

Instituto de Física Gleb Wataghin  
Instrumentação para o Ensino  
F809, 2º semestre de 2005, Coordenador: Prof. Dr. José Joaquim Lunazzi.

Ilusões de Óptica e a Visão Estereoscópica



**Aluno:** Michelle Schuindt do Carmo <sup>1</sup>  
**Orientador:** Prof. Dirceu da Silva <sup>2</sup>

Novembro de 2005

---

<sup>1</sup>RA 00.9464, michelleschuindt@yahoo.com.br

<sup>2</sup>dirceu@unicamp.br

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>O olhos</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Teorias da Percepção Visual</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Estereoscopia ou Binocularidade</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Experimentos</b>	<b>8</b>
5.1	Estereoscópio . . . . .	8
5.1.1	Montagem . . . . .	8
5.2	Pêndulo de Pulfrich . . . . .	8
5.2.1	Montagem . . . . .	9
5.3	Ilusão de Thatcher . . . . .	9
5.3.1	Montagem . . . . .	9
<b>6</b>	<b>Discussão e Conclusão</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Comentários do Coordenador</b>	<b>10</b>
	<b>Referências</b>	<b>12</b>

## Resumo

Neste trabalho propomos três experimentos simples para ilustrar ilusões de óptica e o fenômeno da visão estereoscópica. Para tanto a sugestão é a construção de um estereoscópio, de uma ilusão com duas fotografias iguais de uma pessoa sorrindo, somente diferindo por uma inversão do sorriso da mesma (ilusão de Thatcher), e a construção de um pêndulo (pêndulo de Pulfrich), usado em conjunto com um polarizador para ilustrar dinamicamente o mesmo efeito de tridimensionalidade do estereoscópio.

## 1 Introdução

Os sentidos servem às diferentes formas de percepção. Aquilo que nós podemos perceber, conhecer ou vivenciar depende não só da realidade com a qual lidamos, mas dos recursos de que dispomos para isso: nossos órgãos sensoriais e nosso sistema nervoso. Cada espécie desenvolveu um aparelho perceptivo específico, capaz de detectar uma gama específica de estímulos provindos do mundo em que vive. Somos capazes de enxergar apenas uma estreita faixa do espectro eletromagnético, que chamamos de *luz*. Somos capazes de ouvir vibrações mecânicas compreendidas em uma estreita faixa de frequências, que chamamos de *som*.

Nossos mecanismos perceptivos foram sendo moldados ao longo do processo evolutivo, sendo seu valor adaptativo o juiz responsável pela adição, permanência e exclusão de perceptos da bagagem cognitiva da espécie. Mas, segundo especialistas, esse é um processo contínuo, herdamos uma bagagem genética, mas também construímos nosso mundo perceptivo ao longo do nosso desenvolvimento.

A visão é um dos sentidos que mais informações fornece do mundo que nos cerca. Para ver, o homem possui órgãos dos sentidos altamente especializados: os olhos. Estes podem ser sensibilizados pela luz.

O nervo óptico conduz os estímulos provocados pela luz até o cérebro, onde estas informações são reunidas e assimiladas. Uma sensação, em primeiro lugar, nada mais é do que a percepção de uma alteração no estado do próprio aparelho nervoso dos sentidos. Com base na experiência adquirida, o homem interpreta então o que captou no mundo exterior; atribui, por exemplo, a cor por ele percebida a uma coisa objetiva existente.

Assim, os órgãos dos sentidos possibilitam ao homem o contato com o mundo exterior. Todos eles se encontram organizados segundo o mesmo princípio: as células dos sentidos estão ligadas a filamentos nervosos que conduzem ao interior do organismo. Basicamente, estes nada mais são do que o início das fibras nervosas que transmitem as impressões ao cérebro, após o que este ordena e avalia a informação recebida. O fato é: nossa percepção da realidade é sempre mediada.

## 2 O olhos

*"...Ora, não percebeis que com os olhos alcançais toda a beleza do mundo? O olho é o senhor da astronomia e o autor da cosmografia; ele desvenda e corrige toda a arte da humanidade; conduz os homens as partes mais distantes do mundo; é o príncipe da matemática, e as ciências que o têm por fundamento são perfeitamente corretas."*

*O olho mede a distância e o tamanho das estrelas; encontra os elementos e suas localizações; ele... deu origem a arquitetura, a perspectiva, e a divina arte da pintura.*

*"...Que povos, que línguas poderão descrever completamente sua função! O olho é a janela do corpo humano pela qual ele abre os caminhos e se deleita com a beleza do mundo." - Leonardo Da Vinci (1452-1519)*

Nenhum outro órgão do corpo humano apresenta, não obstante as suas diminutas dimensões, uma estrutura tão complexa como os olhos.

Seis músculos de pequenas dimensões, mas extremamente fortes, realizam o trabalho mecânico. Estes seis *músculos extraoculares* controlam os movimentos de cada olho: quatro músculos retos e dois oblíquos. Eles mantêm o alinhamento dos olhos, possibilitando a formação da imagen em locais determinados da retina.<sup>3</sup>

O *globo ocular* é acionado pelos músculos que se encontram na parede óssea da órbita. A sua atividade permite ao homem abranger os objetos que se encontram em várias posições no espaço, de modo que esses mesmos objetos sejam nitidamente representados na retina na sua posição correta. A estrutura branca do olho é a esclera e funciona como um "esqueleto", contendo, protegendo e dando forma ao globo ocular. É contínua à córnea e ao revestimento do nervo óptico.

A *córnea* é a lente natural mais importante do olho, que, assim como a lente de uma câmera fotográfica, refrata os raios de luz que entram nos olhos, participando da focalização das imagens na retina. Ela é um tecido totalmente transparente que protege a estrutura interna, sem ser facilmente visto.

A *retina* é uma fina camada de tecido nervoso que reveste a face interna e posterior do globo ocular. É destinada a receber os raios de luz, formando as imagens e transferi-las para o cérebro. Quando não há erros de refração, as imagens recebidas estarão perfeitamente em foco.

<sup>3</sup>O desalinhamento dos olhos é chamado de estrabismo e denota uma disfunção destes músculos.

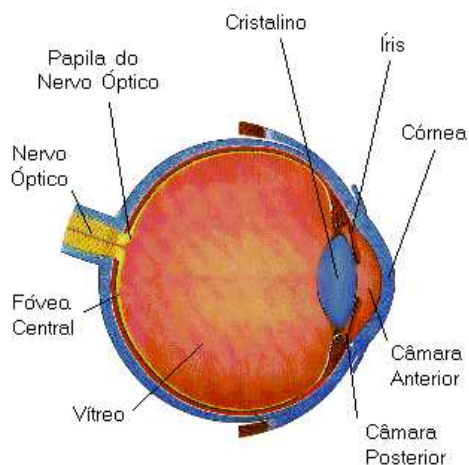


Figura 1: Estrutura do olho humano.

O *nervo óptico* é um prolongamento das células nervosas da retina, responsável pela condução das imagens formadas no olho até o sistema nervoso (cérebro), onde as imagens serão decodificadas e interpretadas.

A *íris* é a parte colorida dos olhos. É uma superfície relativamente plana, com uma abertura circular no centro, a pupila, cuja função é regular a quantidade de luz que entra nos olhos, através de movimentos de dilatação e contração, da mesma forma que o diafragma de uma máquina fotográfica.

O *cristalino* é a lente interna dos olhos. É uma estrutura biconvexa, transparente, de cerca de 4mm de espessura e 9mm de diâmetro, suspenso atrás da íris. Sua função, assim como a da córnea, é de focalizar as imagens na retina.

O *vítreo* é um corpo gelatinoso, transparente e avascular, que perfaz dois terços do volume e do peso do olho. Ele preenche grande parte do espaço interno do olho. O vítreo é composto por água (cerca de 99%), colágeno e ácido hialurônico, que lhe conferem sua consistência gelatinosa.

Utilizando a imagem de uma antena parabólica para representar o fundo do olho ressalta-se que o centro corresponde à mácula e não ao nervo óptico. O nervo óptico não capta as imagens com a máxima precisão de detalhes. É o centro óptico do olho, onde são focalizadas as imagens. O centro da mácula é a *fóvea*, região da retina especializada em ver detalhes com nitidez. Por isto mesmo, concentra apenas os cones, sem apresentar sequer uma rede capilar, recebendo nutrição das células vizinhas. Cada cone situado nesta região se liga a uma fibra que faz ligação direta com o nervo óptico transportando seu estímulo quase que individualmente. Neste ponto central da retina faltam algumas de suas camadas mais internas, deixando-a mais fina, com uma pequena concavidade, marcada por uma coloração mais escura. Esta região se compõe exclusivamente de cones e, na medida em que se afasta da fóvea, a retina vai refazendo a sua estrutura, naturalmente mais espessa. A mácula tem o tamanho aproximado do nervo óptico (cerca de 1mm de diâmetro).

A própria anatomia predispõe esta região da retina para nitidez de detalhes, forma de imagens paradas, estáticas, porque cada detalhe pode ser transmitido por uma fibra nervosa, pouco associado a outras imagens.

Aqui é interessante já introduzir um efeito curioso que é perfeitamente entendido, o fenômeno do *ponto cego*, que nada mais é do que o ponto em que o nervo óptico se une à retina se denomina ponto cego por carecer de células fotossensíveis, sendo assim, nessa região da retina, não há formação de imagem.

Normalmente não percebemos o ponto cego porque ao ver um objeto com os dois olhos a parte do objeto que incide sobre o ponto cego de um dos olhos, incide sobre uma zona sensível do outro. Mas podemos verificar a existência de tal ponto fazendo uma simples experiência: tampe seu olho direito e olhe para a figura 2 no ponto do lado direito da imagem com o seu olho esquerdo. Permaneça olhando no ponto, enquanto, lentamente movimentar-se mais perto ou mais longe da figura.



Figura 2: Imagem para verificação do ponto cego.

### 3 Teorias da Percepção Visual

Na maioria das ilusões ópticas não se verificam ilusões reais dos sentidos, mas ilusões que surgem da interpretação habitual de um objeto - uma interpretação que, contudo, não é exata para o caso em questão e, conseqüentemente, é falsa. Neste caso, a impressão do sentido da visão, isto é, o registro óptico, é inteiramente correta, verificando-se a ilusão apenas no cérebro.

As principais teorias sobre percepção visual são as *teorias da percepção indireta* (ou construtivistas) e as *teoria da percepção direta* (ou ecológicas). Para as primeiras, as percepções são construídas tendo por base a seleção ativa dos estímulos e as sensações emergentes da memória ("top-down"/processamento descendente), já para as segundas, a percepção consiste na aquisição direta de informação do ambiente ("bottom-up"/processamento ascendente).

No construtivismo a percepção é um processo ativo e construtivo, ela não é dada de uma forma direta pelo estímulo mas ocorre como um produto final das influências interativas dos estímulos e hipóteses internas, das expectativas e também fatores emocionais e motivacionais, ou seja a atividade perceptiva tem de basear-se num processo probabilístico de inferência dependendo de associações e da experiência prévia do sujeito. Como a percepção é influenciada por hipóteses e expectativas por vezes é incorrecta e propensa ao erro. Já a abordagem ecológica defende que toda a informação visual do ambiente que chega ao olho é constituída por um padrão de luz estruturado (padrão óptico). O padrão óptico daria uma informação invariante acerca da configuração dos objetos no espaço. Os invariantes podem ser percebidos através de diversas formas como por exemplo os gradientes de textura ou os padrões de fluxo óptico. Assim os objetos e o meio têm um significado direto ("affordances") e sem necessidade de mediação cognitiva e são por si capazes de orientar o ser vivo. Contudo cada espécie de ser vivo estaria sintonizado apenas para determinadas invariantes e "affordances", negando, assim, o erro.

Na a teoria da percepção indireta temos como principal referência o psicólogo Richard Gregory (1923-)<sup>[3]</sup> e para a da percepção direta o psicólogo J.J. Gibson (1904-1979)<sup>[4]</sup>.

Gregory com sua teoria da constância da dimensão mal aplicada diz que muitas das ilusões visuais podem ser explicadas, pelo fato de se utilizar inapropriadamente o conhecimento previamente adquirido para a visão tridimensional, na percepção de figuras bidimensionais. Segundo a teoria de Gregory, os processos internos que usam a distância aparente para dar a dimensão do objecto, são erradamente aplicados na percepção das ilusões visuais. Esta teoria está de acordo com o princípio construtivista de que a percepção ao ser influenciada por hipóteses ou expectativas pode ser propensa ao erro. Já a teoria de Gibson nega as ilusões.

*"Estava claro para Newton na sua Óptica (1704) que estritamente errado dizer que a luz é colorida. Ao vez disso, a luz evoca sensações de cores em olhos e cérebros adequados. Percepções, assim como as cores, são psicologicamente projetadas no espaço externo aceitado."*<sup>[3]</sup>

Definir ilusão também é difícil, porque pré-supõe numa definição fechada de realidade. Segundo o médico e físico alemão Hermann von Helmholtz (1821-1894), precursor do construtivismo, nossa percepção é construída por meio de inferências que inconscientemente fazemos sobre o mundo à nossa volta.<sup>[5]</sup> Essas inferências são contrastadas com informações que o organismo colhe do ambiente. Cada vez que essas expectativas não são correspondidas, ajustamos nossos perceptos, criando novas inferências e testando novas conjecturas. A idéia de que nossa percepção dê-se de maneira indireta, por meio de confirmações de expectativas, foi defendida por vários psicólogos do século XX, como Irving Rock (1922-1995) e Richard Gregory (já citado anteriormente). Esses pesquisadores demonstraram experimentalmente a participação das expectativas do observador no processo perceptivo. Normalmente, não nos damos conta de que grande parte daquilo que percebemos quotidianamente é uma construção ativa do nosso sistema nervoso.

As ilusões visuais derivam de três principais vertentes: ópticas, sensoriais e cognitivas. Um exemplo muito familiar das primeiras é um arco-íris. Outras ilusões devem-se à própria constituição morfológica e funcional de nosso sistema visual. Nossa visão de cores, por exemplo, inicia-se em células fotorreceptoras, os cones, sensíveis a diferentes comprimentos de onda eletromagnética. Um processo fundamental na visão é a detecção de contrastes, que na percepção de cores baseia-se nas otonências cromáticas verde-vermelho e azul-amarelo (além da branco-preto). A figura 3 ilustra um fenômeno ilusório gerado a partir de mecanismos sensoriais iniciados já na retina.

Segundo uma das teorias sobre a visão das cores, devida a Ewald Hering (1834-1918), existem quatro cores primárias divididas em dois pares de cores complementares: amarelo-azul e verde-vermelho. Com essas quatro cores é possível reproduzir todas as cores do espectro solar e até obter algumas cores extras. A experiência acima (figura 3) é considerada uma evidência para essa teoria. Segundo o modelo, a retina tem quatro tipos de sensores, cada um sensível, principalmente, a uma dessas quatro cores. Olhando muito tempo para uma cor primária ocasiona uma "saturação" dos sensores dessa cor, deixando-os momentaneamente inoperantes. Ao desviar os olhos para uma superfície branca, como esse tipo de sensor está "nocauteado" (momentaneamente), não será ativado e vemos, mais vivamente, sua cor complementar.



Figura 3: Fênomeno de pós-imagem. Olhe por uns 40 segundos para a bandeira colorida, fixando o olhar para a estrelinha solitária, em seguida fixe seu olhar no ponto localizado no retângulo vazio. A percepção se deve à imagem gerada pela retirada do estímulo (pós-imagem), envolvendo os mecanismos de oposição cromática responsáveis por nossa visão de cores.

A lua enorme no horizonte e o cubo que salta de uma perspectiva a outra são exemplos de ilusões visuais que não derivam de fenômenos ópticos ou de mecanismos sensoriais básicos, mas que dependem de fatores cognitivos condicionados por nossa interação multisensorial com o ambiente. Esses fatores são moldados pela experiência individual, ontogenética, possível a partir da grande plasticidade de nosso sistema nervoso, permitindo que perceptos novos sejam aprendidos e perceptos já formados sejam alterados.

A relação entre percepção e ilusão é ainda mais estreita do que supomos. Por exemplo, ao vermos uma maçã vermelha caindo de uma macieira, temos uma sensação de unidade, onde cor, forma e movimento estão associados a um único e mesmo objeto. No entanto, já a partir de nossas retinas, as imagens são fragmentadas pelos fotorreceptores e codificadas por circuitos retinianos. Esse código é, então, enviado pelo nervo óptico ao núcleo geniculado lateral, no tálamo, e de lá para o córtex visual primário (V1). Aí se inicia um processo de construção sensorial que irá resultar em nossa percepção, onde a detecção de bordas é uma das primeiras etapas.<sup>[6]</sup> No entanto, ao contrário de uma construção linear e seqüencial, o processo é essencialmente paralelo e repleto de alças de realimentação (figura 4). Movimento e profundidade são qualidades a serem processadas no córtex temporal medial (MT ou V5), cor destina-se a V4 e forma alcança o córtex temporal inferior (IT). A percepção de forma e cor utiliza, portanto, uma via ventral (via "o quê"), relacionada com a identificação de um objeto. Já a percepção de movimento e de profundidade depende de uma via dorsal (via "onde"), envolvida na localização espacial dos objetos.

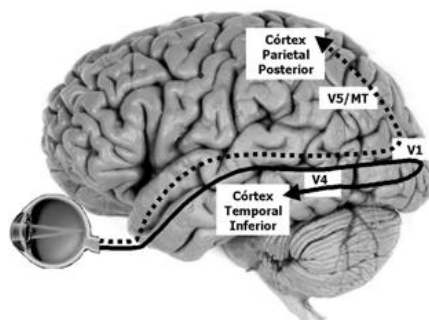


Figura 4: Esquema simbolizando as duas principais vias visuais. Em linha contínua destaca-se a via ventral ("o quê"), envolvida no processamento de cor e forma. Em linha pontilhada representa-se a via dorsal ("onde"), responsável pela percepção de características tais como movimento e localização de um objeto.

Portanto, esse processamento paralelo das características de um estímulo, fragmentadas e separadas em estágios precoces, leva, de uma forma que ainda ignoramos, a uma construção que as reúne e funde em algo unitário. Essa unidade perceptiva depende de uma atividade neural que, embora dispersa por diversos circuitos corticais, manifesta um estado de coerência espaço-temporal que define o percepto gerado. Assim, por exemplo, a ambigüidade perceptiva contida nos desenhos da figura 5 possuem, como correlato neural, a atividade de dois conjuntos de neurônios sensoriais (ou de dois diferentes estados neurais) que competem entre si pela representação de duas distintas categorias perceptivas. Pequenas perturbações exógenas (na própria estimulação) ou endógenas (um esforço atencional voluntário, por exemplo) podem favorecer o predomínio temporário de um percepto sobre o outro.<sup>[7]</sup>

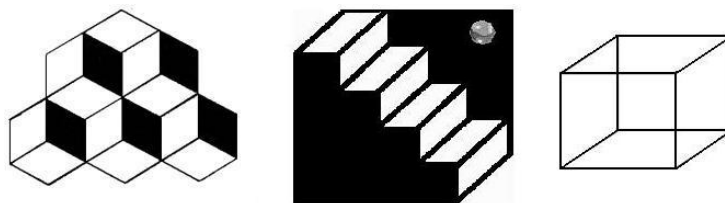


Figura 5: Desenhos que ilustram o fenômeno de Necker. Os dois possíveis perceptos gerados pelo mesmo estímulo e daí denominado "biestável". Para o desenho a esquerda aproxime-se e olhe estes três cubos. Fique observando fixamente os três e passará a ver cinco cubos; para o desenho central, fique a aproximadamente 30 cm da figura e olhe fixamente para o globo. Você notará que a escada irá virar para baixo; para o da direita repare que parecer estar descansando sobre sua base ou pendurado no ar.

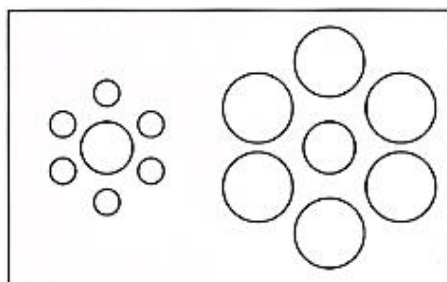


Figura 6: Círculos de Titchener: o círculo interno, à esquerda, parece maior que o localizado à direita.

Embora a razão evolutiva essencial para a existência de nosso sistema sensorial seja seu papel em guiar nossas ações, existem fortes indícios que processos neurais que geram a percepção são, pelo menos em parte, distintos daqueles que conduzem à ação.<sup>[8]</sup> A possível dissociação entre circuitos neurais destinados à percepção e à ação pode também ser investigada por meio de movimentos emitidos por indivíduos normais em resposta a estímulos potencialmente ilusórios. Por exemplo, embora possamos ser "iludidos" perceptualmente quanto ao tamanho de um objeto, como no caso dos círculos de Titchener (veja a figura 6), a distância entre os dois dedos que utilizaríamos para apreender o círculo interno seria essencialmente a mesma.<sup>[9]</sup>

## 4 Estereoscopia ou Binocularidade

Binocularidade, em seu sentido mais amplo, é o termo que se aplica à capacitação de apreender estímulos visuais com dois olhos. Entre as diferentes espécies que possuem esse atributo, os modelos da relação binocular, suas peculiaridades e fins são, entretanto, muito distintos. Enquanto para coelhos a função binocular é a de provimento de campos visuais independentes, garantidos por órgãos visuais de cada lado da cabeça, nos primatas superiores (e no homem), a percepção visual do espaço se dá com base na frontalização dos olhos. Assim, coelhos gozam de uma extensa visão de "campo", cobrindo 360°, um campo completo do espaço ao redor de seu corpo<sup>[1]</sup>, o que lhes propicia meios de fuga de predadores<sup>[2]</sup>. Já entre nós predomina a superposição praticamente completa dos campos visuais. Tal superposição, ocasionando perda de 180° da discriminação visual do espaço (relativamente à do coelho) traria como vantagem, em contrapartida, a capacidade de percepção de "profundidades" de objetos nesse campo visual, isto é, a noção de distância deles ao agente da percepção. Assim, cada olho nosso visualiza uma cena de um ângulo diferente, ou seja temos uma perspectiva diferente de uma imagem para cada olho. A sobreposição das imagens vistas por cada olho nos retornará uma imagem tridimensional de uma dada cena. Existem outros fatores que também influenciam na visão tridimensional, tais como a observação de paralaxe entre objetos e a comparação entre os seus tamanhos.

## 5 Experimentos

### 5.1 Estereoscópio

O estereoscópio é um instrumento ótico que permite ver efeitos de relevo em imagens planas, como fotografias e desenhos. A visão binocular possibilita a percepção da tridimensionalidade dos objetos, como dito na seção anterior. A imagem que se forma na retina de cada olho é plana. Mas, há uma pequena diferença entre elas, já que os olhos estão separados por uns 5 a 8 centímetros. O cérebro se encarrega de "fundir" essas duas imagens em uma só, resultando no efeito tridimensional. Esse efeito de relevo pode ser simulado usando-se duas figuras planas, ligeiramente diferentes, como as que seriam projetadas em cada retina, separadamente. Só que, nesse caso, os próprios olhos devem se encarregar de "misturar" as imagens, antes de enviá-las ao cérebro. Para isso, é necessário fazer convergir os olhos de modo a obter uma imagem nas retinas que combine as duas imagens planas das figuras. É aí que surge a dificuldade para algumas pessoas. Elas não conseguem fazer esse movimento forçado de "trocar os olhos", ficando estrábico por vontade própria. O estereoscópio ajuda bastante pois projeta uma imagem diferente em cada olho, dispensando a necessidade de fazê-los convergir a força.

#### 5.1.1 Montagem



Figura 7: Montagem do estereoscópio proposto neste projeto.

Para este projeto utilizamos uma construção com apenas um espelho (veja figura 7). Os materiais utilizados para esta montagem são:

- um espelho (no caso, de 20×15cm);
- "placas" de madeira para o suporte (que, aqui, foram pintadas de preto conforme vê-se na figura 7);
- durepox para ligar as partes do suporte e anexar o espelho ao mesmo;
- uma lâmpada com uma proteção frontal (veja figura 7);
- extensão para contato elétrico da lâmpada;
- um suporte de material transparente para a lâmpada (aqui, utilizamos vidro);
- estereogramas diversos (dois de cada - sendo um imagem especular do outro);
- software de tratamento de imagens para produzir a imagem especular dos estereogramas.

Para a montagem deste projeto, conforme citado na lista de materiais, os estereogramas utilizados precisam ser um imagem espelhada do outro. Isto é, uma imagem é obtida da outra pela troca horizontal de todos os pontos da mesma. Isto é facilmente conseguido com softwares de tratamento de imagens.

### 5.2 Pêndulo de Pulfrich

Essa ilusão de óptica<sup>[11]</sup> foi descrita pelo físico alemão Carl Pulfrich, em 1922. Pulfrich deu a seguinte explicação para esse efeito: a imagem menos luminosa que se forma na retina do olho atrás do vidro escuro chega ao cérebro um pouquinho depois da imagem mais brilhante na outra retina. Esse atraso é interpretado pelo cérebro como um deslocamento do objeto para frente ou para trás, dependendo da direção do movimento do peso. Essencialmente é o efeito da estereoscopia descrito acima, essa defasagem entre as imagens recebida por cada olho dá a ilusão de profundidade.





Figura 8: Montagem do pêndulo de Pulfrich proposto neste projeto.

### 5.2.1 Montagem

Este experimento é muito simples de ser feito. Os materiais para esse experimento são:

- um pedaço de barbante de aproximadamente 60 cm;
- um peso qualquer (aqui, utilizamos um pote em cuja tampa fizemos um furo central (para passar o barbante de forma que a oscilação seja estável) e o preenchemos com arroz para dar peso-veja figura 8)
- um polarizador (utilizamos uma lente de óculos escuro, conforme vê-se na figura 8)

## 5.3 Ilusão de Thatcher

Em 1980 Peter Thompson publicou seu célebre artigo sobre a ilusão de Thatcher<sup>[10]</sup>, como ficou conhecida esta ilusão, e este se tornou um dos artigos mais citados já publicados no periódico *Perception*.



Figura 9: Versão colorida da figura de Margaret Thatcher originalmente utilizada por Thompson.

Objetos, como rostos, são armazenados em sua usual orientação e de forma centrada. Quando vemos partes como olhos e bocas (que, usualmente, são as partes do rosto que nos transmitem sentimentos tais como alegria ou tristeza), estes são remapeados nas nossas representações. Por razões ainda não entendidas, este remapeamento falha quando estas partes são vistas em orientações diferente da usual.

### 5.3.1 Montagem

Para este experimento precisamos de:

- foto de uma pessoa com sorriso marcante;
- software de tratamento de imagens;
- um suporte rotatório.

Aqui acabamos por fazer uma animação (em formato ".avi", veja figura 10), pois a verba para confecção do suporte e impressão saíram em cima da hora da apresentação, mas a idéia do suporte onde as figuras seriam coladas é mais interessante para apresentações, principalmente pela facilidade de não precisar de micro, já animação é interessante para posterior divulgação, via internet, por exemplo.



Figura 10: Sequencias da animação feita para a ilusão de Thatcher.

## 6 Discussão e Conclusão

Apesar de muitos dos fenômenos explorados nestes experimentos ainda não estarem esclarecidos no atual estágio da neurociência, percebemos ao longo deste trabalho a grande importância do fenômeno das ilusões no entendimento do processo de percepção e o quanto elas são exploradas no estudo do mesmo.

Particularmente, o experimento do estereoscópio, juntamente com o do pêndulo de Pulfrich, contribui no entendimento da visão binocular e sobre os mecanismos que a gera. O uso didático da estereoscopia pode ser muito útil em diversos contextos: no ensino de nível elementar, há numerosas situações em que grande parte dos alunos tem bastante dificuldade em ver no espaço objetos geométricos tridimensionais, a partir de figuras planas com representações desses objetos, sejam estas em perspectiva ou em projeção ortogonal. Há vários modos de ajudar tais alunos a melhorar a percepção espacial. Para além da que consiste em construir modelos físicos, que é óbvia, mas nem sempre está ao alcance dos professores, dar a possibilidade de "rodar no espaço" o objeto representado, daí a utilização de representações estereoscópicas. Não é só, no entanto, a nível elementar que as considerações anteriores são aplicáveis. Para figuras mais complicadas - por exemplo na representação de uma órbita do atrator de Lorenz, de células cristalinas em cristalografia, de elementos químicos, moléculas e em muitos outros casos - as considerações anteriores são igualmente aplicáveis, mesmo para adultos. Em outros casos, a visão estereoscópica ajuda a pôr em evidência as falhas de percepção da nossa visão baseada na perspectiva. Um tal exemplo marcante é constituído pelo Quarto de Ames, que não citamos ao longo do trabalho, mas que pode ser melhor explorado em Ames, A. *The Ames Demonstrations in Perception*, New York, Hafner Publishing (1952)

Em termos de aprendizado, este trabalho se mostrou particularmente rico no seu desenvolver, principalmente com a questão de tratamento de imagens. Por fim, explicitamos que todos os três experimentos foram testados e seu funcionamento está de acordo. Sendo assim, consideramos o projeto como bem sucedido.

## 7 Comentários do Coordenador

Seguimos com os comentários feitos pelo coordenador da disciplina.

Sobre o projeto em 23/09/2005:

"O projeto é aprovado mas sendo orientadora a Professora do IFGW Gabriela Castellano, que aceita orientá-lo."

**Sobre o relatório parcial em 19/10/2005:**

*"Nota 4: o relatório não mostra*

*1) Suficiente trabalho trabalho experimental Colher figuras de ilusões ópticas pela internet não é trabalho experimental. Tentar construir figuras se baseando em princípios consagrados, descritos ou simplesmente supostos pelo aluno, sim. Sua tentativa de pegar imagem de mulher sorrindo, como a da Yahoo, vale. Os aparelhos, no entanto, não tem os componentes selecionados. Em pesquisa pelo Google com a palavra "estereoscopia" encontra página do Lunazzi na 4ª posição. Consulte.*

*2) Explicação dos fenômenos de ilusão óptica.*

*Não ha uma indicação sequer do que gera os fenômenos. No caso do Pulfrich, o modelo é simples se o aluno parar para pensar em visão binocular. Na estereoscopia, vale o dito acima sobre o Lunazzi. Nas ilusões do Escher, qual é o princípio, como faco um desenho assim? E nas outras? "*

## Referências

- [1] Howard IP, Rogers BJ. *Binocular vision and stereopsis*. New York: Oxford University Press; 1995;
- [2] Duke-Elder S. *The eye in evolution*. London: Henry Kimpton; 1958;
- [3] Gregory R. L., *Knowledge in perception and illusion*, Phil. Trans. R. Soc. Lond. B (1997) 352, 1121-1128;
- [4] Gibson, J. J., *The Perception of the Visual World*, Boston: Houghton Mifflin., 1950;
- [5] Helmholtz H von. *Treatise on physiological optics*. New York: Dover; 1867/1962;
- [6] Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. *Princípios da Neurociência*. Barueri: Manole; 2003.
- [7] Parker AJ, Krug K. *Neuronal mechanisms for the perception of ambiguous stimuli*. Curr Opin Neurobiol 2003;13(4):433-9;
- [8] Milner AD, Goodale MA. *The visual brain in action*. Oxford: Oxford University Press; 1996.
- [9] Aglioti S, DeSouza JF, Goodale MA. Size-contrast illusions deceive the eye but not the hand. Curr Biol 1995;5(6):679-85.
- [10] Thompson P. (1980) *Margaret Thatcher: a new illusion*. Perception 9:483-484
- [11] [http://www.siu.edu/~pulfrich/Pulfrich\\_Pages/explains/expl\\_txt/explaint.html](http://www.siu.edu/~pulfrich/Pulfrich_Pages/explains/expl_txt/explaint.html) ;
- [12] <http://www.yorku.ca/eye/thejoy.htm> ;
- [13] [http://www.exploratorium.edu/exhibits/f\\_exhibits.html](http://www.exploratorium.edu/exhibits/f_exhibits.html) ;
- [14] <http://www.ifi.unicamp.br/~dfigueir/holosite/estereo/estereos.htm> ;
- [15] [http://www.geocities.com/prof\\_lunazzi/Estereoscopia/estere.htm](http://www.geocities.com/prof_lunazzi/Estereoscopia/estere.htm) ;
- [16] <http://www.inf.ufsc.br/~otuyama/port/stereogram/basic/index.html> ;
- [17] <http://www.grand-illusions.com/> .

## Anexo

As páginas seguem em anexo separado, pela dificuldade em anexá-las ao arquivo .pdf. As anexaremos ao documento na versão 2 deste relatório. Também as figuras dos experimentos serão devidamente colocadas nos seus lugares.

Anexo do trabalho (18/10/2007):



Efeito Pulfrich (gif animado em: <http://geocities.yahoo.com.br/dsouzafm/Pulfrich.gif>)

por Daniel Magalhães