. 1927.

Ebert-Schifferer, S. Finestra e velo. Pittura come illusione. In: G. A. (Ed.). **Ingani ad Arte - Meraviglie del trompe l'oeil dall'antichità al contemporaneo**. Firenze: Mandragora, 2009. p.33-45.

Eskiciogl, A.M. e Fisher, P.S. Image quality measures and their performance. **IEEE Transactions Community**, 43 (12), p.2959-2965. 1995.

Fedorovskaya, E.A., Blommaert, F. e De Ridder, H. Perceptual Quality of color images of natural scenes transformed in CIELUV color space. **Color Imaging Conference: Transforms & Transportability of Color**. Scottsdale, AZ. 7-11/11/1993, 1993. 37-40 p.

Fernández-Sora, A., Serrano-Tierz, A., Rojas-Sola, J.I. e Hernández-Díaz, D. Dibujos anaglíficos: Su optimización y aplicación a la enseñanza técnica universitária. **DYNA**, 167), p.7-16. 2011.

Ferwerda, J.G. **The world of 3D**. Netherlands: The Netherlands Society for Stereo Photography. 1990

Fontoura, F.N.F. **Estereoscopia**. (Mestrado). Curso de Especialização em Informática com Ênfase em Internet e aplicações de ensino., PUC Pelotas, Universidade Católica de Pelotas, 2001.

Gast, G. e Tse, M. A report on a subjective print quality survey conducted at NIP16. **International Conference os Digital Printing Technologies**. Fort Lauderdale, FL. 5/10/2001, 2001. p.

Giusti, A. La figura tra spazio pittorico e spazio reale. In: A. Giusti (Ed.). **Ingani ad Arte. Meraviglie del trompe l'oeil dall'antichità al contemporaneo**. Firenze: Mandragora, 2009. p.233.

Gomery, D. **Shared pleasures: A history of movie presentation in the United States**. Madison, WI: University of Wisconsin. 1992. 381 p. (Wisconsin Studies in Film)

Goodale, M.A. e Milner, D. Separate visual pathways for perception and action. **Trends in Neurosciences**, 15 (1), p.20-25. 1992.

Griffith, L.G. e Swartz, M.A. Capturing complex 3D tissue physiology in vitro. **Nat Rev Mol Cell Biol**, 7 (3), p.211-224. 2006.

Hardeberg, J.Y., Bando, E. e Pedersen, M. Evaluating colour image difference metrics for gamut-mapped images. **Coloration Technology**, 124 (4), p.243-253. 2008.

Howard, I.P. Alhazen's neglected discoveries of visual phenomena. **Perception**, 25 (10), p.1203-1217. 1996.

Howard, I.P. e Rogers, B.J. **Binocular Vision and Stereopsis**. New York, NY: Oxford University Press, Inc. 1995. 738 p.

Howarth, P.A. Potential hazards of viewing 3-D stereoscopic television, cinema and computer games: a review. **Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians**, 31 (2), p.111-22. 2011a.

Howarth, P.A. Potential hazards of viewing 3-D stereoscopic television, cinema and computer games: a review. **Ophthalmic Physiol Opt**, 31 (2), p.111-22. 2011b.

Hubel, D.H. e Wiesel, T.N. Brain mechanisms of vision. In: D. H. Hubel e T. N. Wiesel (Ed.). **The Brain, a Scientific American Book**. San Francisco: Freeman and Company, 1979. p.40-52.

Isaacs, C. About Underwood and Underwood. Internet. <http://americanart.si.edu/collections/search/artwork/?id=35349>. 6 ago. 2011.

Jacobs, M., Verdeja, J.C. e Goldstein, H.S. Minimally invasive colon resection (laparoscopic colectomy). **Surg Laparosc Endosc**, 1 (3), p.144-50. 1991.

Janssen, T.J.W.M. **Computational Image Quality**. (PhD). CIP-DATA Library, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, the Netherlands, 1999. 130 p.

Johnston, K.M. The third dimension: "3 times as thrilling". In: K. M. Johnston (Ed.). **Coming soon: film trailers and the selling of Hollywood technology**. Jefferson, N.C.: McFarland & Co., 2011. p.38-48.

Kandel, E.R., Schwartz, J.H. e Jessel, T.M. Construção da imagem visual. In: (Ed.). **Principles of Neural Sciences**. New York: McGraw-Hill Companies, Inc, 2000. p.493-530.

Kiernan, J.A. O sistema visual. In: J. A. Kiernan (Ed.). **Neuroanatomia Humana de Baar**. São Paulo: Manole, 2003. p.364-81.

Kim, J., Jin, J.Y., Walls, N., Nurushev, T., Movsas, B., Chetty, I.J. e Ryu, S. Image-guided localization accuracy of stereoscopic planar and volumetric imaging methods for stereotactic radiation surgery and stereotactic body radiation therapy: a phantom study. **Int J Radiat Oncol Biol Phys**, 79 (5), p.1588-96. 2011.

Kindel, D.J. e Hayhurst, E.R. Stereoscopic X-Ray Examination of Sandstone Quarry Workers. **Am J Public Health (N Y)**, 17 (8), p.818-22. 1927.

Kipphan, H. Print quality In: H. Kipphan (Ed.). **Handbook of Printing Media**. Heidelberg: Springer, v.1, 2001a.

Kipphan, H. Printing technologies with permanent printing master. In: H. Kipphan (Ed.). **Handbook of Print Media**. Heidelberg: Springer, Berlin, v.3, 2001b.

Konrad, J. Enhancement of viewer confort in stereoscopic viewing: parallax adjustment. **IS&T/SPIE symposium on eletronic imaging, stereoscopic displays and virtual reality systems**. San Jose, CA, 1999. 24-29 p.

Larabi, C. Subjective quality assessment of color images. **The Create 2010 Conference - Colour Research for European Advanced Technology Employment**. Gjøvik, Norway, 2010. 373-377 p.

Lent, R. Visão das coisas: estrutura e função do sistema visual. In: R. Lent (Ed.). **Cem Bilhões de Neurônios**. Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 2002. p.273-309.

Lindberg, S. **Perceptual determinants of print quality**. (PhD). Stockholms universitet, Samhällsvetenskapliga fakulteten, Psykologiska institutionen, Stockholm University, Stockholm, 2004.

Lipton, L. The stereoscopic cinema: from film to digital projection. **SMPTE Journal**, p.586-593. 2001.

Machado, L.S. **A realidade virtual em aplicações científicas**. (Master). Computação Aplicada, Instituto Nacional Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997. 79 p.

Marsh, H. Stereoscopic photographs: the application of stereoscopy to clinical records. **British Medical Journal**, 2 (1), p.1697-1698. 1898.

Marten, J.B. e Meesters, L. Special issue on image and video quality metrics. **Signal Processing**, 70 (1), p.155-176. 1998.

Maschio, A.V. **A Estereoscopia: Investigação de Processos de Aquisição, Edição e Exibição de Imagens Estereoscópicas em Movimento.** (Master). Pós-graduação em Desenho Industrial, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação - Universidade Estadual Paulista, Bauru, São Paulo, 2008.

Mattos, R.L.G., Valença, A.C.V., Gonçalves, R.M. e Chagas, F.B. O papel imprensa e sua utilização pelos jornais. **BNDES Setorial**, 23. 2006.

Meneses, M.S., Cruz, A.V., Castro, I.A. e Pedrozo, A.A. Stereoscopic neuroanatomy: comparative study between anaglyphic and light polarization techniques. **Arq Neuropsiquiatr**, 60 (3-B), p.769-74. 2002.

Minoli, D. **3D television (3DTV) technology, systems, and deployment: rolling out the infrastructure for next-generation entertainment.**: CRC Press Taylor & Francis Group. 2011. 302 p.

Mishkin, M. e Ungerleider, L.G. Contribution of striate inputs to the visuospatial functions of parieto-preoccipital cortex in monkeys. **Behav Brain Res**, 6 (1), p.57-77. 1982.

Nilsson, F. e Kruse, B. Objective quality measures for halftoned images. **International Conference on Digital Printing Technologies**, 1997. p.

Norberg, O., Westing, P., Lindberg, S., Klamann, M. e Eidenvall, L. A comparison of print quality between digital, offset and flexographic printing presses performed on different paper qualities. **International Conference on Digital Production Printing and Industrial Applications**, 2001. p.

Notaroberto, M.P. **Papel.** Rio de Janeiro: Senai. 1999

Pedersen, M., Bonnier, N., Hardeberg, J.Y. e Albregtsen, F. Image quality metrics for the evaluation of print quality. **Proceedings of SPIE**. San Francisco, 2011. p.

Ramos, A. **Fisiologia da Visão. Um estudo sobre o “ver” e o “enxergar”.** (Master). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006.

Rhoton, A.L., Jr. The cerebrum. Anatomy. **Neurosurgery**, 61 (1 Suppl), p.37-118; discussion 118-9. 2007.

Rhoton Jr., A.L. The cerebrum. In: A. L. Rhoton Jr. (Ed.). **Cranial Anatomy and Surgical Approaches**. Schaumburg, ILL: Lippincott Williams & Wilkins, 2003. p.48-49.

Ribas, G.C., Bento, R.F. e Rodrigues, A.J. Reproduções impressas de imagens tridimensionais estereoscópicas para ensino, demonstrações e documentações. **International Archives of Otorhinolaryngology** (2. 2000.

Ribas, G.C., Bento, R.F. e Rodrigues, A.J., Jr. Anaglyphic three-dimensional stereoscopic printing: revival of an old method for anatomical and surgical teaching and reporting. **Journal of neurosurgery**, 95 (6), p.1057-66. 2001.

Ribas, G.C., Ribas, E.C. e Rodrigues Jr, A.J. O cérebro, a visão tridimensional, e as técnicas de obtenção de imagens estereoscópicas. **Rev Med**. 2006.

Ribeiro, M.C. **Manual de Pré-Impressão**. Colombo, Paraná: Grupo Corgraf. 2010. 132 p.

Ropper, A.H. e Brownl, R.H. **Principles of Neurology**. New York: McGraw Hill. 2005

Rossi Filho, S. **Tecnologia Gráfica Offset**. Rio de Janeiro: Rossi Tecnologias Gráficas. 2002 (Artes Gráficas)

Schreiber, K.M., Tweed, D.B. e Schor, C.M. The extended horopter: Quantifying retinal correspondence across changes of 3d eye position. **Journal of Vision**. 2006.

Shibata, T., Kim, J., Hoffman, D.M. e Banks, M.S. The zone of comfort: Predicting visual discomfort with stereo displays. **J Vis**, 11 (8), p.11. 2011.

Silva, C. **Produção Gráfica - Novas Tecnologias**. São Paulo: Pancrom Editora. 2008

Silva, F.W.O.D. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 29), p.149-159. 2006.

Silveira, N. **Introdução às artes gráficas**: Sulina. 1985

Siscoutto, R.A., Szenberg, F., Tori, R., Raposo, W.C. e Gattass, M. **Estereoscopia. Realidade Virtual: Conceitos e Tendências**. São Paulo: Mania de Livro. 2004

Siscoutto, R.A., Tori, R., Raposo, A.B., Celes, W. e Gattass, M. **Estereoscopia. Realidade Virtual: Conceitos e Tendências**. São Paulo: Editora Mania de Livro. 2004

Stewart, D.-E. The eye in evolution. **London: Henry Kimpton**. 1958.

Suppia, A.O. Monstro brasileiro revive em 3D. **Revista Cultura e Ciência** (59), p.57-59. 2007.

Tolmasquim, A.T. e Moreira, I.C. Um manuscrito de Einstein no Brasil. **Revista Ciência Hoje** (124). 1996.

Tyler, C.W. **Binocular Vision**. 2004 (Foundations of Clinical Ophthalmology)

Villas-Boas, A. **Produção Gráfica para Designers**: 2AB Editora. 2010

Wade, N.J. e Hughes, P. Fooling the eyes: trompe l'oeil and reverse perspective. **Perception**. 1999.

Wang, Z. e Bovik, A.C. A universal image quality index. **IEEE Signal Processing Letters**, 9 (3), p.81 - 84. 2002.

Wheatstone, C. Contributions to the physiology of vision. Part the first. On some remarkable and hitherto unobserved phenomena of binocular vision. **Philosophical Transactions of the Royal Society** (128), p.371–394. 1838.

Wing, P. **Stereoscopes: the first hundred years Nashua**. New Hampshire: Transition Publishing. 1996

Wolfgram, D.E. **Adventures in 3d**. Indianapolis, IN: Que Corp. 1993

Woods, A. Compatibility of display products with stereoscopic display methods. **International Display Manufacturing Conference**. Taiwan. 02/2005, 2005. p.

Yang, C.H. Geometric models in stereoscopic video. **Rapport technique de l'INRS - Télécommunications**, 95. 1995.

Yasuda, C.L., Tedeschi, H., Oliveira, E.L., Ribas, G.C., Costa, A.L., Cardoso, T.A., Montenegro, M.A., Guerreiro, C.A., Guerreiro, M.M., Li, L.M. e Cendes, F. Comparison of short-term outcome between surgical and clinical treatment in temporal lobe epilepsy: a prospective study. **Seizure**, 15 (1), p.35-40. 2006.

APÊNDICE A - ANÁLISE DO PROJETO DE PESQUISA**ANÁLISE DO PROJETO DE PESQUISA**

Título: Métodos de Impressão em 3D Anaglífico um Estudo Comparativo.

Aluno (a): Alexcey Glazer Gavioli Colione

Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto Aguiar

Coorientador:

Parecer:

Deferido (X)

Indeferido ()

Correções a serem
realizadas _____

Prof. Parecerista: Prof. Dr. Munir Antonio Gariba
**Coordenador do Programa de Pós – Graduação
em Tecnologia em Saúde**

Assinatura: _____

Data: 25/8/2011



APÊNDICE B - TERMO DE AUTORIZAÇÃO DO USO DE IMAGEM

Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

Eu Prof. Dr. Emilton Lima Júnior, Coordenador do Curso de Medicina, AUTORIZO, através do presente termo, o pesquisador **Alekcey Glayzer Gavioli Colione CPF 851.543.939.53, RG 5.711.226-3**, aluno do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde com o Projeto de Pesquisa intitulado "Métodos de impressão em 3D anaglífico – um estudo comparativo" a realizar as fotos que se façam necessárias dos cadáveres, ou de parte deles, até o término da pesquisa, em junho de 2013.

Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências para apresentações em público), em favor do referido pesquisador, obedecendo ao que está previsto nas Leis.

Curitiba - PR, 02 de outubro de 2011

Alekcey Glayzer Gavioli Colione

Aluno do PPGTS

Prof. Dr. Emilton Lima Júnior

Coordenador do Curso de Medicina

APÊNDICE C - PARECER DO CONSELHO DE ÉTICA



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
Núcleo de Bioética
Comitê de Ética em Pesquisa
Ciência com Consciência

PARECER CONSUBSTANCIADO DE PROTOCOLO DE PESQUISA

Parecer Nº **0005438/11**

Título do projeto **Métodos de Impressão em 3D Anaglífico, um estudo comparativo**

Protocolo CEP Nº **6293**

Grupo

Versão **2**

Protocolo CONEP **0326.0.084.000-11**

Instituição **PucPr Curitiba**

Pesquisador responsável **ALEKCEY GLAYZER GAVIOLI COLIONE**

Objetivos

OBJETIVO(S) GERAL(ES)

Comparar de maneira qualitativa as técnicas de impressão existentes atualmente para a visualização de imagens 3D, tendo em vista a criação futura de um atlas tridimensional de neuroanatomia humana para ensino a alunos da área de saúde.

OBJETIVO(S) ESPECÍFICO(S)

- Produzir pares estereoscópicos de peças anatômicas da região encefálica, utilizando técnica fotográfica em alta definição.
- Editar o material fotográfico e desenvolver a metodologia de conversão dos pares estereoscópicos no método anaglífico;
- Imprimir as imagens anaglíficas utilizando diferentes métodos: Off-Set com retícula híbrida, laser, jato de tinta
- Analisar a qualidade das imagens geradas de maneira a definir qual técnica produz resultados mais adequados.[1]

Comentários e considerações

Existe um TCUD no nome do pesquisador Alekcey Glayzer Gavioli Colione.

Existe uma autorização do responsável pelas peças anatômicas, coordenador do curso de medicina, Prof. Elton, para o uso das peças e confecção de imagens das mesmas até o término da pesquisa em 2012.

Termo de consentimento livre e esclarecido e/ou Termo de compromisso para uso de dados.

Não há necessidade.

Conclusões

Aprovado sob o quesito ético.

Devido ao exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR, de acordo com as exigências das Resoluções Nacionais 196/96 e demais relacionadas a pesquisas envolvendo seres humanos, em reunião realizada no dia: **19/10/2011**, manifesta-se por considerar o projeto **Aprovado**.

Situação Aprovado

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da Resolução 196/96, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-PUCPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e as suas justificativas.

Se a pesquisa, ou parte dela for realizada em outras instituições, cabe ao pesquisador não iniciá-la antes de receber a autorização formal para a sua realização. O documento que autoriza o início da pesquisa deve ser carimbado e assinado pelo responsável da instituição e deve ser mantido em poder do pesquisador responsável, podendo ser requerido por este CEP em qualquer tempo.

Curitiba, 19 de Outubro de 2011.

Prof. MSc. Naim Akel Filho
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa
PUC PR



APÊNDICE D - FOLHA DE ROSTO CONEP

anos de saúde - servidor

http://portal.saude.gov.br/sisnepe/cep/foina_rosto.cfm?vcod=4538



MINISTÉRIO DA SAÚDE
Conselho Nacional de Saúde
Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP

FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS					FR - 453899
Projeto de Pesquisa					
Métodos de Impressão em 3D anaglífico, um estudo comparativo					
Área de Conhecimento				Grupo	Nível
4.01 - Medicina,				Grupo III	Não se aplica
Área(s) Temática(s) Especial(s)				Fase	
				Não se Aplica	
Unitermos					
neuroanatomia, estereoscópios, impressao em 3d					
Sujeitos na Pesquisa					
Nº de Sujeitos no Centro	Total Brasil	Nº de Sujeitos Total	Grupos Especiais		
10	10	10			
Placebo	Medicamentos	Wash-out	Sem Tratamento Específico	Banco de Materiais Biológicos	
NAO	HIV / AIDS	NÃO	NÃO	NÃO	
Pesquisador Responsável					
Pesquisador Responsável			CPF	Identidade	
alekey glayzer gavioli colione			851.543.939-53	57112263	
Área de Especialização			Maior Titulação	Nacionalidade	
TECNOLOGIA			PÓS GRADUAÇÃO	BRASILEIRO	
Endereço			Bairro	Cidade	
RUA JOAO DE PAULA C FILHO, 42, SOBRADO 06			NOVO MUNDO	CURITIBA - PR	
Código Postal	Telefone	Fax		Email	
81050-470	30423620 / 4130423720			kcey@portalltotal.com.br	
Termo de Compromisso					
Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Res. CNS 196/96 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não.					
Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima.					
Data: 06/10/2011			Assinatura		
Instituição Proponente					
Nome		CNPJ	Nacional/Internacional		
PUC / PARANÁ		75.076.836/0001-79	Nacional		
Unidade/Órgão		Participação Estrangeira	Projeto Multicêntrico		
ppgts		NÃO	NÃO		
Endereço		Bairro	Cidade		
RUA IMACULADA CONCEIÇÃO, 1155		PRADO VELHO	CURITIBA - PR		
Código Postal	Telefone	Fax	Email		
80215901	33301600				
Termo de Compromisso					
Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Res. CNS 196/96 e suas complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução.					
Nome:		Assinatura			
Alberto Accioly Veiga					
Data: / /		Assinatura			

O Projeto deverá ser entregue no CEP em até 30 dias a partir de 12/08/2011. Não ocorrendo a entrega nesse prazo esta Folha de Rosto será INVALIDADA.

[Voltar](#)
[IMPRIMIR](#)

APÊNDICE E - TERMO DE COMPROMISSO DE UTILIZAÇÃO DOS DADOS**Termo de Compromisso de Utilização de Dados**

Eu Alekcey Glayzer Gavioli Colione, abaixo assinado, pesquisadores envolvidos no projeto de título: Métodos de impressão em 3d anaglífico, um estudo comparativo, me comprometo a manter a confidencialidade sobre os dados coletados nos arquivos de imagens dos cadáveres, bem como a privacidade de suas identidades, como preconizam os Documentos Internacionais e a Res. 196/96 do Ministério da Saúde.

Informo que os dados a serem coletados dizem respeito a imagens em alta resolução de peças anatômicas do cadáveres, e será feito entre as datas de: agosto de 2011 até agosto de 2013

Curitiba, 30 de agosto de 2011

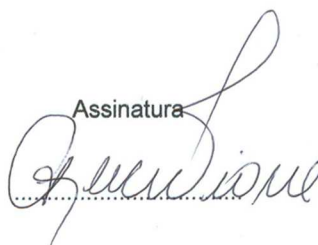
Nome

R.G.

Assinatura

Alekcey Glayzer Gavioli Colione

5.711.226-3



ANEXO A - MANUAL DE INSTRUÇÕES

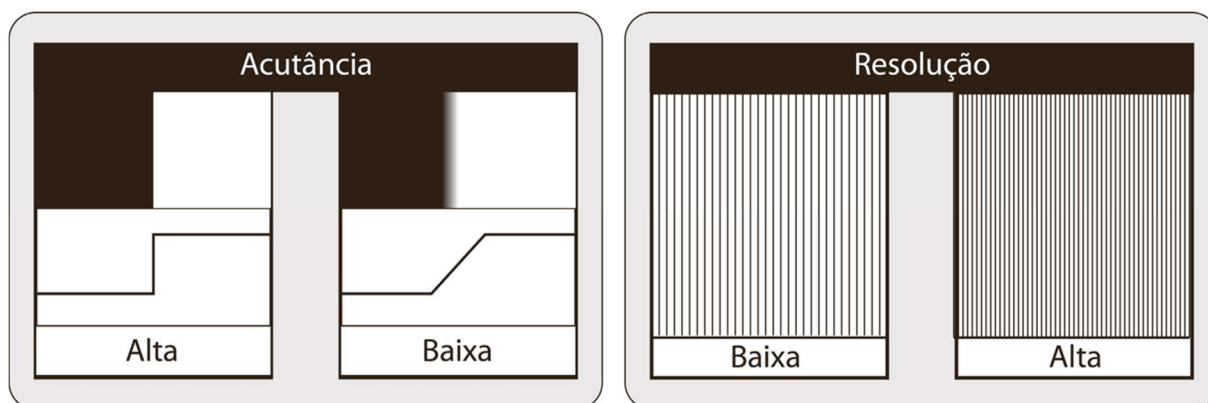
Tendo em vista a complexidade causada pelas diversas variáveis a serem analisadas no presente projeto, foi elaborado um manual de instruções básico, para guiar os participantes durante o procedimento de avaliação.

Nas páginas de 111 a 118 estão apresentados cada tópico e suas respectivas variáveis, conforme descrito no quadro 4.

NITIDEZ

A variável nitidez descreve a clareza de detalhes em uma fotografia. Técnicas de pós processamento podem ajudar a melhorar a nitidez de uma imagem, porém, ela é limitada por alguns elementos principais: equipamento fotográfico utilizado (câmeras e lentes), tamanho de impressão da imagem e distância de visualização. Dois fatores fundamentais contribuem na percepção de nitidez de uma imagem: a acutância e a resolução.

Figura 35: Ilustração mostrando a diferença entre acutância e resolução.



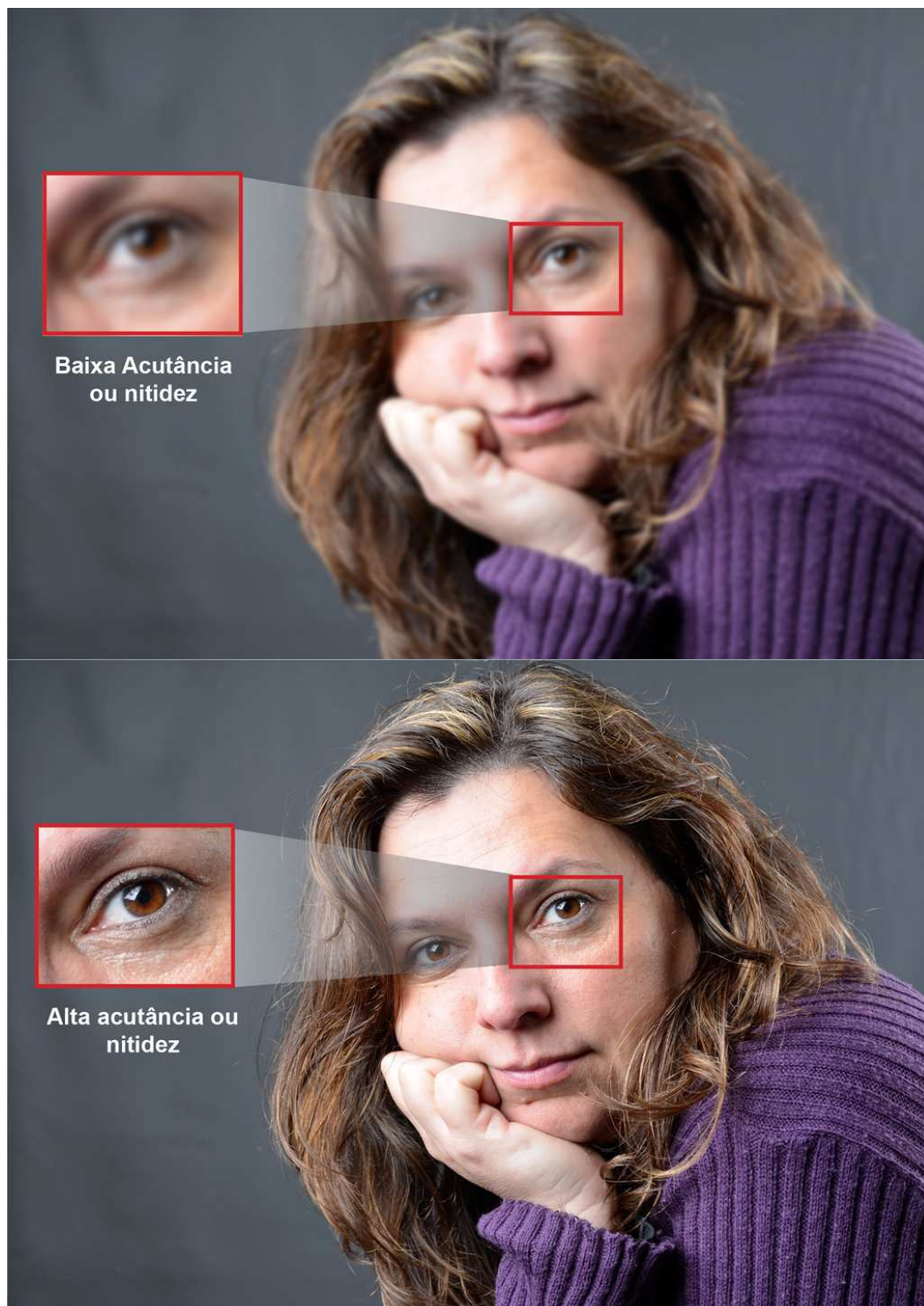
Modificado de: <http://www.cambridgeincolour.com/pt-br/tutorials/sharpness.htm>

A acutância descreve quão rapidamente há transições de informação nas áreas das bordas. Uma alta acutância resulta em transições nítidas e detalhes com bordas bem definidas.

A resolução é a medida, normalmente em DPI (*dots per inch*), da quantidade de pontos por polegada quadrada de uma imagem. Quanto mais pontos, menores

eles deverão ser para caber na mesma polegada quadrada, e conseqüentemente menos visíveis.

Figura 36: Fotografias com baixa e alta acutância respectivamente:



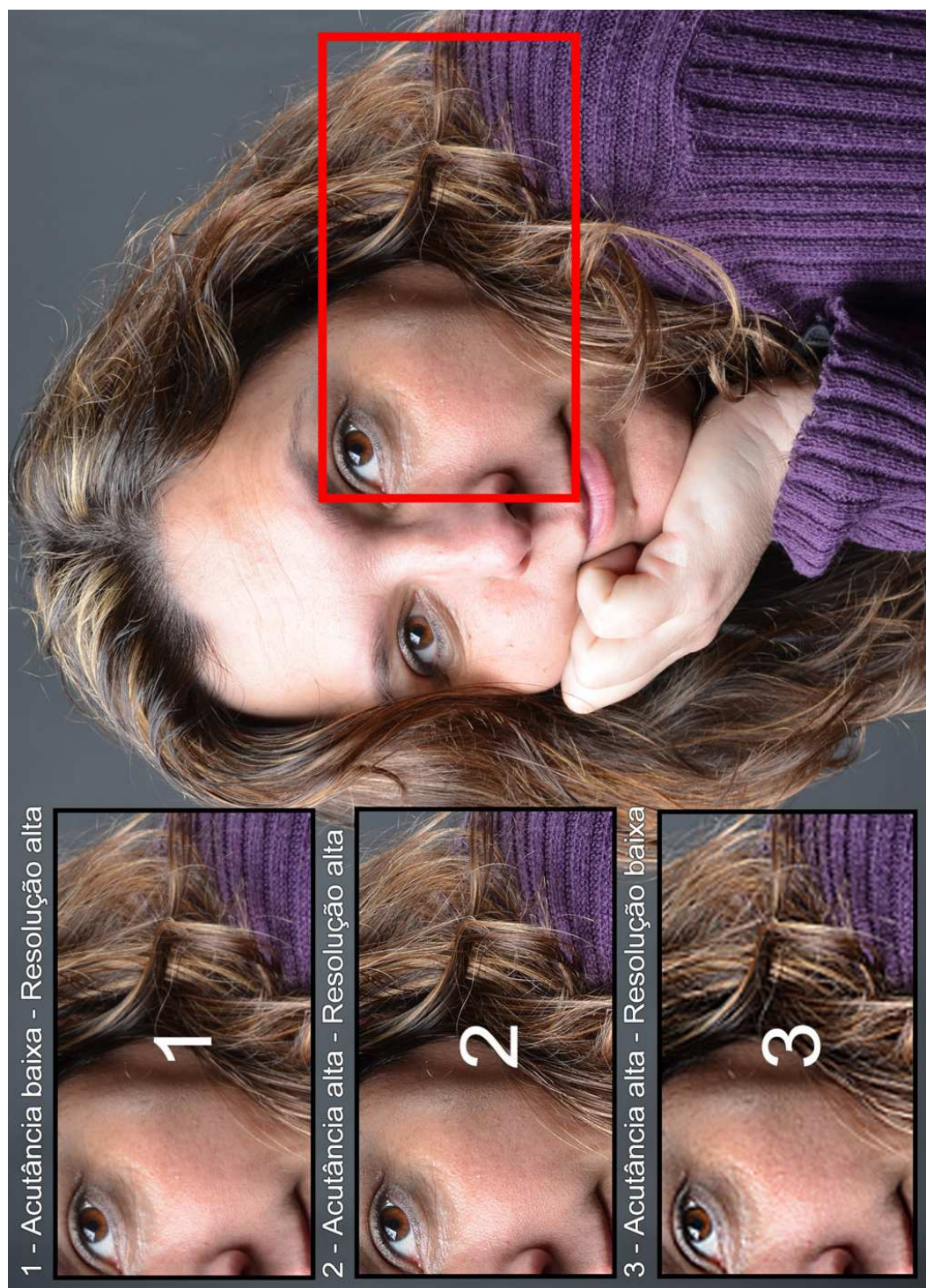
Fonte: O autor.

Figura 37: Fotografias ilustrando a diferença entre baixa e alta resolução.



Fonte: O autor

Figura 38: Fotografia ilustrando a diferença entre acutância e resolução. 1: Acutância baixa e resolução alta, 2: Acutância alta e resolução alta e 3: Acutância alta e resolução baixa.



Fonte: O autor

CORES

As cores visualizadas na tela ou na natureza pelo olho humano diferem das cores visualizadas no papel devido aos modelos de cor RGB (luz) e CMYK (tinta). O olho humano é capaz de perceber bilhões de cores e é possível imprimir, com tinta, apenas uma fração destas (alguns milhares). Os tipos distintos de impressão geram cores diferentes e nesta investigação devemos buscar a naturalidade das cores. Para este estudo, é possível dividir o tópico cores em 3 variáveis: precisão (que refere-se à sua igualdade com o original), saturação (mais ou menos colorido) e matiz (pureza da cor).

Figura 39: Imagens ilustrando a variável saturação. a: original, b: -30, c: -60, d: original, e: +30 e f: +60 de saturação.



Fonte: O autor

As imagens da figura 39 demonstram diferenças na matiz da cor original. Os diferentes processos de impressão podem produzir desvios nas tonalidades das cores.

Figura 40: Imagens ilustrando a diferença (tendências) na matiz. a: original, b: tendência para o azulado, c: tendência para o amarelado e d: tendência para o avermelhado.



Fonte: O autor.

LUMINOSIDADE

O tópico luminosidade é dividido em 2 variáveis neste trabalho: brilho e contraste.

O brilho refere-se a quantidade de branco ou preto que contém em uma imagem, quanto mais preto tiver na imagem mais escura a mesma estará, por outro lado, quanto mais branco mais clara estará (figura 40).

O contraste é a medida da diferença entre as áreas claras e escuras de uma cena, fotos tiradas em condições de neblina ou fumaça terão baixo contraste e fotos tiradas sob sol forte terão alto contraste (figura 41).

Figura 41: Imagens ilustrativa do brilho. a: imagem com muito brilho (muito clara), b: imagem original e c: imagem com pouco brilho (muito escura).



Fonte: O autor.

Figura 42: Imagens ilustrando o contraste de uma imagem. a: pouco contraste, b: original e c: muito contraste.



Fonte: O autor.

ANEXO B - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

NITIDEZ / ACUTÂNCIA (Antes de responder, por favor ler item anexo 1A - Nitidez)

1- COM RELAÇÃO AOS DETALHES PERCEBIDOS, ENXERGA BEM TODOS OS DETALHES POR MENORES QUE SEJAM?. COMO VOCÊ QUALIFICA AS IMAGENS?

Detalhes muito visíveis, facilidade em perceber até as pequenas estruturas (Excelente);
 Detalhes visíveis (Bom);
 Detalhes pouco visíveis, ou difíceis de perceber (Regular);
 Detalhes não visíveis (Ruim);

	A	B	C	D
Excelente	☐	☐	☐	☐
Bom	☐	☐	☐	☐
Regular	☐	☐	☐	☐
Ruim	☐	☐	☐	☐

2- COMO VOCÊ QUALIFICA A NITIDEZ GLOBAL DAS IMAGENS?

Nitidez ótima, facilidade de visualização de detalhes, alta acutância (Excelente);
 Focada corretamente (Bom);
 A imagem está um pouco desfocada, baixa acutância (Regular);
 A imagem está está desfocada (Ruim);

	A	B	C	D
Excelente	☐	☐	☐	☐
Bom	☐	☐	☐	☐
Regular	☐	☐	☐	☐
Ruim	☐	☐	☐	☐

3- COM RELAÇÃO À RESOLUÇÃO, COMO VOCÊ QUALIFICA A IMAGEM?

Alta resolução, não consigo encher os pontos (Excelente);

Boa resolução (Bom);

Pouca resolução, pontos visíveis, mas não atrapalha (Regular);

Pouquíssima resolução, imagem quadriculada, pontos muito visíveis (Ruim);

	A	B	C	D
Excelente	☐	☐	☐	☐
Bom	☐	☐	☐	☐
Regular	☐	☐	☐	☐
Ruim	☐	☐	☐	☐

CORES (Antes de responder, por favor ler item anexo 2B - Cor)

4- COM RELAÇÃO ÀS CORES E SUA EQUIVALÊNCIA COM A REALIDADE, QUÃO NATURAL É A COR DA IMAGEM? QUÃO PRECISA FOI A REPRODUÇÃO DAS CORES ? COMO VOCÊ QUALIFICA AS IMAGENS?

Muito natural, idêntica à realidade (Excelente);
Natural, próxima à realidade (Bom);
A cor da imagem está pouco natural (Regular);
Nem um pouco natural, distante da realidade (Ruim);

	A	B	C	D
Excelente	☐	☐	☐	☐
Bom	☐	☐	☐	☐
Regular	☐	☐	☐	☐
Ruim	☐	☐	☐	☐

5- AINDA COM RELAÇÃO ÀS CORES... COMO VOCÊ QUALIFICA A SATURAÇÃO NAS IMAGENS? ESTÁ MAIS OU MENOS COLORIDO QUE O NORMAL?

A saturação das cores está muito natural, idêntica à realidade (Excelente);
A saturação das cores está natural, próxima à realidade (Bom);
A saturação das cores da imagem está pouco precisa (Regular);
Saturação nem um pouco precisa, distante da realidade (Ruim);

	A	B	C	D
Excelente	☐	☐	☐	☐
Bom	☐	☐	☐	☐
Regular	☐	☐	☐	☐
Ruim	☐	☐	☐	☐

6- COMO VOCÊ QUALIFICA AS IMAGENS NO QUE DIZ RESPEITO À MATIZ?
EXISTEM TENDÊNCIAS PARA UM DETERMINADO TOM? ESTÁ AZULADO, ESVER-
DEADO, AMARELADO, ETC...?

A matiz está muito natural e correta, idêntica à realidade (Excelente);

A matiz está natural, próxima à realidade (Bom);

A Matiz está pouco precisa, com pouca tendência para azul, verde, vermelho, etc... (Regular);

A matiz não está precisa, muito diferente da realidade, tendências para azul, verde, etc... (Ruim);

	A	B	C	D
Excelente	☐	☐	☐	☐
Bom	☐	☐	☐	☐
Regular	☐	☐	☐	☐
Ruim	☐	☐	☐	☐

LUMINOSIDADE (Antes de responder, por favor ler item anexo 3C - Luminosidade)**7- CLASSIFIQUE AS IMAGENS DE ACORDO COM O GRAU DE LUMINOSIDADE.**

Idêntica à realidade, sombras e altas luzes bem equilibradas (Excelente);
 Próxima à realidade (Bom);
 Distante da realidade, mas não atrapalha na visualização (Regular);
 Muito distante da realidade, as imagens tem muito branco ou preto (Ruim);

	A	B	C	D
Excelente	☐	☐	☐	☐
Bom	☐	☐	☐	☐
Regular	☐	☐	☐	☐
Ruim	☐	☐	☐	☐

CONTRASTE (Antes de responder, por favor ler item anexo 4D - Contraste)**8- CLASSIFIQUE AS IMAGENS DE ACORDO COM A NATURALIDADE DO CONTRASTE.**

Idêntica à realidade, sombras e altas luzes muito bem equilibradas (Excelente);
 Próxima à realidade, equilibrado (Bom);
 Distante da realidade, mas não atrapalha na visualização (Regular);
 Muito distante da realidade, contraste muito forte ou muito fraco (Ruim);

	A	B	C	D
Excelente	☐	☐	☐	☐
Bom	☐	☐	☐	☐
Regular	☐	☐	☐	☐
Ruim	☐	☐	☐	☐

DEFEITOS (Antes de responder, por favor ler item anexo 5E - Defeitos)

9- COM RELAÇÃO ÀS BORDAS, É VISÍVEL UM HALO OU CONTORNO AO REDOR DA IMAGEM?

Bordas não visíveis (Excelente);
Bordas pouco visíveis, ou difíceis de perceber (Bom);
Bordas visíveis (Regular);
Bordas muito visíveis, facilidade em percebê-las (Ruim);

	A	B	C	D
Excelente	☐	☐	☐	☐
Bom	☐	☐	☐	☐
Regular	☐	☐	☐	☐
Ruim	☐	☐	☐	☐

10- COM RELAÇÃO À SUJIDADE (RESPINGOS DE TINTA, ATRITO MECÂNICO, MANCHAS, RISCOS, ETC), COMO VOCÊ QUALIFICA A IMAGEM?

Não visível (Excelente);
Sujidades pouco visíveis (Bom);
Sujidades visíveis mas não incomodam (Regular);
Sujidades muito visíveis atrapalhando a visualização (Ruim);

	A	B	C	D
Excelente	☐	☐	☐	☐
Bom	☐	☐	☐	☐
Regular	☐	☐	☐	☐
Ruim	☐	☐	☐	☐

FÍSICO (Antes de responder, por favor ler item anexo 6F - Físico)

11 - COM RELAÇÃO AO CONFORTO VISUAL ENCONTRADO PARA A QUALIFICAÇÃO DAS IMAGENS, COMO QUALIFICA?

Muito confortável (Excelente);
Confortável (Bom);
Desconfortável mas não incomoda ou atrapalha (Regular);
Muito desconfortável, me senti exausto (Ruim);

	A	B	C	D
Excelente	☐	☐	☐	☐
Bom	☐	☐	☐	☐
Regular	☐	☐	☐	☐
Ruim	☐	☐	☐	☐

12- COM RELAÇÃO AO BRILHO DA LUZ REFLETIDO NO PAPEL? COMO VOCÊ OS QUALIFICA?

Nenhum brilho visível (Excelente);
Pouco brilho (Bom);
Brilhante mas não incomoda ou atrapalha (Regular);
Muito brilhante, atrapalha a visualização (Ruim);

	A	B	C	D
Excelente	☐	☐	☐	☐
Bom	☐	☐	☐	☐
Regular	☐	☐	☐	☐
Ruim	☐	☐	☐	☐

EFEITO 3D (Antes de responder, por favor ler item anexo 7G - Profundidade ou efeito 3D)

13- COM RELAÇÃO AO EFEITO DE PROFUNDIDADE 3D, COMO VOCÊ CLASSIFICA AS IMAGENS? A PROFUNDIDADE LHE PARECE CORRETA, SEMELHANTE AO NATURAL?

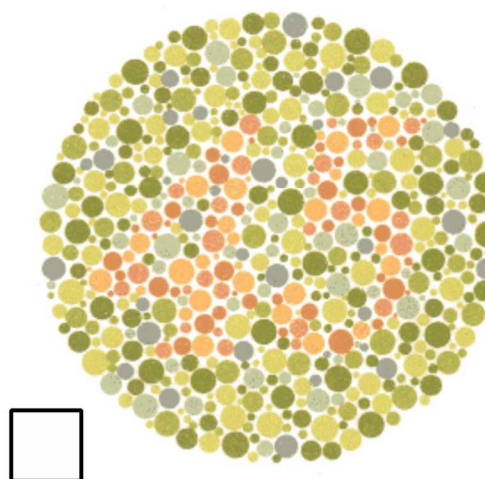
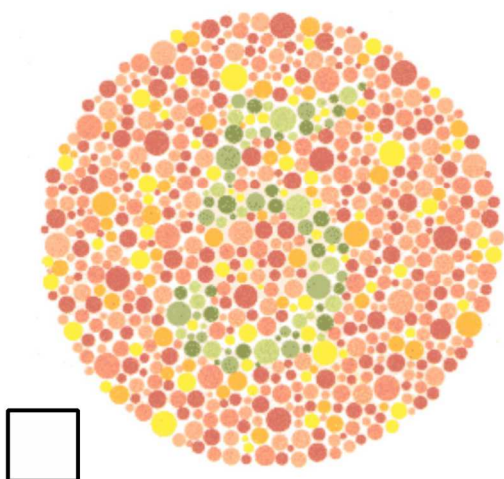
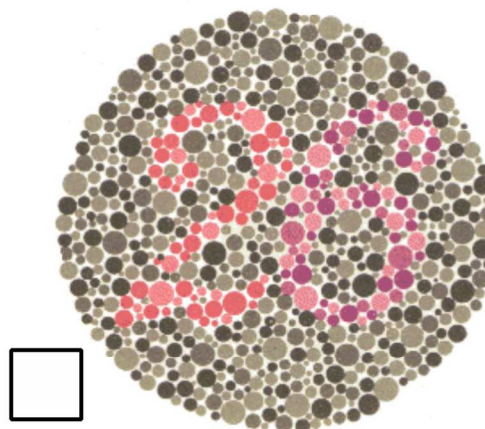
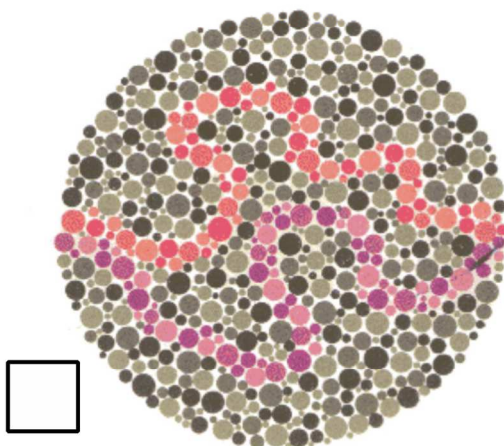
Idêntico ao natural (Excelente);
Próximo ao natural (Bom);
Distante do natural (Regular);
Muito distante do natural (Ruim);

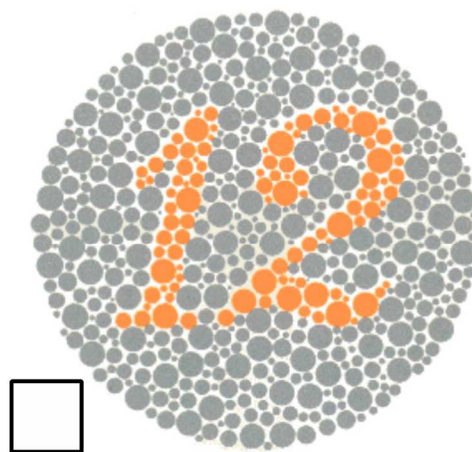
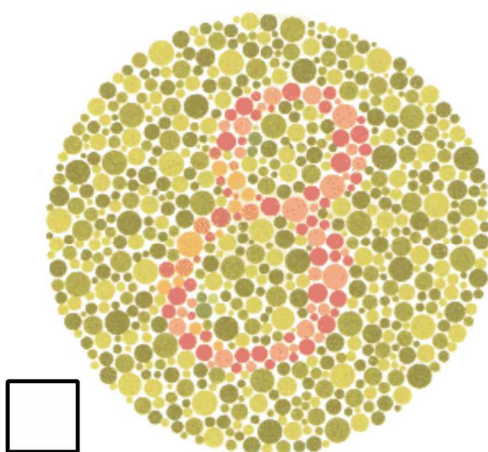
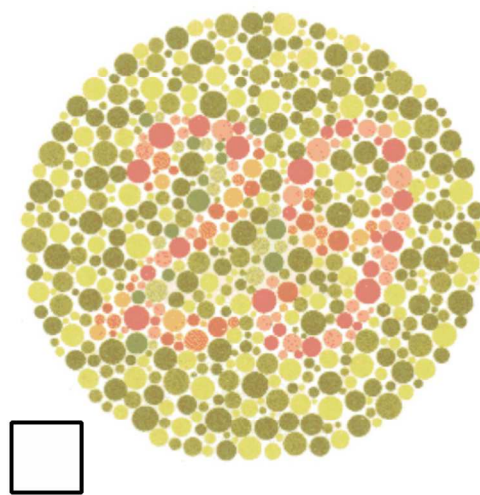
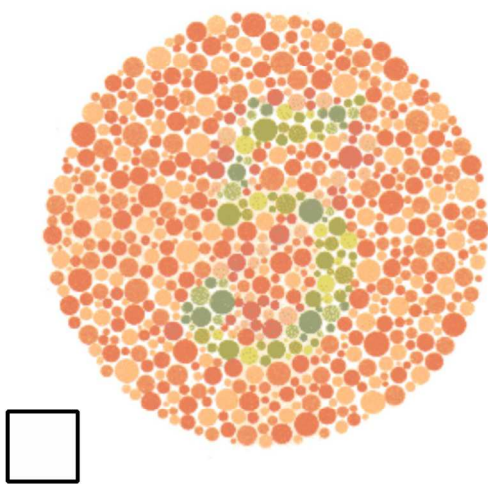
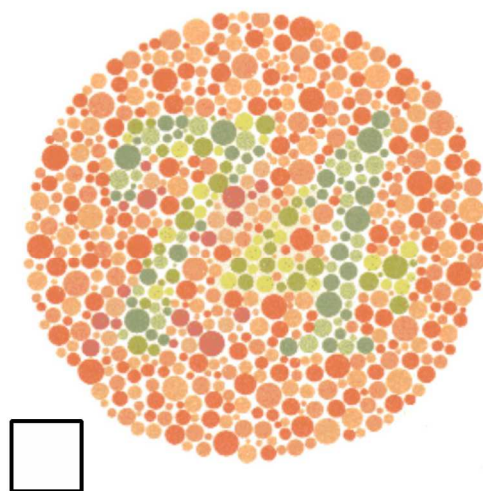
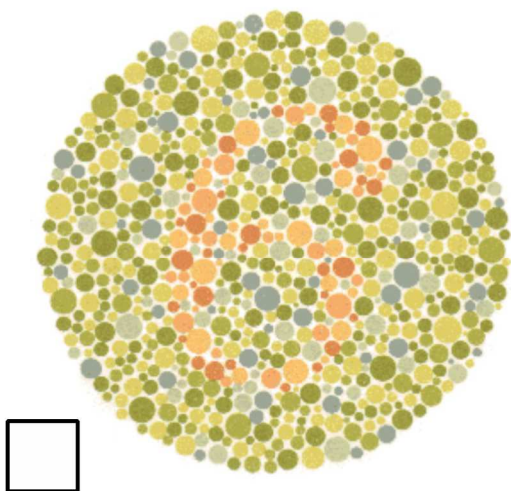
	A	B	C	D
Excelente	☐	☐	☐	☐
Bom	☐	☐	☐	☐
Regular	☐	☐	☐	☐
Ruim	☐	☐	☐	☐

ANEXO C - TESTE DE ISHIHARA

Dados Pessoais - Código do participante: **1**

Nome do participante:			
e-mail:			
Idade:			
Profissão:			
Formação:			
Grau de escolaridade:			
Usa óculos?	Sim ☐	Não ☐	
Gênero?	Masculino ☐	Feminino ☐	
É daltônico?	Sim ☐	Não ☐	
Tem histórico de doença ocular?	Sim ☐	Não ☐	
Escreva no quadrado que está no canto inferior esquerdo das imagens, o número visualizado nos círculos.			





ANEXO D - RESULTADOS NA ÍNTEGRA – ESPECIALISTAS EM ANATOMIA

Questão		n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão		Conv x jato	Conv x laser	Conv x est	Jato x laser	Jato x est	Laser x est
1 nitidez pequenos detalhes	Conv	18	2,83	2,50	2,00	4,00	0,79							
	Jato	18	3,33	3,50	2,50	4,00	0,38							
	Laser	18	3,50	3,50	2,50	4,00	0,45							
	Est	18	3,22	3,50	2,00	4,00	0,52	0,024	0,040	0,002	0,066	0,265	0,823	0,182
2 nitidez geral	Conv	18	2,94	3,00	2,00	4,00	0,64							
	Jato	18	3,36	3,50	2,50	4,00	0,45							
	Laser	18	3,61	3,50	3,00	4,00	0,37							
	Est	18	3,44	3,50	2,50	4,00	0,38	0,002	0,029	<0,001	0,005	0,035	0,474	0,155
3 resolução	Conv	18	3,39	3,50	2,00	4,00	0,58							
	Jato	18	3,61	3,50	3,00	4,00	0,32							
	Laser	18	3,81	4,00	3,00	4,00	0,35							
	Est	18	3,42	3,50	2,50	4,00	0,52	0,192						
4 cor - precisão na reprodução das cores	Conv	18	2,86	2,75	2,00	4,00	0,56							
	Jato	18	2,81	3,00	2,00	3,50	0,39							
	Laser	18	2,83	3,00	2,00	3,50	0,42							
	Est	18	3,08	3,00	2,50	4,00	0,46	0,252						
5 cor - saturação	Conv	18	2,86	3,00	1,00	4,00	0,84							
	Jato	18	2,50	2,50	1,50	4,00	0,62							
	Laser	18	3,03	3,00	2,50	4,00	0,50							
	Est	18	3,14	3,50	1,50	4,00	0,70	0,013	0,064	0,498	0,136	0,013	0,001	0,408
6 cor Matiz	Conv	18	2,64	2,50	1,00	4,00	0,94							
	Jato	18	2,53	2,50	1,50	4,00	0,63							
	Laser	18	2,78	2,50	1,50	4,00	0,71							
	Est	18	3,06	3,00	2,00	4,00	0,66	0,021	0,220	0,663	0,054	0,426	0,002	0,020
7 luminosidade brilho	Conv	18	2,92	3,00	1,00	4,00	0,67							
	Jato	18	3,08	3,00	1,00	4,00	0,71							
	Laser	18	3,14	3,00	1,00	4,00	0,70							
	Est	18	3,11	3,25	1,00	4,00	0,80	0,261						
8 luminosidade contraste	Conv	18	2,75	2,75	1,50	4,00	0,55							
	Jato	18	2,92	3,00	2,00	4,00	0,77							
	Laser	18	3,14	3,00	2,00	4,00	0,54							
	Est	18	3,17	3,00	2,50	4,00	0,49	0,056						
9 borda visível	Conv	18	2,78	3,00	1,00	4,00	0,75							
	Jato	18	2,83	3,00	2,00	4,00	0,59							
	Laser	18	3,17	3,25	2,50	4,00	0,45							
	Est	18	2,47	2,50	1,00	4,00	0,79	0,001	0,858	0,005	0,093	0,007	0,064	<0,001
10 sujidades	Conv	18	3,39	3,50	2,00	4,00	0,56							
	Jato	18	2,42	2,50	1,50	4,00	0,60							
	Laser	18	2,72	2,50	2,00	4,00	0,71							
	Est	18	3,03	3,00	2,00	4,00	0,65	<0,001	<0,001	<0,001	0,025	0,040	<0,001	0,015
11 conforto visual	Conv	18	2,94	3,00	1,50	4,00	0,70							
	Jato	18	3,08	3,00	1,50	4,00	0,73							
	Laser	18	3,08	3,00	1,50	4,00	0,73							
	Est	18	2,97	3,00	1,50	4,00	0,70	0,328						
12 reflexo da luz no papel	Conv	18	2,83	3,00	2,00	4,00	0,59							
	Jato	18	2,72	3,00	1,50	4,00	0,71							
	Laser	18	2,53	3,00	1,00	4,00	0,98							
	Est	18	2,75	3,00	1,00	4,00	0,83	0,911						
13 profundidade 3d	Conv	18	2,86	2,75	1,50	4,00	0,68							
	Jato	18	3,33	3,50	1,00	4,00	0,75							
	Laser	18	3,56	3,50	2,50	4,00	0,45							
	Est	18	3,17	3,00	2,00	4,00	0,54	<0,001	<0,001	<0,001	0,029	0,423	0,054	0,008
Geral(%)	Conv geral %	18	70,83	70,31	51,04	94,79	10,99							
	Jato geral %	18	71,93	70,83	55,21	86,46	8,94							
	Laser geral %	18	76,85	73,96	67,71	90,63	5,93							
	Est geral %	18	75,06	75,00	57,29	94,79	9,74	0,020	0,678	0,013	0,013	0,036	0,036	1,000

ANEXO E – SISTEMAS E PROCESSOS DE IMPRESSÃO

	Tipografia	Offset	Rotogravura	Flexografia	Tampografia	Serigrafia	Métodos digitais
Matriz de impressão	Clichê de zinco, tipos móveis, fotopolímeros e linotipos	Chapa de alumínio, metálica e plana	Cilindro gravado em baixo-relevo	Matriz flexível, feita de fotopolímero	Tampão flexível para impressão em suporte irregulares	Matriz de nylon, feitas de suportes transparentes	Não utiliza matriz, leitura a partir de arquivo digital
Grafismo	Alto-relevo derivado da Xilogravura	Sem relevo (plano), derivado da Litografia	Grafismo composto por alvéolos (baixo-relevo)	Alto-relevo derivado da Tipografia	Matriz flexível, captura tinta do clichê	Áreas de grafismo vazadas no nylon	Sem relevo - tinta, com relevo - Tonner
Tipo de tinta	À base de óleo, gordurosa e pastosa	À base de óleo, gordurosa e pastosa	Tintas fluídas (liquidas), à base de água ou solventes	Tintas fluídas, à base de água ou solventes	Tintas diversas de acordo com o tipo de suporte	Tintas diversas de acordo com o tipo de suporte	Tinta ou tonner base: pigmentos ou corantes
Forma de impressão	Impressão direta sobre os suportes	Impressão indireta sobre os suportes, utilizando blaqueta para transferência	Impressão direta sobre os suportes	Impressão direta sobre suportes	Impressão indireta para o suporte	Impressão direta para os suportes	Impressão direta sobre os suportes
Suporte	Basicamente papéis e seus derivados	Papéis, metalizados vegetais e plásticos.	Papéis, plásticos e papéis metalizados	Papéis, plásticos e metalizados	Diversos suportes em superfícies irregulares	Grande diversidade de suportes	Papéis, plásticos, vegetais e papéis metalizados
Processo de secagem	Secagem lenta	Secagem por oxidação, UV e elev. da temperatura	Secagem por UV e elevação da temperatura	Secagem por UV e elevação da temperatura	Secagem por oxidação e UV	Secagem por oxidação, UV e elev. da temp.	Secagem por lâmpadas ou oxidação
Tiragem	Pequenas e médias tiragens	Cerca de 500 mil cópias por matriz	Acima de 10 milhões de cópias por matriz	Acima de 1 milhão de cópias por matriz	Médias e altas tiragens	Pequenas e médias tiragens	Pequenas tiragens coloridas e médias tiragens em P&B
Resultado do grafismo	Pequeno relevo sobre o suporte, causado pela batida do clichê	Excelente resultado, pontos bem definidos e contorno ótimo dos traços	Bom resultado, apresenta marca dos alvéolos nos textos e imagens a traço	Bom, apresenta marca da borracha no suporte	Bom resultado, com grafismo a traço	Bom resultado, com grafismo a traço. Reticulas visíveis a olho nu	Bom, pontos bem reduzidos e contorno médio dos traços
Tipos de retícula	Evitar retículas, trabalhar com imagens a traço	Pontos elípticos, redondos e estocásticos	Pontos redondos	Pontos redondos distorcidos	Evitar retículas. Trabalhar com imagens a traço	Evitar retículas. Trabalhar com imagens a traço	Pontos uniformes, redondos ou jato de tinta
Áreas máximas e mínimas	Normalmente texto e desenhos a traço	Definição perfeita entre os tons das cores	Definição boa entre os tons das cores	Média definição entre as cores	Má definição entre os tons de cores	Má definição entre as cores	Boa definição entre as cores
Tipos de impressos	Notas fiscais, cartões de visita, envelopes, folhetos, convites, etc	Livros, revistas, embalagens, jornais, rótulos, etc	Revistas, rótulos e embalagens de alta tiragem	Sacolas, embalagens, rótulos, etiquetas, cartonagens, etc	Objetos com superfície irregular, brindes promocionais, canetas, bolas, etc	Aplicado nos mais variados tipos de suportes	Provas de cores, boletos, materiais promocionais, dados variáveis, mala direta, etc

Modificado de (VILLAS-BOAS, A., 2010)

