

AHSOL: PROGRAMA CIENTÍFICO PARA A OBTENÇÃO DO FOTOPERÍODO E OUTRAS INFORMAÇÕES DO SOL PARA DETERMINADO DIA E LOCAL A PARTIR DE EQUAÇÕES DA ASTRONOMIA DE POSIÇÃO

**VINÍCIUS AMADEU STUANI PEREIRA¹, GABRIELA CAROLINA BÜNDSCHEN²,
GILVAN MOISÉS BERTOLLO³, FABRÍCIO CORREIA DE OLIVEIRA³,
THARSOS HISTER GIOVANELLA², ALISON DE MEIRA RAMOS²**

¹ Eng^o Cartógrafo, Prof. Dr., Curso de Agronomia, UTFPR, Santa Helena - PR, Fone: (0XX45) 3268.8818, vpereira@utfpr.edu.br ²

² Graduando em Agronomia, UTFPR, Santa Helena - PR

³ Eng^o Agrônomo, Prof. Dr., Curso de Agronomia, UTFPR, Santa Helena - PR

Apresentado no
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

RESUMO: É apresentado o programa científico AHSOL, que permite obter o fotoperíodo acurado para determinado dia e local de interesse a partir do fornecimento das coordenadas geodésicas (latitude – φ , longitude – λ), bem como determinar outras informações: azimute e ângulo zenital do Sol para um dado instante, azimutes e horários do nascer e ocaso do Sol, horário da culminação solar e azimute e comprimento da sombra de um objeto. Para o desenvolvimento do programa foram utilizadas equações da Astronomia de Posição, além das posições aparentes do Sol e o tempo sideral médio fornecidos no Anuário Astronômico do Observatório Nacional. Exemplos de valores dos fotoperíodos e das demais informações são apresentados para Santa Helena/PR ($\varphi = -24^{\circ} 52' 17''$; $\lambda = -54^{\circ} 21' 31''$), para os solstícios de verão e inverno e para os equinócios de outono e primavera de 2020. Exemplo da determinação do comprimento e azimute da sombra de uma parede para o equinócio de primavera (22/09/2020) e respectiva verificação *in loco* também são apresentados.

PALAVRAS-CHAVE: Fotoperíodo, Astronomia de Posição, Sol

AHSOL: SCIENTIFIC PROGRAM FOR OBTAINING PHOTOPERIOD AND OTHER SUN INFORMATION FOR A SPECIFIC DAY AND LOCATION BASED ON POSITION ASTRONOMY EQUATIONS

ABSTRACT: The AHSOL scientific program is presented, which allows obtaining the accurate photoperiod for a given day and place of interest from the supply of geodetic coordinates (latitude – φ , longitude – λ), as well as determining other information: azimuth and zenithal angle of the Sun for a given instant, azimuths and times of sunrise and sunset, time of solar culmination and azimuth and length of the shadow of an object. For the development of the program, equations of Position Astronomy were used, in addition to the apparent positions of the Sun and the average sidereal time provided in the Astronomical Yearbook of the National Observatory. Examples of photoperiod values and other information are presented for Santa Helena/PR ($\varphi = -24^{\circ} 52' 17''$; $\lambda = -54^{\circ} 21' 31''$), for the summer and winter solstices and for the autumn and spring equinoxes of 2020. Example of the determination of the length and azimuth of the shadow of a wall for the spring equinox (09/22/2020) and the respective on-site verification are also presented.

KEYWORDS: Photoperiod, Position Astronomy, Sun

INTRODUÇÃO: A duração solar de um dia é conhecida como fotoperíodo, informação essa importante para o desenvolvimento dos seres vivos. Diversas são as equações existentes que permitem o cálculo do fotoperíodo, porém, com baixa acurácia, uma vez que o valor do ângulo horário é obtido de forma aproximada. Com intuito de disponibilizar aos usuários uma ferramenta que calcule um fotoperíodo acurado, é apresentado o AHSOL: programa científico para a obtenção do fotoperíodo, e outras informações referentes ao Sol, para determinado dia e local a partir da utilização de equações da Astronomia de Posição. Vários são os parâmetros e procedimentos que são utilizados nas equações da Astronomia que não estão presentes nas demais comumente utilizadas, tais como: 1 – aplicação da condição do nascer e o ocultar do Sol para um local, 2 – cálculo do ângulo horário a partir da declinação solar extraída do Anuário Astronômico do Observatório Nacional, 3 – cálculo da hora sideral do nascer e ocultar, e 4 – transformação da hora sideral em hora legal. O AHSOL também permite calcular outras informações essenciais para tomadas de decisão, como o azimute e ângulo zenital do Sol para um dado instante, horário da culminação solar e azimute e comprimento da sombra de um objeto, este último que pode garantir, *a priori*, a oferta ou não de iluminação solar para um local ao longo do ano. Neste sentido, foram calculados os fotoperíodos e as demais informações para Santa Helena/PR ($\varphi = -24^\circ 52' 17''$; $\lambda = -54^\circ 21' 31''$) para períodos específicos do ano de 2020 (solstícios e equinócios), contemplando as amplitudes máxima e mínima, além da determinação do comprimento e azimute da sombra de uma parede para o equinócio de primavera (22/09/2020) e respectiva verificação *in loco* dos resultados.

MATERIAL E MÉTODOS: Para a implementação do AHSOL, em linguagem C, foram utilizadas as equações da Astronomia de Posição de acordo com Arana e Pereira (2018), Ferraz e Silva (1986), Guterres (1981) e Domingues (1979), bem como, as posições aparentes do Sol (ascensão reta – α , declinação – δ) e tempo sideral médio (S_0) fornecidos no Anuário Astronômico do Observatório Nacional. No programa o usuário deve fornecer a data, a hora legal do instante de interesse (Hl_i), o fuso horário do local (F), as coordenadas geodésicas (latitude – φ , longitude – λ) e a altura do objeto (Alt), conforme indicado na interface do programa na Figura 1. Em relação ao cálculo do fotoperíodo (N), primeiramente, é realizada a verificação da condição do nascer e ocultar do Sol: $|\delta| < 90^\circ - |\varphi|$. Atendido a condição, realiza-se o cálculo do ângulo horário do nascer (H_n) e do ocultar (H_o): $H_n = (((\cos^{-1}(-\text{tg } \varphi \cdot \text{tg } \delta))/15^\circ) - 1) + 24$ e $H_o = ((\cos^{-1}(-\text{tg } \varphi \cdot \text{tg } \delta))/15^\circ)$. Na sequência, os ângulos horários são transformados em horas siderais: $S_n = H_n + \alpha$ e $S_o = H_o + \alpha$, e depois em horas legais, conforme as seguintes equações: $Hl_n = (((S_n - S_0 - \lambda)/1,00273790926) + F)$ e $Hl_o = (((S_o - S_0 - \lambda)/1,00273790926) + F)$. Por fim, o fotoperíodo é obtido por: $N = Hl_o - Hl_n$. Já em relação ao azimute (Az_s) e comprimento ($Compr_s$) da sombra de um objeto para um determinado local, dia e instante, o rol de equações é apresentado a seguir: 1 – transformação da hora legal de interesse (Hl_i) em hora sideral (S): $S = S_0 + \lambda + (Hl - F) \cdot 1,00273790926$; 2 – cálculo do ângulo horário: $H = ((S - \alpha) \cdot 15^\circ)$; 3 – cálculo do ângulo zenital do Sol (Z): $Z = \cos^{-1}(\text{sen } \varphi \cdot \text{sen } \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos H)$; 4 – cálculo do comprimento da sombra do objeto: $Compr_s = \text{Alt} \cdot \text{tg } Z$; e 5 – cálculo do azimute da sombra do objeto: $Az_s = \text{tg}^{-1}(\text{sen } H / (\text{sen } \varphi \cdot \cos H - \text{tg } \delta \cdot \cos \varphi)) + 180^\circ$. Salienta-se que α e δ são interpolados para a Hl_i fornecida, a partir dos valores do Anuário Astronômico.

```

#####
# AHSOL #
#####

Programa para a determinacao das seguintes informacoes para um determinado local:
-: Azimute do Sol para um dado instante;
-: Angulo zenital do Sol para um dado instante;
-: Azimute e horario do nascer do Sol;
-: Azimute e horario do por do Sol;
-: Horario da culminacao do Sol;
-: Fotoperiodo; e
-: Azimute e comprimento da sombra de um objeto

Efemeride Astronomica: Observatorio Nacional (ON)

Desenvolvido por: Prof. Dr. Uinicius Amadeu Stuani Pereira
Universidade Tecnologica Federal do Parana (UTFPR)
Campus Santa Helena

Contato: upereira@utfpr.edu.br

-----
<=> Dados de Entrada <=>
-----

-> Informe a Data de Interesse [DD MM AAAA]: 22 09 2020
-> Informe a Hora Legal do Instante de Interesse [HH MM SS]: 12 29 35
-> Informe o Fuso Horario do Local [+/-F]: -3
-> Informe a Latitude do Local [+/-GG MM SS]: -24 52 17
-> Informe a Longitude do Local [+/-GGG MM SS]: -54 21 31
-> Informe a Altura do Objeto em Metros: 4

```

FIGURA 1. Interface inicial do programa científico AHSOL e inserção das configurações de entrada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Por estar localizada ao sul do Trópico de Capricórnio ($\varphi = -23^\circ 27'$), é esperado que em Santa Helena/PR os fotoperíodos sejam inferiores a 12h grande parte do ano, com exceção do período do solstício de verão. Tal fato é comprovado pelos valores obtidos para quatro datas de 2020 (apresentados na Tabela 1): equinócio de outono (20/03/2020), solstício de inverno (20/06/2020), equinócio de primavera (22/09/2020) e solstício de verão (21/12/2020).

TABELA 1. Valores dos fotoperíodos (N), azimutes e ângulos zenitais para às 15h local (Az_{15h} e Z_{15h}), azimutes e horas legal do nascer e ocaso (Az_n , Az_o , Hl_n e Hl_o), e hora legal de culminação do Sol (Hl_c) para Santa Helena/PR ($\varphi = -24^\circ 52' 17''$; $\lambda = -54^\circ 21' 31''$), para os solstícios de verão (21/12) e inverno (20/06) e para os equinócios de outono (20/03) e primavera (22/09) de 2020.

Data	Eq. de Outono 20/03/2020	Sols. de Inverno 20/06/2020	Eq. de Primavera 22/09/2020	Sols. de Verão 21/12/2020
N	11h 56min 49s	10h 25min 33s	11h 53min 40s	13h 30min 32s
Az_{15h}	302° 45' 57"	322° 00' 15"	298° 05' 33"	264° 52' 57"
Z_{15h}	41° 33' 13"	59° 06' 52"	43° 46' 50"	32° 42' 34"
Az_n	89° 38' 03"	63° 59' 56"	90° 11' 14"	116° 00' 02"
Hl_n	6h 43min 37s	7h 23min 53s	6h 27min 55s	5h 48min 09s
Az_o	270° 21' 57"	296° 00' 05"	269° 48' 46"	243° 59' 58"
Hl_o	18h 40min 26s	17h 49min 26s	18h 26min 35s	19h 18min 41s
Hl_c	12h 44min 26s	12h 39min 23s	12h 29min 35s	12h 36min 19s

Observa-se pela Tabela 1 que o fotoperíodo mínimo obtido é de 10h 25min 33s no solstício de inverno e o valor máximo de 13h 30min 32s no solstício de verão. Nota-se também pelos valores de Az_{15h} e Z_{15h} que o Sol nesta região sempre estará mais próximo do horizonte durante a tarde, e de forma análoga, também durante a manhã, o que indica que a incidência solar é mais oblíqua, acarretando sombras mais extensas. Valores de Az_n , Az_o e Az_{15h} também

corroboram o fato da incidência solar predominar no sentido norte-sul durante todo o ano. O experimento das determinações do comprimento e azimute da sombra de uma parede de 4 metros foi validado a partir da verificação *in loco* (Figura 2). Para o equinócio de primavera de 2020, às 12h 29min 35s (culminação do Sol), foram obtidos os seguintes valores com o AHSOL: $Comp_s$ de 1,819 m e Az_s igual a $179^\circ 59' 13''$, valores estes confirmados em campo.

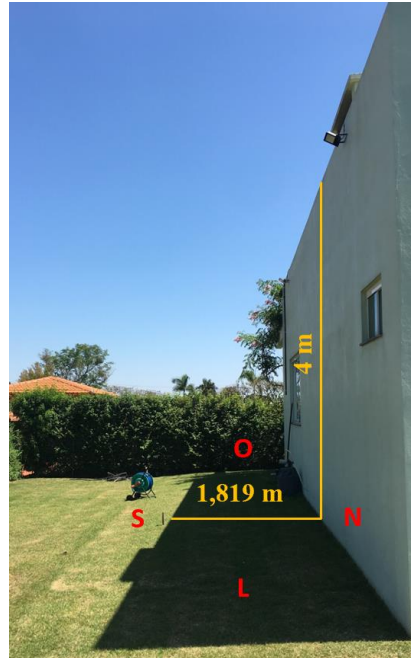


FIGURA 2. Comprimento (1,819 m) e azimute ($179^\circ 59' 13''$) da sombra de uma parede de 4 m localizada em Santa Helena/PR ($\varphi = -24^\circ 52' 17''$; $\lambda = -54^\circ 21' 31''$) durante a culminação solar (12h 29min 35s) do dia do equinócio de primavera (22/09/2020).

CONCLUSÕES: O AHSOL (<https://cloud.utfpr.edu.br/index.php/s/kzOxh5ETYUOoESW>) mostrou-se ser uma ferramenta proeminente para os usuários e pesquisadores, principalmente na atividade de pré-planejamento do plantio e acompanhamento evolutivo da planta, uma vez que permite analisar com antecedência a oferta de luz solar durante o dia ou ano, a predominância do sentido de incidência solar, e também se objetos próximos as áreas de plantio possam projetar sombras ou não.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Observatório Nacional pela disponibilização do Anuário Astronômico, bem como à Fundação para o Desenvolvimento da Unesp (Fundunesp) e à Fundação Araucária pelas bolsas de Iniciação Científica e a UTFPR pelo ambiente de trabalho.

REFERÊNCIAS:

- ARANA, J. M.; PEREIRA, V. A. S. **Notas de aula da disciplina de Geodésia II – Astronomia de Posição**. Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2018.
- DOMINGUES, F. A. A. **Topografia e astronomia de posição para engenheiros e arquitetos**. São Paulo: McGraw-Hill, 1979. 403 p.
- FERRAZ, A. S.; SILVA, A. S. **Astronomia no campo**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 1986. 101 p.
- GUTERRES, I. G. **Astronomia de posição**. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 1981.