

# Observações adicionais sobre os pigmentos visuais e filtros amarelos nos olhos de peixes amazônicos.

W. R. A. Muntz (1)

## Resumo

Em um trabalho anterior (Muntz, 1973), foram apresentados dados sobre os pigmentos visuais de alguns peixes amazônicos, estudados através da medição da absorvância espectral de pequenas áreas de retinas intactas. Em alguns casos, as córneas e lentes foram encontradas, contendo pigmentos filtradores amarelos, para os quais dados de absorvância espectral também foram apresentados. O presente artigo representa uma extensão daquele trabalho, efetuado durante a Fase 5 do cruzeiro **Alpha-Helix** ao sistema do rio Amazonas em 1977. Os peixes para estudo foram coletados, durante janeiro e fevereiro, de nove locais próximos a Manaus, com ambientes luminosos muito diferentes, e as absorvâncias espectrais de suas retinas, lentes e córneas medidas. Com a exceção de uma espécie de gymnotídeo e uma espécie de tetraodontiforme, todos os espécimes foram ciclídeos ou characíneos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### LOCAIS DE COLETAS

Coletas foram feitas em janeiro de 1977 usando-se isca, rede, ou malhadeira, em nove locais. Dados minuciosos sobre a qualidade espectral e a quantidade total de luz nos locais A, B, G, I e J podem ser encontrados em Muntz (1978). As descrições gerais das características dos rios nesta área podem ser encontradas em Myers (1947) e Sioli (1967).

*Local A* — Lago Castanho, lago lateral ao rio Solimões. A água é semelhante à do próprio Solimões, sendo que contém menos material em suspensão e é muito mais limpa.

*Local B* — Foi o canal que liga o lago Castanho ao Solimões. A água era altamente turba com material em suspensão, e essencialmente a mesma água do próprio Solimões.

*Local G* — Foi uma pequena ilha no Solimões, com praias onde se poderia lançar com redes.

*Locais E, F e H* — eram pequenos lagos rasos, isolados do sistema do rio principal durante a estação seca. Pela marca da água nas árvores, é evidente que, quando o nível da água estava alto, todos os três lagos ficavam submersos e em contato direto com o Solimões e uns com os outros.

*Local I* — era no rio Cuieiras, um tributário do rio Negro, próximo de sua junção com o rio principal.

*Local J* — foi no próprio rio Negro.

*Local K* — Foi um pequeno igarapé de água clara que entrava no rio Cuieiras.

## MEDIDAS DE ABSORVÂNCIA ESPECTRAL

As absorvâncias espectrais de pequenas áreas de retinas intactas, córneas e lentes foram medidas, usando-se o espectrofotômetro para propósitos especiais descrito em Muntz (1973, 1976). Em todos os casos, os peixes eram inicialmente adaptados ao escuro durante, pelo menos, uma hora. As manipulações subseqüentes foram efetuadas usando-se uma luz de segurança fotográfica vermelha, para evitar o descoloramento dos pigmentos visuais. Morto o peixe, os seus olhos foram removidos e hemi-sectados, as lentes dissecadas livres e a iris removida da córnea. As retinas eram então libertadas do epitélio do pigmento, e as amostras montadas em lâminas de microscópio em pequenos reservatórios cheios de glicerol (que reduz a dispersão da luz) e cobertas com tampas deslizantes. O espectrofotômetro incorporava uma plataforma de microscópio mecânica que permitia que as amostras fossem movidas de maneira que o ponto de medição retangular de 0,1 x 0,8 mm do instrumento caísse sobre a área a ser medida.

(1) — Department of Biology, Stirling University, Scotland.

A absorvância retinal de uma retina intacta que é separada do epitélio do pigmento é quase inteiramente devida aos pigmentos visuais nos bastonetes (Denton, 1959). Em todos os peixes estudados, a absorvância máxima da retina foi em comprimentos de onda menores que 535 nm. Os pigmentos visuais responsáveis irão, por isso, também absorver maximamente, nesta região espectral, e absorverão muito pouca luz, em comprimentos de onda longos. A absorvância em comprimentos de onda longos, que foi sempre baixa, deve ser devida a substâncias outras que não os pigmentos visuais, ou ao descoloramento. Seguindo o procedimento de Denton *et. al.* (1971), admitiu-se que os pigmentos visuais propriamente ditos absorvem superficialmente em comprimentos de onda maiores que 640 nm, e a

absorvância neste comprimento de onda foi adequadamente subtraído daqueles em outros comprimentos de onda de modo a obter-se uma estimativa da densidade do pigmento visual sozinho. Este procedimento supõe que a absorvância da retina sem pigmento visual é espectralmente neutra, o que é pelo menos aproximadamente verdade (Denton, 1959).

#### RESULTADOS

Os resultados estão resumidos na Tabela I e Figura 2, e um exemplo do tipo de dados que são obtidos, usando-se a presente técnica é dado na Figura 1. Na Tabela, os pigmentos visuais são caracterizados pelos seus  $\lambda_{50}$ , que é o ponto no lado do comprimento de onda longa da curva de absorção retinal em que a

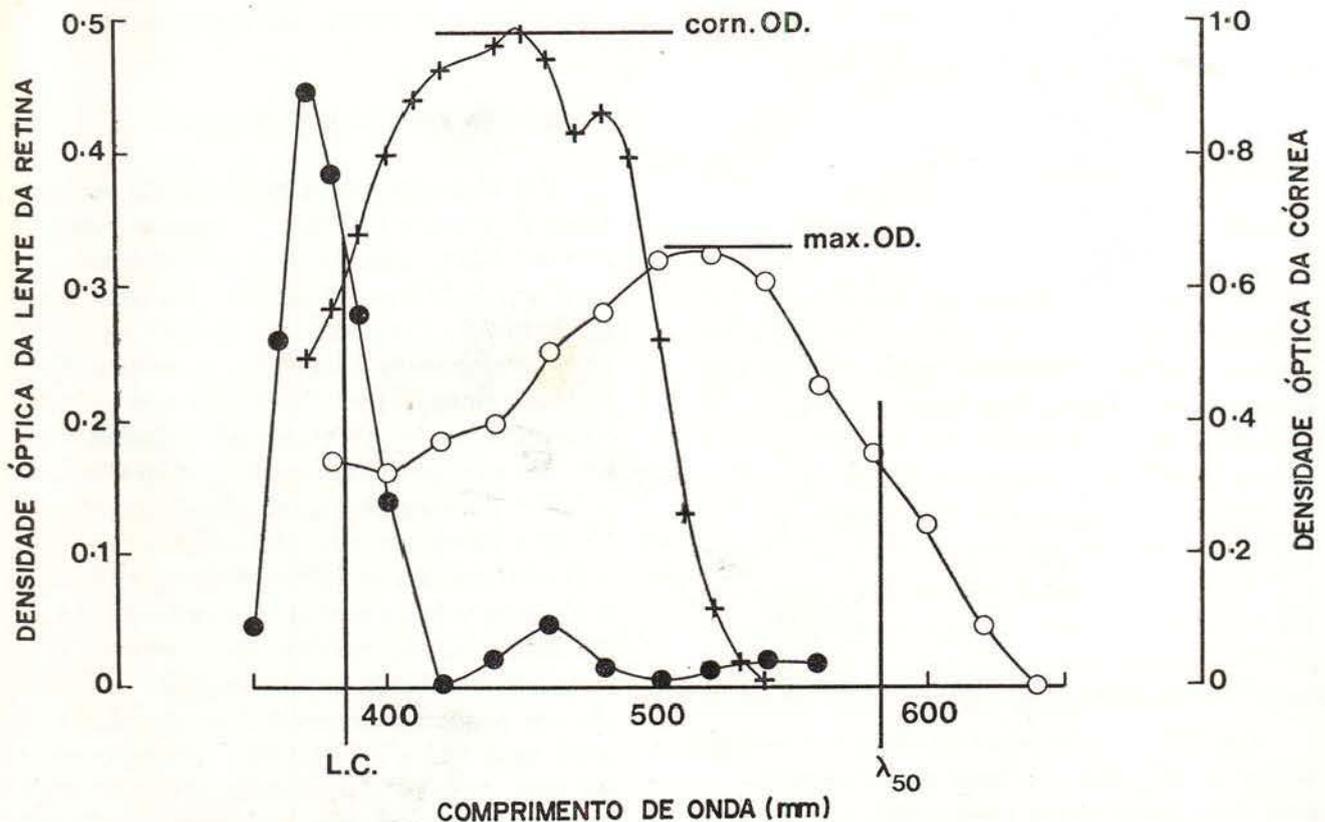


Fig. 1 — Características espectrais das lentes, córnea e retina de *Colomesus asellus*. Círculos cheios, lente; círculos vazios, retina; cruces, córnea. As medições dadas na Tabela I são indicadas como se segue: L.C., ponto de interrupção de 0,3 unidades de log da lente;  $\lambda_{50}$ , comprimento de onda no qual a absorção retinal cai para 50% de seu valor máximo; max. O.D., densidade óptica máxima da retina; corn. O.D., densidade óptica da córnea. As medições das lentes e retina foram feitas em um exemplar adaptado ao escuro, as medições corneais em exemplares adaptados à luz.

densidade ótica declinou para 50% de seu valor máximo, uma vez que isto é mais fácil de estimar com precisão do que o comprimento de onda de absorção máxima ( $\lambda_{max}$ ). A densidade ótica da retina em seu max é também fornecida. Como em Muntz (1972), a cor das lentes é dada como a unidade de log 0,3 do ponto de interrupção, que é o comprimento de onda, no qual as absorções das lentes se elevam a 0,3 unidade log acima de sua absorção em 550 nm. As densidades corneais são dadas como a diferença entre as densidades a 450 nm e 550 nm. Todas estas medições estão indicadas na Figura 1.

#### LENTE E CÓRNEAS AMARELAS

Córneas amarelas foram comuns nos ciclídeos (ver Tabela 1). O pigmento amarelo era freqüentemente restrito à parte dorsal da córnea e mesmo quando não restrito a ela, era sempre mais denso nesta área. Córneas pigmentadas em todos os casos absorveram maximamente em torno de 450 nm e tornava-se transparente novamente em comprimentos de onda mais curtos, e medições minuciosas mostraram claramente que alguma forma da carotenóide estava envolvida (Figura 2). Onde mais de um exemplar de uma dada espécie foi estudado, houve sempre alguma variabilidade na espessura da pigmentação encontrada. Estes resultados confirmam e ampliam os registrados em Muntz (1973).

No registro anterior, córneas amarelas não foram encontradas em characíneos. No presente estudo, no entanto, pigmento amarelo foi observado nas córneas de duas espécies de characíneos, *Chalceus macrolepidotus* e uma espécie de *Mylossoma* (a última não está incluída nem na Tabela I nem na Figura 2, porque foi impossível dissecar a retina inteira). Em ambos os casos, o pigmento era restrito a uma mancha em forma decrescente na córnea dorsal. As características espectrais do pigmento de *Mylossoma* são apresentadas na Figura 3. Parece provável que a faixa de absorção em torno de 450 nm é devida a um carotenóide semelhante ao encontrado nos ciclídeos, e que outros pigmentos são responsá-

veis pela absorção em comprimentos de ondas mais curtos. Embora córneas amarelas fossem encontradas nestes dois characíneos, outras observações feitas durante o presente estudo confirmam que elas são incomuns. Somente sete characíneos contribuem para a Tabela I e Figura 2, porque, na maioria dos casos, foi muito difícil dissecar as retinas inteiras, mas em um grande número de outras espécies as córneas e lentes eram olhadas e encontradas sem cor.

Uma córnea amarela foi também encontrada em espécimes adaptados à luz do baiacu, *Colomesus asellus* (Fig. 1). Em espécimes adaptados ao escuro, contudo, a córnea era sem cor, sendo espectralmente neutra e com uma densidade ótica máxima de 0,05. Sob microscópio, pode ser visto que as margens dorsal e ventral da córnea eram contornadas por cromatóforos com processos estendendo-se sobre a córnea, e que o pigmento amarelo migrava para baixo destes processos, na luz. A presença de tais córneas amarelas "oclusivas" foi registrada anteriormente por Orlov & Gamburtzeva (1976) para Hexagrammídeos, e por Appleby & Muntz (1979) para três espécies de baiacus de águas salobras do Sudeste da Ásia.

Lentes amarelas ocorreram em muitos ciclídeos, e em um characíneo (*Chalceus macrolepidotus*). Na Tabela I, elas são caracterizadas pela unidade 0,3 log do ponto de interrupção, como em Muntz (1972, 1973). Contudo, em alguns casos, a quantidade de pigmentos nas lentes até 380 nm. Alguns exemplos são apresentados nas Figuras 1 e 4, e os resultados para estas espécies estão resumidos na Tabela II, que também apresenta a aparência visual das lentes. Em todos os casos, as curvas de absorvância foram estreitas, com máximos bem definidos em, ou ao redor de 400 nm. Parece provável que, em espécies com lentes fortemente amarelas, pigmentos semelhantes estão envolvidos em concentrações mais elevadas. A absorvância espectral de um pequeno fragmento de uma lente de *Cichlosoma festivum* foi por isso medida. Os resultados, que estão apresentados na Figura 4, estão de acordo com esta suposição. Os diferentes pontos de interrupção das lentes das várias espécies,

TABELA I — Resumo dos resultados

Espécie	Local de coleta	Retina		Interrupção da lente (nm)	Pigmento corneal densidade
		$\lambda$ 50 (nm)	max. O.D.		
Cichlídeos da Região do Solimões					
<i>Cichlasoma temporale</i>	A	548	0,36	438	0,25 no centro, mais escuro dorsalmente
<i>Cichlasoma</i> sp.	A	558	0,55	472	0,05 no centro, 0,36 no bordo dorsal
<i>Cichlasoma</i> sp.	A	568	0,56	422	0 no centro, 0,47 no bordo dorsal
<i>Cichlasoma severum</i>	A	548	0,38	438	0,5 no centro, 0,90 no bordo dorsal
<i>Crenicichla lugubris</i>	A	veja	texto	—	0,18 no centro, pequena mancha escura acima
Uaru amphiacanthoides	A	558	0,64	426	—
Uaru amphiacanthoides	A	554	0,87	426	—
<i>Acarichthys heckelli</i>	A	576	0,30	—	—
<i>Geophagus acuticeps</i>	A	562	0,58	—	—
<i>Geophagus acuticeps</i>	A	555	0,85	400'	—
<i>Apistogramma</i> sp.	A	554	0,20	—	—
<i>Chaetobranchopsis opercularis</i>	F	578	0,34	442	—
<i>Chaetobranchopsis opercularis</i>	F	584	0,52	448	0,15 no centro, cor uniforme
<i>Cichlasoma severum</i>	F	562	0,46	426	0,15 no centro, margem dorsal não medida
<i>Pterophylum scalare</i>	F	580	0,47	424	—
<i>Cichlasoma festivum</i>	E	566	0,37	440	0,15 no centro, 0,7 no bordo dorsal

TABELA I — (Continuação)

Espécie	Local de coleta	Retina		Interrupção da lente (nm)	Pigmento corneal densidade
		$\lambda$ 50 (nm)	max. O.D.		
<i>Cichla ocellaris</i>	H	582	0,46	—	quarto dorsal da córnea amarelo mas não medido
<i>Geophagus surinamensis</i>	H	580	0,20	—	—
Characíneos da Região do Solimões					
<i>Chalceus macrolepidotus</i>	A	578	0,39	430	0,2 no centro, acima de 0,5 no bordo dorsal
<i>Roeboides</i> sp.	A	578	0,40	—	—
<i>Chalceus macrolepidotus</i>	H	584	0,57	434	0,22 no centro, acima de 0,6 no bordo dorsal
<i>Roeboides</i> sp.	B	572	0,36	—	—
Outros peixes da Região do Solimões					
<i>Semelcarinata isognatha</i>	G	586	0,38	—	—
<i>Curimatus</i> sp.	G	588	0,42	—	—
<i>Curimatus</i> cf. <i>hypostomus</i>	G	590	0,23	—	—
<i>Eigenmannia</i> sp.	G	588	0,46	—	—
<i>Colomesus asellus</i>	A	576	0,15	405	Oclusível, atingindo 0,78 quando coberta
Ciclídeos da Região do rio Negro					
<i>Geophagus</i> sp	J	586	0,35	—	—
<i>Geophagus</i> sp	J	580	0,33	—	—
<i>Geophagus daemon</i>	J	552	0,66	—	—
<i>Cichlasoma festivum</i>	J	556	0,27	430	0,13 no centro, 0,34 no bordo dorsal

Observações...

TABELA I — (Continuação)

Espécie	Local de coleta	Retina		Interrupção da lente (nm)	Pigmento corneal densidade
		$\lambda$ 50 (nm)	max. O.D.		
<i>Cichla temensis</i>	J	570	0,22	405	0,11 no centro, 0,56 no bordo dorsal
<i>Acaronia nassa</i>	I	552	0,90	—	—
<i>Acaronia nassa</i>	I	556	0,30	—	—
<i>Acarichthys heckelli</i>	I	558	0,47	—	—
<i>Cichlasoma severum</i>	K	552	0,24	—	Faixa amarela no bordo dorsal, não medida
<i>Cichlasoma severum</i>	K	550	0,78	436	0,05 no centro, 0,65 no bordo dorsal
<i>Aequidens duopunctatum</i>	K	548	0,61	432	0 no centro, 1,0 no bordo dorsal
<i>Aequidens duopunctatum</i>	K	550	0,67	436	0,08 no centro, 0,8 no bordo dorsal
Outros peixes da Região do rio Negro					
<i>Colomesus asellus</i>	J	583	0,33	385	Oclusível, atingindo 0,98 quando coberta

(1) — Com esta interrupção, a lente não tinha cor visível.

por isso, provavelmente refletem diferentes concentrações de pigmentos que são semelhantes, em todas as espécies. Pigmentos muito semelhantes foram também encontrados nas lentes do teleósteo mesopelágico *Scopelarchus analis*, da lula mesopelágica *Histioteuthis meleagroteuthis* (ver Muntz, 1976), esquilos (Cooper & Robson, 1969a) e primatas (Cooper & Robson, 1969b).

Em uma espécie de ciclídeo, *Crenicichla lugubris*, a própria retina era de cor amarela forte, absorvendo maximamente ao redor de 470 nm e com uma densidade ótica de 0,48 neste comprimento de onda. Isto concorda com os achados em outra espécie de *Crenicichla*, *C. lenticulata*, registrado em Muntz (1973).

#### PIGMENTOS VISUAIS

Os ciclídeos amazônicos usualmente possuem dois pigmentos visuais extraíveis na retina, um baseado na vitamina A, e absorvendo maximamente em 500 nm, e o outro baseado na Vitamina A<sub>2</sub> e absorvendo maximamente em 522 nm (Schwanzara, 1967). A absorvância espectral da retina intacta de um ciclídeo depende da proporção relativa dos dois pigmentos contidos nela. Se somente o primeiro pigmento está presente, o  $\lambda_{max}$  será em 500 nm e o  $\lambda_{50}$  ao redor de 550 nm; se somente o último, o  $\lambda_{max}$  será em 522 nm e o  $\lambda_{50}$  ao redor de 585 nm; as proporções intermediárias dos dois pigmentos darão valores intermediários.

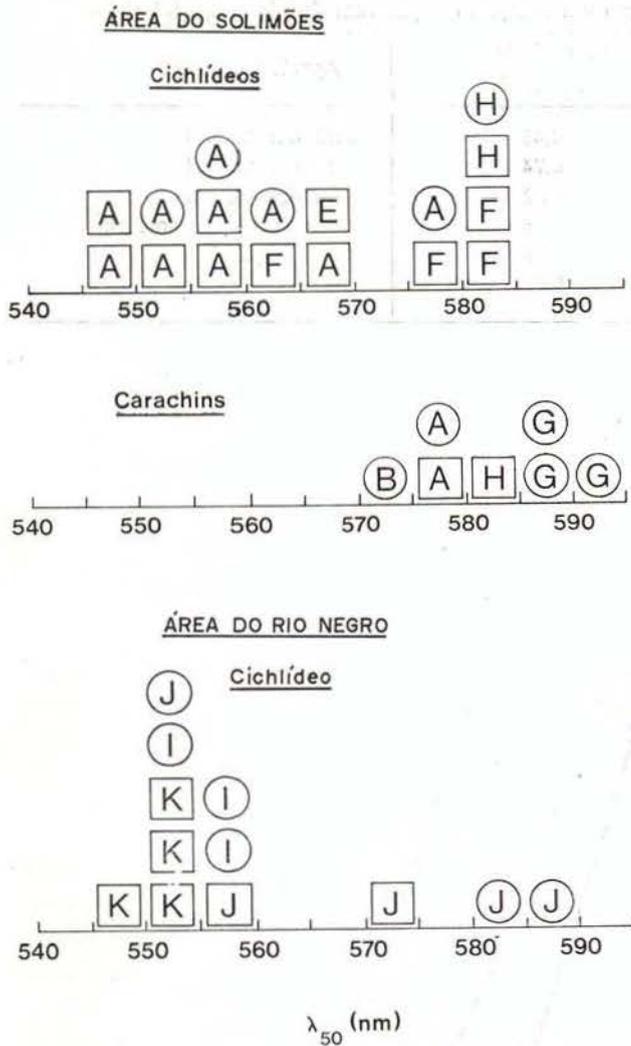


Fig. 2 — Resumo dos resultados sobre retinas. O eixo horizontal mostra o comprimento de onda do  $\lambda_{50}$ , e cada símbolo representa um exemplar diferente. Os símbolos quadrados mostram exemplares com córneas ou lentes amarelas, os símbolos circulares peixes sem cor visível nestas estruturas. As letras dentro dos símbolos referem-se aos locais de coleta.

rios para o  $\lambda_{max}$  e  $\lambda_{50}$ . Da Tabela I e Figura 2, pode ser visto que as espécies de cichlídeos, para ambas as áreas, do Solimões e rio Negro, cobrem a amplitude total possível de valores de  $\lambda_{50}$ , sugerindo que os dois pigmentos podem ocorrer em qualquer proporção relativa.

Characíneos da região Amazônica também geralmente possuem dois pigmentos visuais, um pigmento baseado em  $A_1$  com  $\lambda_{max}$  em 503 nm é seu  $\lambda_{50}$  por volta de 555 nm, e um

pigmento baseado em  $A_2$  com seu  $\lambda_{max}$  em 527 nm e seu  $\lambda_{50}$ , ao redor de 590 nm (Schwanzara, 1967). Ao contrário dos cichlídeos, os resultados dos characíneos indicam que todos eles possuem proporções comparativamente altas de pigmentos baseados em  $A_2$  na retina, uma vez que o menor  $\lambda_{50}$  registrado foi de 572 nm.

Estes resultados estão também em concordância com os de Muntz (1973). Naquele estudo, os valores de  $\lambda_{50}$  das retinas de 11 cichlídeos variaram de 550 nm até 585 nm, novamente representando todas as proporções possíveis dos dois pigmentos, enquanto que os valores de  $\lambda_{50}$  de 7 characíneos variaram de 565 nm até 590 nm, mostrando que houve uma predominância de pigmentos baseados em  $A_2$  em todos os casos. A Figura 5 mostra os resultados combinados para cichlídeos e characíneos dos estudos atual e anterior. No conjunto, 43 cichlídeos e 14 characíneos contribuíram para esta figura, e um teste U de Mann-Whitney (Siegel, 1956) sobre os valores originais de  $\lambda_{50}$  mostra que a diferença entre os dois grupos é altamente significativa (P, two tailed = 0,00028).

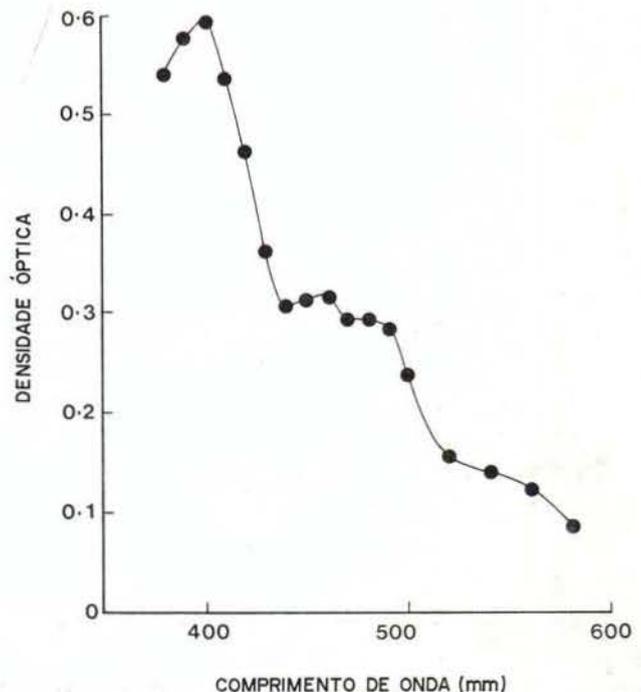


Fig. 3 — Absorvância espectral da área pigmentada de uma córnea de *Mylossoma* sp.

TABELA II — Características das lentes, em casos em que um completo espectrum de absorção foi obtido

Espécies	interrupção a 0,3 (nm)	max. O.D. lentes inteiras	Aparência
<i>Colomesus ascellus</i>	385	0,45	sem cor visível
<i>Geophagus anticeps</i>	400	0,74	sem cor visível
<i>Cichla temensis</i>	405	0,92	sem cor visível
<i>Uaru amphiacanthoides</i>	420	0,81	leve coloração amarela
<i>Uaru amphiacanthoides</i>	426	0,94	amarela pálido
<i>Chalceus macrolepidotus</i>	434	1,05	amarela

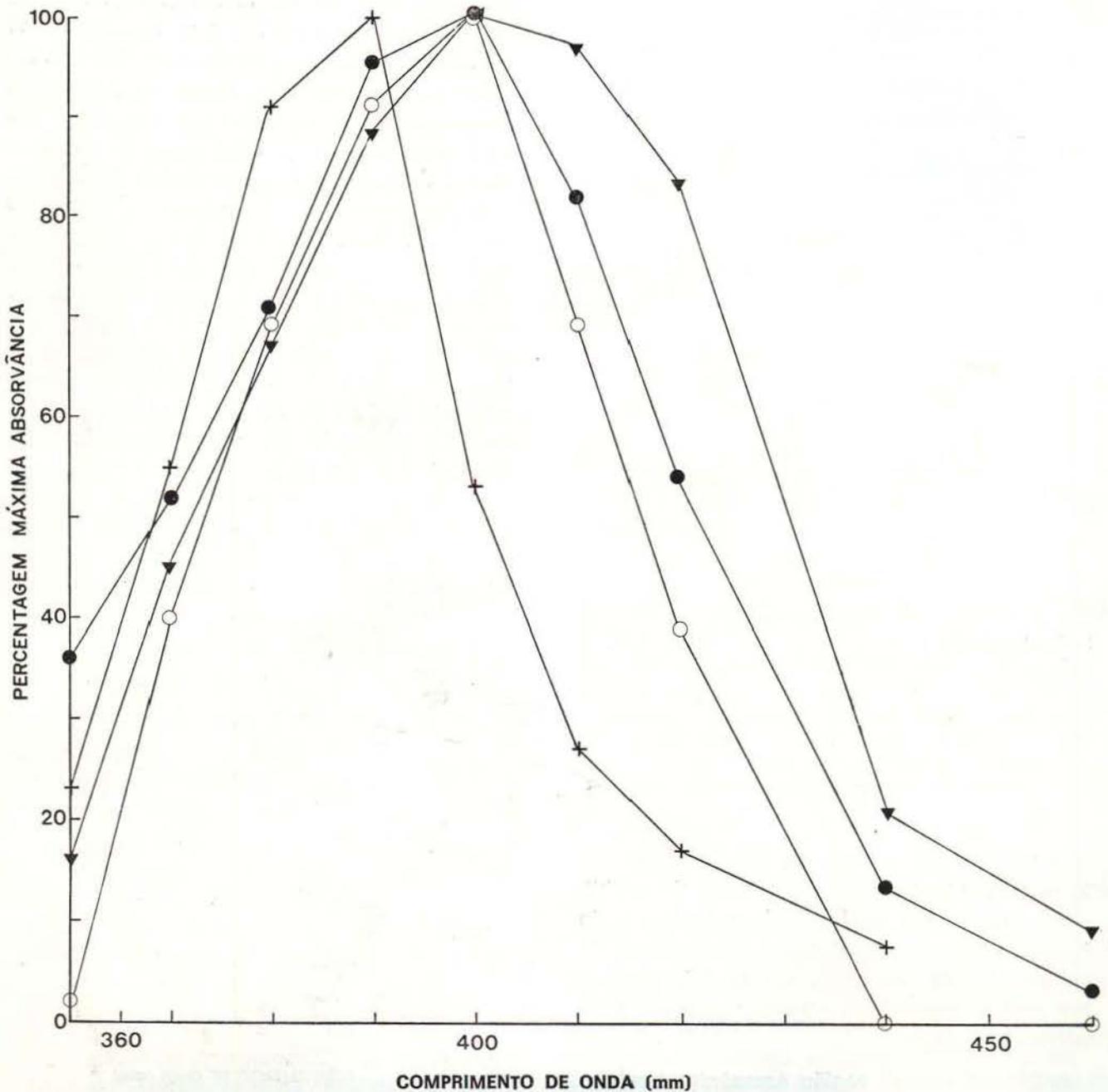


Fig. 4 — Absorvâncias de comprimentos de ondas curtas de lentes selecionadas, Triângulos cheios, *Chalceus macrolepidotus*; círculos cheios, *Uaru amphiacanthoides*; círculos vazios, fragmento de lente de *Cichlasoma festivum*; cruzes, *Geophagus anticeps*.

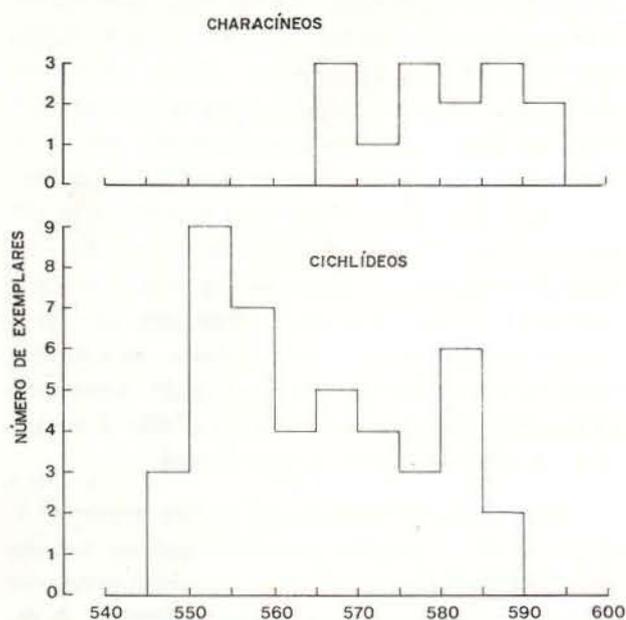


Fig. 5 — Resumo dos resultados sobre as retinas de todos os cichlídeos e characíneos do atual estudo e de Muntz (1973).

Embora a posição dos  $\lambda_{50}$  fosse muito variável, o exame da Figura 2 mostra que houve uma tendência para os peixes habitando águas mais claras terem curvas de absorção retinal localizadas em comprimentos de onda mais curtos. Por exemplo, na região do Solimões, o  $\lambda_{50}$  dos cichlídeos do local A (lago Castanho) estava geralmente situado em comprimentos de onda mais curtos que os dos cichlídeos dos locais E, F e H (pequenos lagos rasos), e um teste U de Mann-Whitney mostra que esta diferença é significativa ( $P < 0,001$ ). Enquanto os locais E, F e H eram muito rasos para permitir que medições de luz fossem feitas, a água era certamente menos clara que no local A. Na região do rio Negro, os cichlídeos do local K (um pequeno igarapé de água clara) tinham retinas que, no total, absorviam luz em comprimentos de onda mais curtos que aqueles cichlídeos do rio Cuieiras e do próprio rio Negro. Aqui, novamente, enquanto não foi possível fazer medições de luz no local K, a água era certamente menos preta que nos locais I e J. Neste caso, o número de espécimes obtidos foi muito pequeno para permitir que qualquer comparação estatística fosse feita, como foi também o caso para os characíneos.

Observações...

A Figura 2, também, mostra que não houve diferenças evidentes nos pigmentos visuais de espécies, possuindo ou não possuindo lentes e córneas amarelas.

## DISCUSSÃO

Uma conseqüência inevitável, ao possuir filtros amarelos, é uma perda de sensibilidade, uma vez que tais filtros absorverão muitas quanta de luz que caso contrário teriam atingido a retina. Filtros amarelos são especialmente comuns entre os cichlídeos. Estes peixes não possuem tapeta, seus olhos contêm muitos cones bem desenvolvidos em padrões regulares de mosaico, e testes de comportamento tem mostrado que sua acuridade visual é boa (Weler, 1966). Eles são usualmente de hábitos diurnos (Lowe-McConnel, 1969). Parece assim que os olhos dos cichlídeos são adaptados para visão minuciosa sob níveis de iluminação alta, mas podem ter relativamente baixa sensibilidade e não ser tão adaptados para condições onde os níveis de luz são baixos. É possível que os cichlídeos evitem as conseqüências de possuírem uma sensibilidade visual relativamente baixa de duas maneiras. Primeira-mente, eles foram encontrados em todos os locais de amostragem exceto no Solimões e no canal de conexão entre o Solimões e o lago Castanho. Durante o período do estudo, estas duas áreas eram caracterizadas por possuírem uma grande quantidade de material em suspensão na água, com conseqüentemente uma extinção da luz muito rápida com o aumento da profundidade: nesta circunstância, eles representaram ambientes onde a visão seria muito mais difícil que em qualquer outros dos locais estudados (Muntz, 1978). Characíneos, gymnotídeos, e bagres foram, contudo, comuns tanto no Solimões quanto no canal. O primeiro grupo caracteristicamente possui tapeta, que aumentará sua sensibilidade, enquanto que os últimos dois grupos possuem olhos pequenos e confiam grandemente nos outros sistemas sensoriais, tais como as linhas laterais e eletrorrecepção. Filtros amarelos ocorrem só rara-

mente nestes grupos, e os poucos characíneos que tinham filtros amarelos foram encontrados em lagos, não no canal ou no Solimões. De fato, o único peixe que possui filtros amarelos que foi encontrado no Solimões e no canal foi o baiacu de água doce, e, neste caso, a córnea amarela tornava-se sem cor sob condições de pouca luz.

A segunda maneira, pela qual os ciclídeos podem evitar as conseqüências de sensibilidade relativamente baixa é ficando inativo à noite, imóvel, e geralmente encostado contra o fundo ou algum outro objeto submerso (Lowe-McConnell, 1969). Eles conseqüentemente não têm que competir sob condições para as quais eles não estão bem adaptados. Como foi salientado por Muntz (1973), outros grupos nos quais os filtros amarelos são especialmente comuns, tais como os (Labrídeos) (Wrasses) e os peixes papagaios, também mostram métodos especializados de passar a noite em um estado inativo.

Os resultados sobre as retinas mostram que há uma tendência, mesmo não sendo muito bem definida, para que os peixes que habitam águas relativamente claras possuam curvas de absorção retinal localizadas em comprimentos de onda relativamente curtos. Bridges (1965) registrou uma diferença semelhante nos pigmentos visuais de duas populações de *Notemegonius* habitando ambientes claros e turbidos. Uma vez que a quantidade de luz de comprimento de onda curto é maior nas águas claras que em águas turbidas ou escuras, esta tendência está na direção correta para aumentar a sensibilidade. Contudo como Dartnall (1974) e outros enfatizaram que o ganho em sensibilidade resultante de tal mudança de pigmento visual será muito pequeno. Pode ser que as absorções retiniais medidas, neste estudo, sejam somente indiretamente relevantes para o problema, uma vez que somente fornece informações sobre o pigmento visual dos bastões. Tem sido mostrado que quando a proporção de pigmentos baseados em  $A_1$  e  $A_2$  muda nos bastões também muda nos cones (Loew & Dartnall, 1976); e desde que a resultante mudança em sensibilidade é muito maior nos cones que nos bastões, par-

ticulamente naqueles cones que são sensíveis em comprimentos de onda longos (Liebman, 1972; Loew & Dartnall, 1976), pode ser aqui que a significância adaptativa das proporções variáveis de pigmento baseado em  $A_1$  e  $A_2$  permaneça. Se for este o caso, a descoberta de que não existe diferença consistente entre as curvas de absorvância espectral das retinas de peixes que possuem e não possuem lentes e córneas amarelas, torna-se um problema menor desde que embora tais filtros marcadamente atinjam a qualidade espectral da luz que atinge a retina, este efeito é restrito a comprimentos de ondas curtas.

Em combinação com os dados anteriores, os resultados também mostram que as retinas de characíneos absorvem em comprimentos de onda mais longos que os dos ciclídeos. A razão disto é desconhecida, embora possa estar relacionada, em parte, ao fato de que o raio de ação dos characíneos inclui águas mais turbidas.

#### SUMMARY

In a previous paper (Muntz 1973) data were presented on the visual pigments of a number of Amazonian fishes, studied by measuring the spectral absorbance of small areas of intact retinas. In some cases the corneas and lenses were found to contain yellow filtering pigments, for which spectral absorbance data were also presented. The present paper represents an extension of that work, undertaken during Phase 5 of **Alpha-Helix** cruise to the Amazon River system in 1977. Fishes for study were collected during January and February from nine sites near Manaus, with very different light environments, and the spectral absorbances of their retinas, lenses, and corneas measured. With the exception of one gymnotid and one tetraodontiform species, all the specimens were cichlids or carachins.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPLEBY, S.J. & MUNTZ, W.R.A.  
1979 — Occlusable yellow corneas in Tetraodontidae. *J. Exp. Bio.* 83: 249-259.
- BRIDGES, C.D.B.  
1965 — Variability and relationships of fish visual pigments. *Vision Res.* 5: 239-251.
- COOPER, G.F. & ROBSON, J.G.  
1969a — The yellow colour of the lens of the grey squirrel (*Sciurus carolinensis leucotis*). *J. Physiol.* 203. 403-410.

- 1969b— The yellow colour of the lens of man and other primates. *J. Physiol.* 203: 411-417.
- DARTNALL, H.J.A.  
1974 — Visual pigments and photic environments. In: *Vision in Fishes*, ed M.A. Ali, NATO Advanced Studies Institutes Series, Plenum Press.
- DENTON, B.J.  
1959 — The contributions of the oriented photosensitive and other molecules to the absorption of whole retina. *Proc. Roy. Soc. B.* 150: 78-94.
- DENTON, B.J.; MINTZ, W.R.A.; NORTHMORE, D.P.M.  
1971 — The distribution of visual pigment within the retina in two teleosts. *J. mar. biol. Assn. U.K.* 51: 905-915.
- LEIBMAN, P.A.  
1972 — Microspectrophotometry of photoreceptors. In: *Handbook of Sensory Physiology*, vol. VII/1, Photochemistry of Vision, (ed H.J.A. Dartnall), Springer-Verlag, Berlin.
- LOEW, E.R. & DARTNALL, H.J.A.  
1976 — Vitamin A<sub>1</sub>/A<sub>2</sub>-based visual pigment mixtures in cones of the rudd. *Vision Res.* 16: 891-896.
- LOWE-McCONNEL, R.H.  
1969 — The cichlid fishes of Guyana, S. America, with notes on their ecology and breeding behaviour. *J. Zool. Linn. Soc.* 48: 255-302.
- MUNTZ, W.R.A.  
1972 — Inert reflecting and absorbing pigments. In: *Handbook of Sensory Physiology*, Vol. VII/1, *Photochemistry of Vision* (ed. H.J.A. Dartnall). Springer-Verlag, Berlin.
- 1973 — Yellow filters and the absorption of light by the visual pigments of some Amazonian fishes. *Vision Res.* 13: 2235-2254.
- 1976a— On yellow lenses in mesopelagic animals. *J. mar. biol. Assn. U.K.* 56: 963-976.
- 1976b— Visual pigments of cichlid fishes from Malawi. *Vision Res.* 16: 897-903.
- 1978 — The penetration of light into Amazonian waters. *Acta Amazonica*, 8: 613-619.
- MYERS, G.S.  
1947 — The Amazon and its fishes. Part I. The river. *Aquar. J.* 18: 4-9.
- ORLOV, O.Y. & GAMBURTZEVA, A.G.  
1976 — Changeable colouration of cornea in the fish *Hexagrammos octogrammus*. *Nature* 263: 405-407.
- SCHWANZARA, S.A.  
1967 — The visual pigments of freshwater fishes. *Vision Res.* 7: 121-148.
- SIEGEL, S.  
1956 — *Nonparametric Statistics*. McGraw-Hill.
- SIOLI, H.  
1967 — Studies in Amazonian waters. *Atlas do Simposio sobre a Biota Amazonica*, 3: 9-50.
- WEILER, I.V.  
1966 — Restoration of visual acuity after optic nerve section in *Astronotus ocellatus*. *Exp. Neurol.* 15: 377-386.

(Aceito para publicação em 24/10/80)