



.....  
**Carlos A. Argüello**  
Faculdade de Ciências Exatas,  
Universidade do Estado de Mato  
Grosso, Brasil  
.....

**A**meados de abril de 2002, nas atividades da segunda etapa intermediária de ciências de nosso curso de Educação Indígena de terceiro grau (primeiro curso para formar especificamente professores indígenas de nível universitário no Brasil), percorremos o rio Xingu, desde o posto indígena Coluene até a aldeia Yudjá Tubatuba.

O Rio Xingu atravessa a Terra Indígena do Parque do Xingu, na Amazônia legal, estado do Mato Grosso e possui uma riqueza étnica incomparável, formada de 14 povos diferentes.

Na etapa entre Pavurú e Diauarum nos surpreendeu um fato que chamou a atenção de todos os que viajavam no barco de alumínio, impulsionado velozmente pelo motor de popa, e que mereceu nossa reflexão.

No fim da tarde, com o sol já baixo, à nossa esquerda, com a superfície da água assemelhando-se a um perfeito espelho, vimos projetada sobre o topo da vegetação próxima da margem direita uma imagem escura que nos acompanhava, com a mesma velocidade de nossa lancha, “navegando” sobre as árvores.

Próxima do rio, a mata ciliar era densa e coberta de trepadeiras e cipós emaranhados. Não foi difícil reconhecer nesta imagem escura a sombra de nossa embarcação. Movemos os braços saudando a imagem e esta respondia simultaneamente. O problema é que intuitivamente esse não era o lugar da sombra.

A observação detalhada da “sombra” nos mostrou outra embarcação similar, invertida, viajando no mesmo sentido, com a tripulação cabeça para

baixo: ambas imagens “coladas” pelo fundo da embarcação, e respondendo também simultaneamente a nossos sinais. Ainda mais surpresas nos estavam reservadas.

Olhando a superfície da água entre a lancha e a margem do rio, descobrimos outro par de imagens similares, que igualmente nos acompanhava (veja esboço na Figura 1).

Nos distanciamos da margem, e as imagens sumiram; nos aproximamos, e elas reapareceram. Quanto mais veloz a lancha, mais nítidas as imagens das quatro embarcações.

Ali estavam as “embarcações companheiras” do rio Xingu, que só nos abandonariam no momento em que o sol se afundou no horizonte, pouco antes da chegada a nosso destino.

Quero utilizar este episódio para ilustrar, a partir de um fato real, cotidiano, o que é Ciência, o que é atitude científica, qual o processo de fazer Ciência e de como podemos praticar uma educação em Ciência contextualizada, mesmo nos lugares mais distantes e hostis.

### **O estado de alerta: a observação crítica da natureza**

Quando observamos o mundo que nos rodeia, há eventos que não podemos explicar imediatamente, ou porque não conhecemos esse mundo suficientemente bem ou porque estes eventos são realmente novos para nós. Em ambos os casos é fundamental perceber, detectar o fenômeno que cria a necessidade da explicação. Devemos estar atentos continuamente, sem descanso, para a obser-

---

Este artigo, abordando um fenômeno envolvendo óptica, comenta uma observação muito interessante levada a cabo pelo autor, em uma de suas viagens pelo Rio Xingu.

vação crítica do mundo que nos rodeia e, uma vez formulada a pergunta fundamental, devemos ser confiantes na possibilidade da explicação. Não há mistérios eternos, há somente coisas que não sabemos explicar ainda. Essa confiança na existência de uma explicação satisfatória, racional e coerente com o corpo atual de conhecimentos, e a atitude contínua e persistente da observação crítica do entorno são molas mestras que acionam a Ciência e que nos torna observadores científicos.

Na nossa longa viagem pelo rio Xingu aconteceram muitos fatos interessantes, melhor detectados por alguns, quase despercebidos por outros. Vimos atravessando as margens do grande rio um veado, uma raposa e uma jovem preguiça, além de inúmeros animais. Alguns destes fatos não geram perguntas; são corriqueiros. É comum um veado atravessar um rio a nado. Mas a preguiça, com sua extrema lentidão de movimentos, não é um bom nadador, então nos perguntamos: o quê ela faz quase afogada no meio de um rio de forte correnteza?

Explicações surgem, são hipóteses que seguem a pergunta formulada: a preguiça, sendo jovem e portanto pouco experiente, pode ter caído de uma árvore da margem. Ou talvez tenha sido perseguida por algum de seus predadores naturais e entrado no rio como último recurso para escapar. Neste caso a hipótese, por não contradizer nossa experiência, o nosso corpo de conhecimentos sobre a região, e ser coerente com estes, torna-se uma explicação possível e satisfatória. Resta-nos somente nos aproximarmos da margem e deixar a preguiça que resgatamos a salvo em uma árvore distante da água.

### A necessidade de uma explicação elaborada

Há também situações que fogem a possibilidade de explicação imediata, convertendo-se em um desafio. Reconhecer e aceitar esse desafio consiste na base da atitude científica em busca de uma explicação mais elaborada, e que muitas vezes contraria nossa intuição. Voltemos ao exemplo das quatro embarcações companheiras.

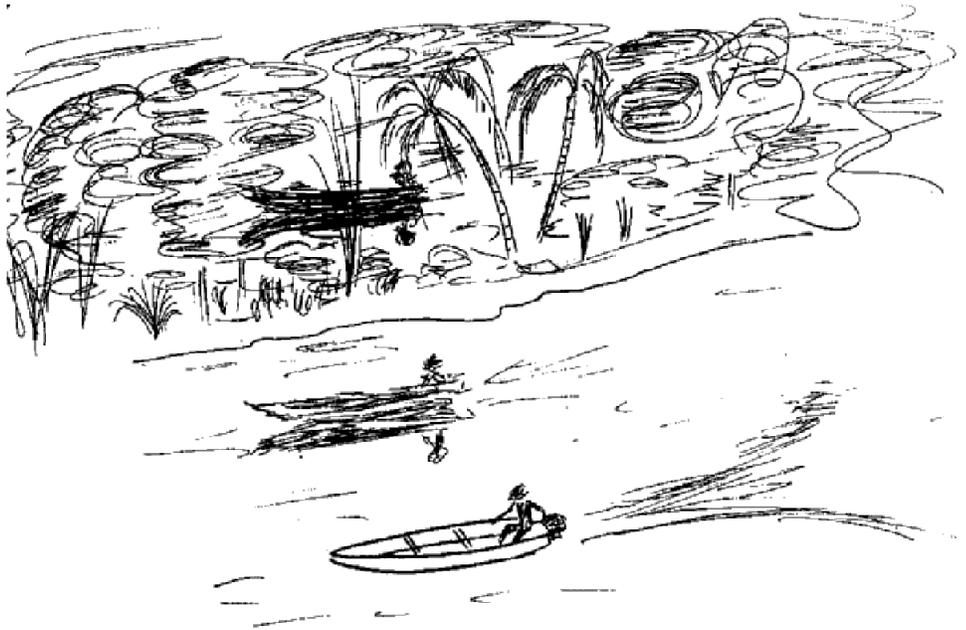


Figura 1. Esboço das embarcações companheiras.

Nossa intuição nos diz que as imagens devem ser provocadas pela reflexão da luz do sol na água calma do rio e a embarcação, ou a sombra desta, interrompendo esta luz, produz uma mancha escura com contornos definidos.

O quê a óptica básica nos diz? Que só poderemos ver este fenômeno quando o ângulo determinado pela altura  $h$  da matas ciliares e a distância  $d$  da embarcação até ela seja menor que o ângulo  $\hat{a}$  que descreve a altura do sol (Figura 2).

Utilizamos aqui a conhecida lei da reflexão, que assegura que o ângulo da incidência é igual ao ângulo da reflexão

Também sabemos que na incidência normal sobre água (na vertical) é refletida tão-somente 2% da luz incidente.

Na reflexão rasante, o valor do coeficiente de reflexão chega ao seu valor máximo, 100%, calculado utilizando-se a lei de Fresnel. Podemos assim obter o valor exato do coeficiente de reflexão, para o ângulo de incidência determinado que em nosso caso sempre será muito alto.

Na Figura 3 mostramos a iluminação direta  $D$  e a refletida,  $R$  que incidem sobre a mata ciliar.

Portanto, a mata ciliar no lugar da sombra da embarcação experimenta uma diminuição de intensidade de 50% na sua iluminação quando o sol está perto do horizonte.

### A forma das imagens companheiras

Sobre um espelho plano horizontal colocamos um objeto opaco, e iluminamos o objeto com um feixe paralelo de luz. Observando o feixe luminoso refletido em uma tela vertical, obteremos duas sombras do objeto, uma direita e outra invertida como mostra a Figura 4. A sombra direita  $A,B$  é formada pela luz refletida na água e depois bloqueada pelo objeto. A sombra invertida  $B,C$  é formada pela luz bloqueada e depois refletida na água. Como o raio  $B$  coincide em ambos casos, as duas sombras aparecem ligadas pela sombra da base do objeto.

Para completar nossa explicação, percebemos que as outras duas imagens não são nada mais que o reflexo

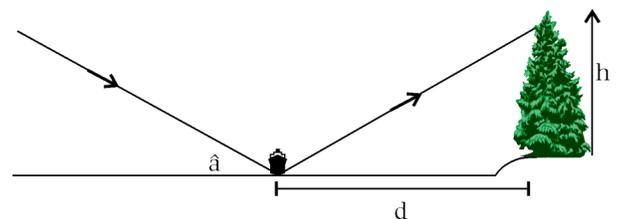


Figura 2.

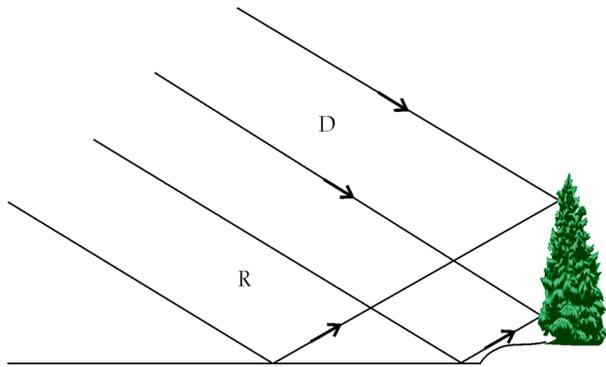


Figura 3

da mata ciliar, que contém a projeção das sombras, novamente a sua intensidade beneficiada pelo grande ângulo da reflexão.

### O laboratório

A explicação dada, que parece convincente, e está de acordo com as leis fundamentais da óptica geométrica e da Física, pode ser corroborada montando um modelo onde reproduzimos as características dos parâmetros relevantes do fenômeno observado (Figura 4).

### A persistência da imagem na retina

Quando diminuirmos a velocidade da embarcação, o fenômeno torna-se difícil ou impossível de observar. É também muito difícil observar esse fenômeno se nos deslocamos em uma canoa a remo. Em uma situação estática, com a embarcação parada, a imagem desta na mata não é perceptível devido à irregularidade da mata como “tela de projeção”, com partes em diferentes profundidades e poder de reflexão variável. Quando viajamos a boa velocidade, com nossos olhos focalizados nas sombras da embarcação, o olho não percebe as variações e irregularidades causadas pela posição

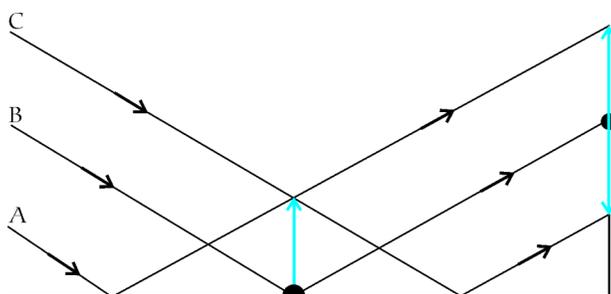


Figura 4

detalhada de partes da tela de projeção (mata ciliar), devido ao fenômeno de persistência da imagem detectada na retina. Por décimos de segundo nosso cérebro percebe uma “tela média de projeção” nesse intervalo de tempo. Quanto mais veloz a nossa viagem, mais elementos intervêm na média da observação e mais nítida esta se torna.

### Considerações finais

Com este roteiro resumido, pretendemos mostrar como podemos aproveitar fatos da vida cotidiana, contextualizando então nessa situação; enunciados, leis, métodos importantes da atividade científica, como exemplo e guia de futuras e diferentes atividades.

Se bem e certo que a explicação teórica é suficiente e elementar, a atividade de simulação experimental é fundamental quando se trata de explicar fenômenos deste tipo a nossos alunos índios, cuja cultura privilegia o desempenho manual e está longe das características necessárias para a abstração científica que se reflete em fórmulas, leis, princípios e enunciados de validade universal.

Alguns poucos canoieiros indígenas que observaram este fenômeno, tratam de associá-lo a explicações mágicas. No entanto, dentro da escuridão da Oca (grande casa indígena



coletiva), uma simples experiência realizada com uma lanterna, um pedaço de espelho ou vidro e um objeto qualquer (semente, pedra, etc...) pode mostrar à comunidade a existência de outras formas de observar o mundo e de explicá-lo, que trazem a riqueza do pensamento quantitativo, experimental e amplamente generalizador.

Este é um exemplo de educação em Ciência a partir do contexto etno-cultural do aluno e dos conhecimentos prévios de seu povo.

Se há milhares de anos os índios do Xingu utilizam a canoa a remo, que ainda hoje usam para pescar, há várias décadas também utilizam barcos de alumínio movidos a motor de popa, e esse é o contexto no qual realizam hoje suas grandes travessias.

Devemos também não ridicularizar ou destruir impiedosamente o pensamento mágico. Sentimos, nas grandes distâncias navegadas, longe de qualquer contato com a nossa cultura, isolados nas entranhas da selva, também algo mágico nas quatro embarcações que nos acompanhavam, em um mundo luminoso de rios espelhados e densas matas.

**Alguns canoieiros indígenas que observaram este fenômeno, tratam de associá-lo a explicações mágicas, mas uma simples experiência pode mostrar à comunidade indígena a existência de outras formas de observar o mundo**

### Referências

- D. Halliday, R. Resnick, e K. Krane, *Física 4* (LTC, Rio de Janeiro, 1992).
- G. Fowles, *Introduction to Modern Optics* (H, Rand W. Inc., USA, 1968).