



uma espécie de outra. Muitas destas diferenças são geneticamente fixas, e descritas taxionomicamente. Quanto maior a distancia taxionómica entre duas espécies, maior a diferença de características físicas entre elas. Haverá então, provavelmente, mais diferenças reais entre um marlin e um mako, do que as que existem entre um gato e uma vaca.

Não podemos simplesmente considerar todos os peixes como um conjunto, e pensar nele como um só indivíduo.

Nada disto é mais verdadeiro do que na área dos sentidos dos peixes.

Tomemos como exemplo o sentido da visão. Os olhos dos peixes, como os do homem, foram desenvolvidos de acordo com o plano básico dos vertebrados. A luz entra por uma órbita redonda, primeiro através de uma camada chamada córnea, e depois através de uma abertura ajustável, a pupila. A partir daqui a luz é focada por intermédio de lentes transparentes, no fundo interior do olho. Cobrindo este espaço existe uma camada de fotoreceptores especializados, bastonetes e cones – equipados para absorver luz e convertê-la em impulsos nervosos. Uma vez convertida, o impulso nervoso é enviado ao cérebro através do nervo óptico.

Dos dois tipos de receptores, os bastonetes são os mais sensíveis, e são os fotoreceptores dominantes na visão nocturna. Contudo, os bastonetes não podem detectar cor, são pouco sensíveis á profundidade da visão, detecção de movimento, contraste, e focagem pormenorizada (acuidade visual).

Virtualmente todos os vertebrados têm cones, e vulgarmente mais do que um tipo.

As células tipo cone, dominam a visão diurna, e são responsáveis pela maior parte dos atributos que associamos aquele tipo de visão. Devido á sua fraca sensibilidade, os cones têm pouca influência na visão nocturna.

Apesar de todos os peixes partilharem o mesmo desenho básico do olho, a maior parte das semelhanças não vão mais longe, porque aquilo que um animal vê, depende sobretudo do tipo de foto-receptores presentes (bastonetes e cones) as suas concentrações relativas, e como estão dispostos no plano retinal.

Na verdade, a analogia do plano é boa, porque ajuda a imaginar a retina como uma folha fina com limites demarcados.

Existe uma infinita variedade de formas, na disposição dos elementos que compõem a retina, mesmo no pouco espaço disponível.

A estratégia seguida pelo animal na construção retinal, determina em larga medida, a sua capacidade visual. Nenhum animal domina inteiramente o mundo dos sentidos visuais.

O maior poder sensorial numa área, frequentemente penaliza outra área de sentidos.

A visão a cores é um exemplo perfeito.

Nós humanos temos visão a cores, é claro. È um dos nossos pontos fortes. Vemos cores porque a nossa retina dispõe de três tipos diferentes de cones: vermelho, verde e azul – denominados assim devido á sua sensibilidade a cada comprimento de onda daquelas cores.

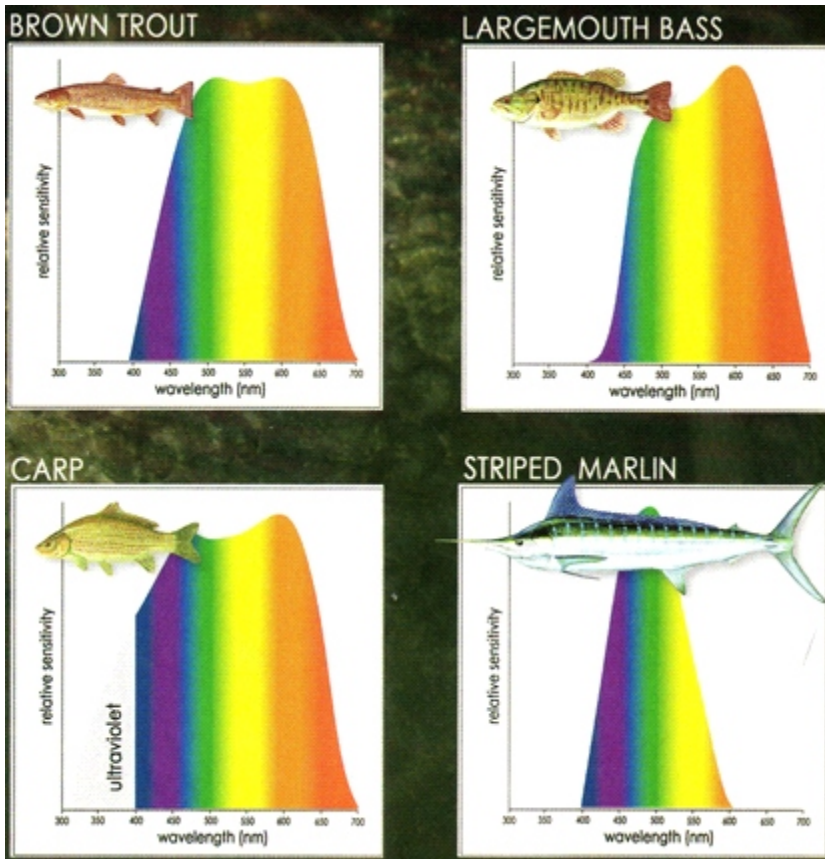
Abrangendo aqueles três pigmentos, os nossos olhos detectam uma faixa do espectro visível com comprimento de onda entre 400-700 (NM) e por isso se denomina a faixa completa do nosso espectro visual, do violeta ao vermelho.

De facto, as ondas de energia luminosa de comprimentos maiores (infravermelho) e mais curtos (ultravioleta) encontram-se fora do nosso espectro visível.

Os pigmentos contidos nas nossas células visuais (cones) são insensíveis aqueles comprimentos de onda, impedindo a sua percepção.

A maior parte dos peixes é sensível á cor, mas não da mesma maneira que os humanos.

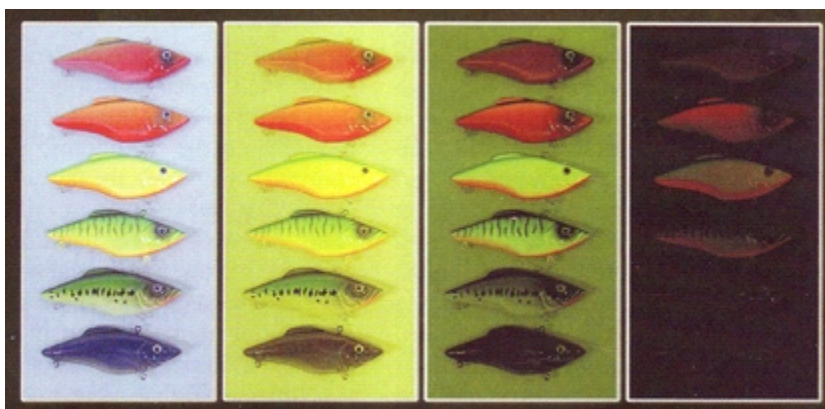
Também, nem todos os peixes reconhecem a mesma faixa espectral.



Espectro de luz visível para algumas espécies de peixes

O espectro de luz visível mostra a faixa de sensibilidade á luz, de algumas espécies de peixe. Se existem duas ou mais células cónicas, o animal têm capacidade de ver a cor.

A truta castanha tem aproximadamente a mesma capacidade que o homem em distinguir as cores. Enquanto o achigã tem pouca capacidade de ver o azul e o violeta. A visão da carpa abrange uma larga faixa espectral, incluindo a capacidade de ver o ultravioleta. Em contraste o marlin listrado, tem a sua visão estreitamente focada na zona central azul-verde



A cor da amostra depende de quem a vê, e onde é vista. As fotos A e B mostram seis amostras de cores diferentes, como são vistas respectivamente, pelo homem em plena luz do sol, e pelo achigã em água clara, também em plena luz do sol. Quando se inclui o efeito colorido filtrado pela água e seus depósitos flutuantes, a faixa de cores das amostras que o achigã pode ver, diminui bastante, respectivamente se nada mais fundo, ou se move em águas com grande quantidade de matérias em suspensão.

Foto A	Foto B	Foto C	Foto D
Visão humana	Visão do achigã Á superfície em Plena luz do sol	Visão do Achigã a 9 pés de prof. com algas	Visão do achigã A 6 pés de prof. com água escura

Alguns grupos como a truta, têm três tipos de células cónicas, como as nossas próprias, (vermelho, verde e azul), dispondo assim de uma razoável semelhança de espectro visual, embora com diferentes sensibilidades relativas para cada uma.

Muitos outro peixes como o achigã, perca, crappie, zander, bluegills, walleyes, só têm dois cones de pigmentos: vermelho e verde. Isto é o suficiente para ver cor, mas os investigadores sugerem que estes peixes vêm muito pouco azul, e nenhum violeta. Para eles, qualquer coisa para lá do verde-azul no espectro visual, torna-se rapidamente preto, (ausência de luz) ou qualquer forma de sombra cinzenta.

Como o achigã, ou outro tipo de peixe semelhante, com menos células cónicas do que o homem, existem outros que dispõem de mais. A carpa, por exemplo, tem três tipos de cones: vermelho, verde, azul, e um quarto tipo de cone, para a detecção da luz ultravioleta.

Os humanos não vêem o ultravioleta, não tendo assim qualquer ideia do que a carpa vê nesta faixa do espectro. A visão da carpa nesta zona azul, e para lá dela, é completamente desconhecida do género humano.

Também há peixes com espectros de visão muito estreitos, sendo um deles o marlim listrado.

Esta espécie tem três células cónicas, mas todas são sensíveis apenas na faixa azul-verde do espectro.

O marlim listrado vê um não vermelho, seja isso o que for.

Da mesma forma também não vê o ultravioleta, o que é estranho, porque quando excitado, o billfish produz brilhantes listas azuis ao longo dos costados. Estes flashes brilhantes, bem dentro da zona ultravioleta, fazem o marlin curiosamente cego para a sua própria cor corporal.

Ainda mais estranho, algumas das suas presas preferidas, como por exemplo jacks e cavalas, vêem o ultravioleta. Portanto as presas aparentam ver melhor o marlim, do que este a si próprio.

Mas há mais nas células cónicas do que a reacção á cor.

Os cones têm uma acção fundamental na acuidade visual, ou focagem fina (definição).

A acuidade visual é vulgarmente medida em termos de Ângulo Mínimo de Resolução (MRA – Minimum Resolution Angle) o que significa o mínimo ângulo formado entre o olho e dois pontos distantes, reconhecidos como separados.

Quanto mais pequeno o MRA, maior a definição da visão.

A média humana de visão 20/20, corresponde a um MRA de 1.0 minuto de grau de circunferência ( 1/60 de um grau de circunferência).

Alguns animais (ex. raptors) têm mesmo valores mais baixos, e consequentemente visão com maior definição, mas não existe nenhum peixe, estudado até agora que tenha valores de MRA tão baixos.

Mesmo o atum e o billfish, com os valores mais altos de acuidade visual entre os peixes, são três a quatro vezes menos capazes, no aspecto de acuidade visual, do que o homem. Outra espécie, como a truta e a carpa, são ainda piores.

Espécies diferentes, têm capacidades visuais diferentes, devido em grande parte á densidade dos cones na retina. Como a alta densidade de elementos sensores numa câmara digital, proporcionam imagem claras, e de grande definição, também a alta concentração de cones se traduz geralmente em imagem de grande definição retinal.

De certa forma, o homem tem uma vantagem extra, porque utiliza uma pequena área especializada da retina para focar a luz, chamada *fovea centralis*, sem bastonetes, contendo apenas cones. A densidade de cones na *fovea centralis* é de 180.000/200.000 células/mm<sup>2</sup>, um valor incrível.

A densidade de cones no resto da retina é muito mais baixo.

Devido a este arranjo especial, o homem vê muito bem, com grande definição, a área frontal, aquela em que normalmente se foca a sua atenção. A visão periférica, bem ao contrário, é muito menos apurada.

Como se referiu, a retina dos peixes não dispõe da alta densidade de células sensíveis típicas da nossa *fovea centralis*; na maior parte dos casos, densidades entre 6.000/10.000 células/mm<sup>2</sup>, ou aproximadamente 5-10% da capacidade humana.

Para afinar a visão em áreas específicas, alguns peixes aproximam-se do desenho humano, sendo esta aproximação, na maior parte dos casos, muito modesta. A diferenciação das áreas de visão é muito baixa, o que o peixe vê numa área, tende a igualar-se ao que vê em outra. A carpa, por exemplo, tem os campos de visão muito semelhantes.

Contudo, em outra espécie, a área especial de visão frontal, pode ser mais apurada.

Os peixes predadores, têm normalmente regiões retiniais especializadas em focar as presas. No achigã, a porção da retina destinada á visão em frente, tem três vezes mais cones do que as áreas destinadas á visão lateral e traseira. Por isso o achigã tem a sua melhor visão em frente, moderada na focagem lateral, e comparativamente pobre nas áreas traseiras. Como predador activo, o achigã usa a sua visão lateral para procurar alimentação em largas áreas no seu meio natural. Quando uma presa é reconhecida, o peixe reduz a

área de visão, situando-se de frente para a presa, colocando o alvo na sua melhor área de visão, imediatamente antes do ataque.

Além da cor e definição, o peixe tem também variações na sua aptidão de detectar movimento.

De facto, de todos os factores por detrás da variação do desenho visual entre os peixes, a detecção de movimento deve ser a mais importante de todas, especialmente no aspecto de captura de alimento.

Enquanto os peixes que procuram a sua alimentação no fundo, sentem-se á vontade com alimento imóvel, ou com pouco movimento, os predadores activos necessitam de detectar movimento para reconhecerem uma presa como tal. Por outras palavras, os predadores necessitam de detectar um objecto em movimento, para o associar mentalmente com uma presa em potencial. Na sua forma de percepção a comida move-se. Se não houver movimento, o objecto passa a ser considerado como fazendo parte do ambiente inanimado.

A detecção do movimento é vulgarmente expressa em termos de Fusão Crítica da Frequência de Cintilação (Flicker Fusion Frequency ou CCF)

O valor de CCF nos animais é avaliado por intermédio de uma luz cintilante, de frequência crescente. Conforme a frequência do estado de luz apagada/acesa (cintilação) aumenta, o animal acaba por detectar apenas um ponto luminoso sem estado variável (single steady state). A frequência a que o animal passa a detectar a condição de apenas um ponto luminoso é o valor do CCF para aquele indivíduo em particular.

Os cientistas acreditam que quanto mais elevado o valor do CCF, maior é a capacidade do animal detectar movimento.

O CCF humano situa-se tipicamente entre 50/60 ciclos/segundo.

O CCF dos peixes que se alimentam no fundo pode ser muito mais baixo, enquanto que o dos predadores se aproxima mais dos valores humanos.

O valor do FCC não é constante, varia conforme a temperatura do corpo. Isto não é especial para as espécies de sangue quente como os mamíferos, que mantêm temperaturas relativamente elevadas no corpo.

No entanto, para as espécies de sangue frio como os peixes, a subida ou descida das temperaturas no corpo, significam diferentes capacidades de detectar movimento. Mais, conforme a água aquece ou arrefece no Verão e Inverno, ou o peixe se desloca para águas mais profundas e frias, a sua capacidade de detecção de movimento vai sofrendo alterações. Este efeito de arrefecimento afecta o predador e também as presas;

A natureza neste aspecto não beneficia predadores nem presas. Excepto, é claro, em relação aos peixes com a capacidade de elevar a temperatura da cabeça.

Alguns predadores oceânicos, como por exemplo os tunídeos, tubarões, e espadartes, têm a propriedade particular de manter os seus corpos a uma temperatura mais alta do que o ambiente. O espadarte, tem mesmo um órgão que tem a função especial de aquecer o cérebro e os seus grandes olhos. Este desenho único, permite ao espadarte manter as funções do cérebro e da visão razoavelmente constantes, apesar das diferenças de temperatura ambiente, incluindo a capacidade de detecção de movimento, o que constitui uma grande vantagem para este peixe.

Estudos anteriores demonstraram que o espadarte caça vulgarmente a profundidades de algumas centenas de metros, zonas em que a água é sempre fria. Usando o seu órgão especial de aquecimento do cérebro, este peixe tem uma clara vantagem na detecção do movimento sobre os seus parentes de cérebro frio.

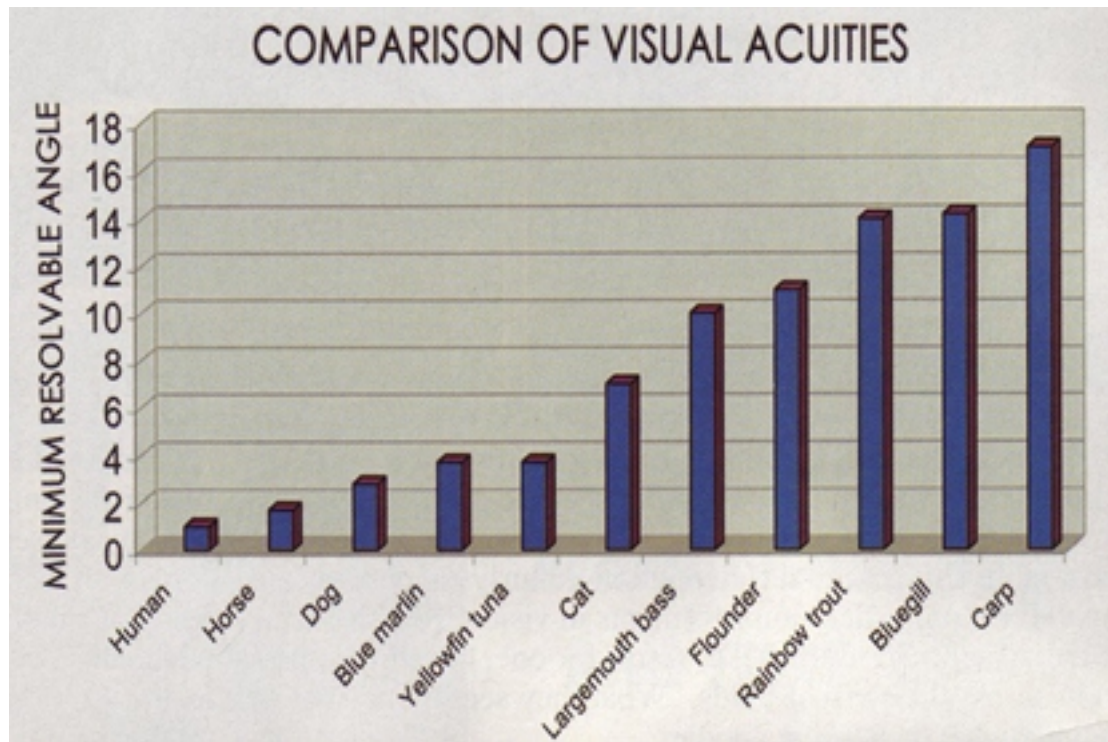
O espadarte consegue detectar o movimento das suas presas muito antes destas.

Pesquisadores Australianos demonstraram agora, que a retina do espadarte a cem metros de profundidade, mantém valores de CCF doze vezes maiores, que retinas não aquecidas. Mesmo a trezentos metros de profundidade, á qual normalmente o espadarte circula, aqueles valores mantêm-se sete vezes maiores do que para retinas não aquecidas.

Existem muitos outros aspectos da visão do peixe, por exemplo a visão nocturna, que varia consideravelmente entre os peixes. O ponto importante é que os sentidos do peixe são muito variáveis.

Se pretende compreender o mundo de sensações dos peixes, é necessário reconhecer aquelas diferenças.

Mas porque é que este conhecimento o pode levar a entender uma perspectiva melhor? Porque, num sentido lato, pode eliminar os factos sem importância, concentrando-se naqueles que importam realmente.



#### Comparação da acuidade visual

A acuidade visual, ou resolução, varia consideravelmente entre os peixes (e outros animais). A acuidade visual pode ser medida pelo menor ângulo de separação entre dois pontos luminosos, ou mínimo ângulo formado entre o olho e dois pontos distantes, reconhecidos como separados (MRA). Quanto mais pequeno o valor do MRA, maior a acuidade visual.

A visão humana tem maior resolução do que qualquer peixe analisado até agora.

Contudo o marlim e atum, ultrapassam alguns mamíferos.



#### Amostras diversas

As amostras são projectadas vulgarmente mais para o visual humano do que para o dos peixes.

A foto A mostra três amostras como são vistas pelo olho humano, e a foto B mostra as mesmas amostras como são vistas pelo achigã, uma espécie de peixe com aproximadamente 10% da acuidade visual do ser humano.

Com a sua comparativamente indistinta visão, a maior parte dos peixes é incapaz de distinguir detalhes finos.

