

A Observação Astronômica Durante o Crepúsculo

Helio de Carvalho Vital

INTRODUÇÃO

Muitas descobertas importantes na astronomia ocorreram em observações realizadas sob a luz crepuscular: cometas novos, particularidades em curvas de luz de estrelas variáveis e no aspecto de planetas e ocultações, dentre outras. Contudo, são ainda escassos na literatura astronômica estudos sobre a visibilidade de astros durante o crepúsculo.

Neste trabalho são estudadas algumas das características do crepúsculo, as quais são correlacionadas com a visibilidade de astros, a partir de observações visuais e fotométricas.

1. EXPERIMENTOS.

Os experimentos foram realizados pelo autor nos dias 17 e 18 de janeiro de 1990, em João Pessoa, com o céu em boas condições de transparência e estabilidade (grau II na Escala de Antonialdi), e consistiram em várias observações visuais e fotométricas destinadas ao estudo da variação da luminosidade de fundo do céu e das condições de visibilidade de astros durante o crepúsculo.

Objetivando relacionar-se o limiar magnitudinal com a altura do Sol, foram registrados os instantes em que alguns astros, previamente identificados com binóculos, tornaram-se visíveis a olho nú. Em todas as observações, foi anotada a hora legal correspondente, juntamente com as coordenadas horizontais aproximadas das regiões do céu analisadas.

As medições fotométricas, foram realizadas com o auxílio de uma câmera fotográfica de 35 mm (Olympus OM-1). Os controles de abertura do diafragma, tempo de exposição e velocidade fotográfica, foram ajustados de forma a manter o indicador do fotômetro da câmera na posição central da escala, quando a câmera, focada no infinito, foi apontada para regiões pré-selecionadas do céu. Os experimentos foram realizados com o céu isento de nebulosidade e evitando-se a incidência direta da luz solar sobre a objetiva. As medidas, obtidas para vários valores de distância zenital e azimute, possibilitaram construir-se a curva de luminosidade do céu em função da altura do Sol.

2. RESULTADOS, ANÁLISES E CONCLUSÕES.

A luminosidade relativa de uma determinada região do céu, em função da posição do Sol, foi posteriormente calculada, sabendo-se que a intensidade da fonte luminosa necessária para sensibilizar o filme (ou, no caso, o fotômetro) é inversamente proporcional ao tempo de exposição, à velocidade fotográfica e ao quadrado da abertura do diafragma. Determinou-se a curva atribuindo-se o valor 1,0 ao máximo de luminosidade medido durante o dia. Observou-se que a luminosidade máxima do zenite manteve-se constante durante um intervalo de cerca de 2 horas, centrado no instante da passagem meridiana do Sol.

A fig. 1 mostra a luminosidade (L) do céu (na forma de $-\log(L)$) na região próxima ao zenite, e a magnitude mais débil visível a olho nú, ambas na mesma escala, e em função da altura

aparente do Sol. A coerência entre medidas obtidas em noites diferentes indica uma boa reprodutibilidade. A altura aparente do Sol foi calculada a partir dos dados da referência 1. O limite magnitudinal no zenite foi obtido corrigindo-se as magnitudes de estrelas conhecidas, observadas no limiar de visibilidade, e em diferentes alturas, do efeito diferencial de extinção atmosférica².

Embora as observações tenham sido realizadas durante o pôr-do-sol, as análises e conclusões são também válidas para o nascer, devido a simetria do fenômeno, invertendo-se, obviamente, a ordem temporal dos eventos. Para maior generalização, estudou-se o crepúsculo em termos da altura do Sol, e não de intervalos de tempo, os quais dependem da posição geográfica do observador. A conversão hora legal - altura do Sol e vice-versa é um cálculo simples, encontrado em livros de Astronomia Posicional²⁻⁴. Para efeito de simplificação, na descrição do crepúsculo, optou-se por dividi-lo em três fases, de acordo com a altura do Sol, sendo que esta situa-se entre 4° e 8°, na fase intermediária, e entre 0° e 4° e 8° e 16°, nas demais fases.

Nas observações realizadas durante a primeira fase do pôr-do-sol, observou-se que, no instante em que o Sol cruzou o horizonte, Júpiter tornou-se visível a olho nú, quase se confundindo com o azul, ainda muito brilhante, do céu crepuscular. A luminosidade do céu, ao redor do zenite, foi estimada em cerca de um centésimo da máxima do dia. Dezoito minutos depois, com Sol a 4° abaixo do horizonte, Sirius e Canopus já haviam se tornado perceptíveis. Cálculos realizados pelo autor, indicaram que, nesse instante, devido ao efeito de “depressão do horizonte”, o Sol ainda estaria cruzando o horizonte aparente de um observador fictício localizado a 10 km de altitude sobre o local. A diminuição na luminosidade do

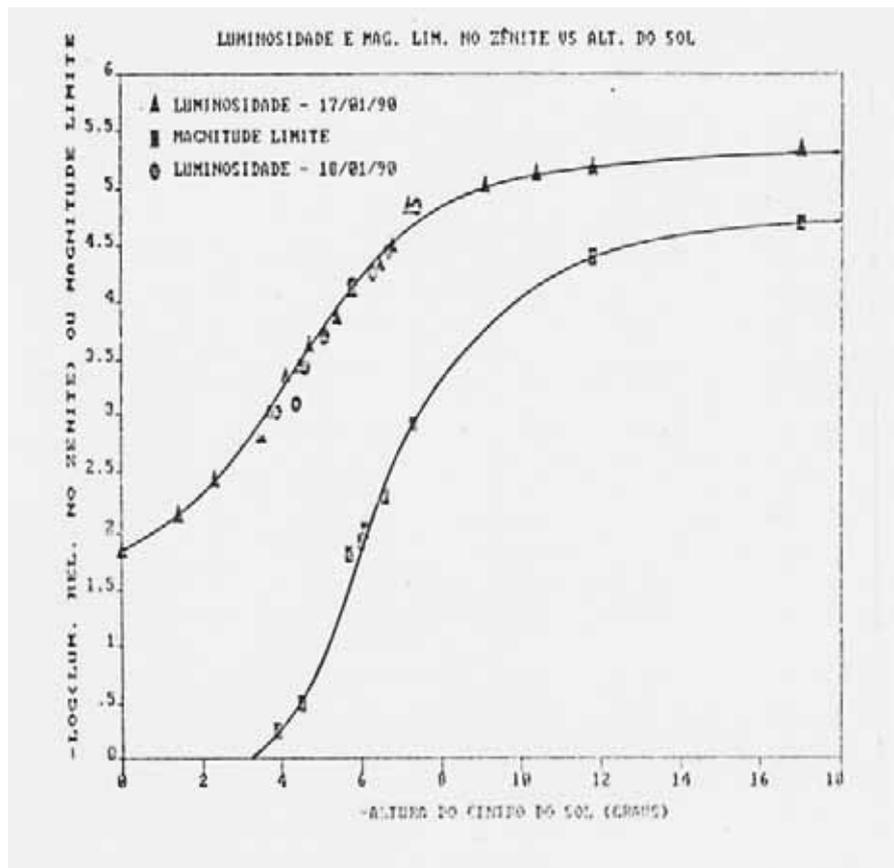


Figura 1 - Luminosidade Relativa e Magnitude Medidas no Zenite em Função da Altura do Sol durante o crepúsculo.

céu nos primeiros minutos do crepúsculo não é tão brusca quanto na fase intermediária. Isso ocorre porque, embora sejam as camadas mais densas as primeiras a deixarem de ser diretamente iluminadas pelo Sol, tais camadas constituem apenas uma fração muito pequena da atmosfera, e, por conseguinte, as camadas mais altas, ainda iluminadas, tem um maior peso e retardam o escurecimento.

Na etapa seguinte, verifica-se uma aceleração na taxa de escurecimento do céu, como mostra a declividade mais acentuada nas curvas da fig. 1. A medida em que uma boa parte da atmosfera mais densa deixa de ser diretamente atravessada pelos raios solares, ocorre uma súbita diminuição no fluxo de fótons que chegam até a superfície da Terra. Consequentemente, num intervalo posterior de cerca de 17 minutos apenas, o limite magnitudinal medido no zenite subiu de 0 para 3 e a luminosidade relativa do céu caiu de 1/2000 para 1/80000, enquanto a altura do Sol variou de -4° para -8° . Calculou-se que, no final do intervalo, os raios solares não estariam mais iluminando diretamente as camadas atmosféricas abaixo de 50 km.

Com a continuação do crepúsculo, observou-se uma redução na taxa de variação da luminosidade do céu. Tal efeito deve-se a menor contribuição relativa das camadas mais altas (e menos densas) da atmosfera na difusão da luz solar que chega a superfície. Consequentemente, a escassa iluminação da superfície é pouco afetada quando camadas acima de 50 km da crosta deixam de ser diretamente banhadas pelos raios solares. O efeito é também visível na variação do limite magnitudinal (fig. 1). Contudo, com o escurecimento progressivo da abóboda celeste, o contraste entre os objetos celestes e o fundo do céu aumenta. Além disso, ocorre um aumento no diâmetro da pupila, acarretando a absorção de mais luz. A combinação desses dois fatores possibilita a vista desarmada perceber astros bem menos luminosos do que nas fases anteriores do crepúsculo.

Observou-se que, quando a altura do Sol atinge cerca de 11° abaixo do horizonte, o céu se encontra muito escuro no zenite (aproximadamente 120 mil vezes menos luminoso do que o máximo), e a luminosidade solar residual é nitidamente visível sobre o horizonte negro, que se espalha do zenite até o horizonte, cobrindo toda a abóboda celeste. Finalmente, quando o centro do Sol encontra-se a 18° abaixo do horizonte, nenhum vestígio da luz solar é mais perceptível - está então terminado o Crepúsculo Astronômico. Nas observações realizadas, a magnitude limite observada no final do crepúsculo foi estimada em 4.7 ± 0.2 , indicando uma interferência moderada da iluminação artificial local.

As medidas fotométricas também indicaram que o céu é mais escuro no zenite do que junto ao horizonte por um fator que pode variar entre 2 e 8 durante o crepúsculo. A cerca de 10° acima do horizonte mais próximo do Sol, o céu apresenta-se aproximadamente 6 vezes mais luminoso do que no zenite durante a parte intermediária do fenômeno, quando a heterogeneidade é mais intensa. No final do crepúsculo, essa razão cai para 2 e a luminosidade do céu, na ausência de outras fontes de luz, tende a adquirir simetria azimutal.

A curva do limite magnitudinal a olho nú no zenite (fig. 1) possibilitou calcular-se o limite magnitudinal instrumental. Três tipos de instrumentos, mais comuns entre amadores, foram considerados: a) Binóculos 7x50; b) Telescópio refrator de 60mm (com aumento de 40x) e c) Telescópio Schmidt-Cassegrain de 200mm (200x). A figura 2 mostra, as variações dos limites magnitudinais em função da altura do Sol, para cada caso. As curvas podem auxiliar no planejamento de observações de astros angularmente próximos do Sol.

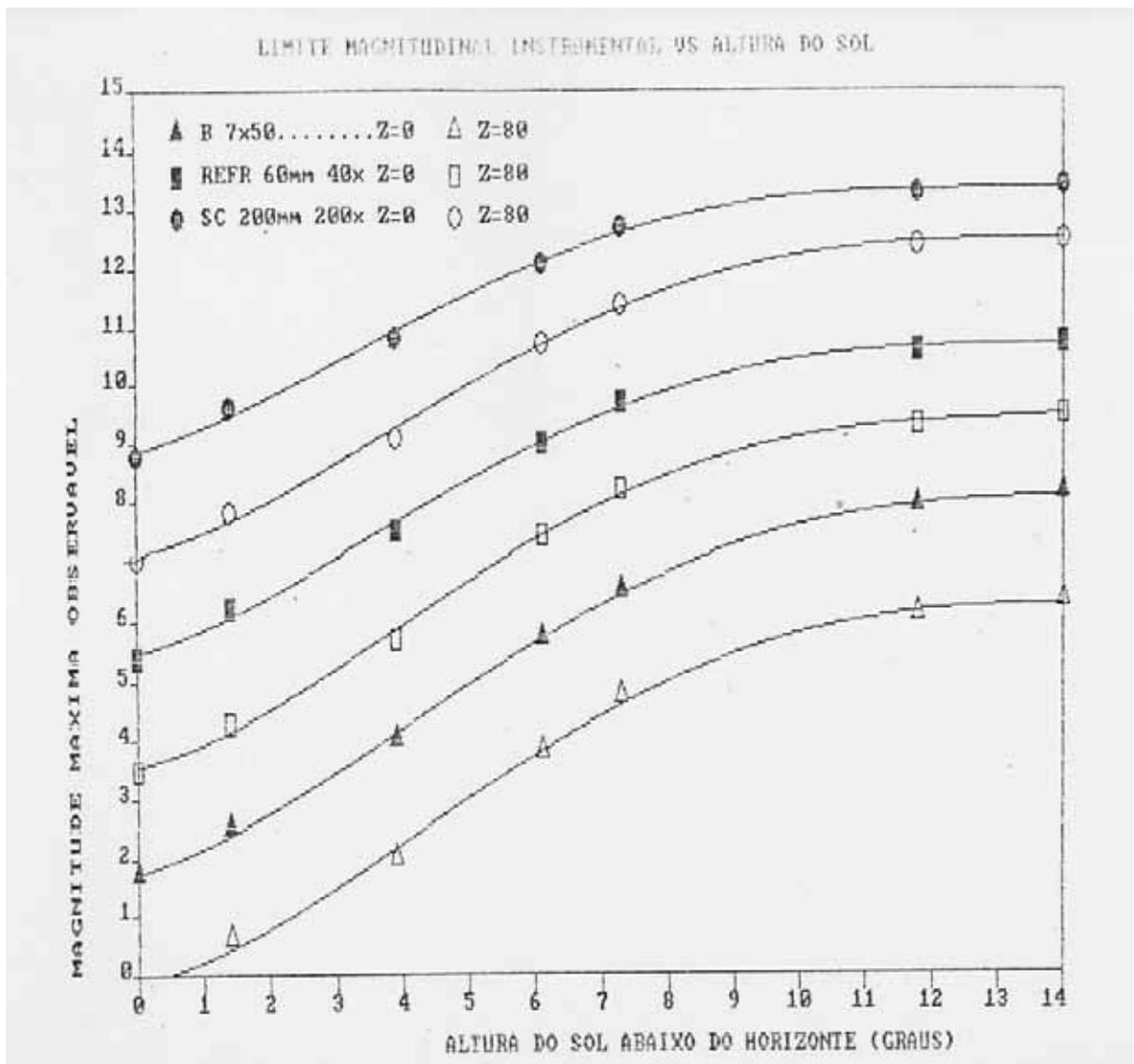


Figura 2 - Limite Magnitudinal para três tipos de instrumentos e para distâncias zenitais 0° e 80° em função da altura aparente do Sol durante o crepúsculo.

O cálculo baseia-se no algoritmo fornecido na referência 5 e assume que as observações são realizadas por um observador de cerca de 30 anos. Com experiência observacional intermediária, em condições atmosféricas boas e com instrumento limpo. São apresentadas curvas para duas distâncias zenitais (Z), 0° e 80° (sobre o horizonte mais próximo do Sol). Foi introduzida no cálculo uma correção para o efeito médio de heterogeneidade da luz crepuscular próxima ao horizonte. Por basearem-se em vários parâmetros médios, as curvas podem apresentar erros de até cerca de 1,5 magnitudes. Além disso, as previsões referem-se a objetos pontuais, sendo que o limite de visibilidade para objetos difusos pode chegar a até 3 ou 4 magnitudes acima do calculado.

Observa-se, na fig. 2, que a utilização de instrumentos mais possantes reduz a influência das condições de observação sobre o alcance do instrumento. Isso ocorre porque, enquanto maiores aberturas implicam num maior fluxo de fótons (e informações) incidentes sobre a retina do observador, maiores aumentos intensificam o contraste entre a estrela e o fundo do campo, aumentando a razão informações/ruído. Finalmente, a análise das curvas também mostra que muitas observações astronômicas

tornam-se possíveis ainda na fase intermediária do crepúsculo, quando ocorre um aumento brusco no contraste entre os objetos mais brilhantes e o fundo do céu.

3. REFERÊNCIAS.

- 1- “Efemérides Astronômicas 1990”, SCT, CNPq, Obs. Nacional, 1989.
- 2- P. Duffett-Smith, “Practical Astronomy with your Calculator”, Cambridge University Press, 1981.
- 3- R. Boczko, “Conceitos de Astronomia”, Ed. Edgard Blucher Ltda, 1984.
- 4- R. Nogueira Medici, “Astronomia de Posição”, Ed. Forense Universitária Ltda, 1989.
- 5- B.E. Schaefer, “Your Telescope’s Limiting Magnitude”, Sky & Telescope, Nov. 1989, p. 522-525.