

VARIAÇÃO DO FOTOPERÍODO NA LATITUDE E LONGITUDE DO POLO CUESTA

José Roberto Butignoli Júnior¹, Geraldo de Nardi Junior², Edson Aparecido Martins³

¹Graduando, Faculdade de Tecnologia de Botucatu, e-mail: jose.butignoli@fatec.sp.gov.br.

²Professor Dr. Faculdade de Tecnologia de Botucatu, e-mail: geraldo.denardi@fatec.sp.gov.br.

³Professor Dr. Faculdade de Tecnologia de Botucatu, e-mail: guanxa@gmail.com.

RESUMO

A maior fonte de energia e o principal elemento meteorológico para o planeta Terra é a radiação solar. É através dela que se desencadeiam os outros elementos (temperatura, vento, pressão, umidade, chuva, entre outros). A energia solar é a fonte primária de energia em todos os processos terrestres, desde a fotossíntese até a circulação geral dos oceanos e da atmosfera. Em seu movimento de rotação, a Terra faz com que alguns locais recebam os raios solares com diferentes intensidades devido sua inclinação ao longo do ano. O somatório dos valores instantâneos de irradiância solar na superfície da atmosfera ao longo do dia é um valor teórico muito útil, porque representa o potencial de energia incidente naquele local. Este total denomina-se irradiância solar global extraterrestre, variando de acordo com a latitude e com o dia do ano, sendo os fatores principais que afetam o ângulo de incidência dos raios solares. Quanto maior a latitude em relação a Linha do Equador, maior será a amplitude entre verão e inverno. Este trabalho tem como objetivo apresentar as variações do fotoperíodo durante determinados períodos do ano no Polo Cuesta.

Palavras-chave: Fotoperíodo, Radiação solar, Dados meteorológicos.

1 INTRODUÇÃO

Fotoperíodo pode ser definido como a duração do dia em relação à noite em um tempo de 24 horas. É o período de maior luminosidade, que alterna em um ciclo de fases de menor e maior intensidade de luz.

No decorrer de um ano, sabe-se que a Terra realiza uma volta ao redor do Sol, em um movimento denominado translação. Ao longo desta órbita, nosso planeta apresenta quatro posições distintas, que determinam o início e fim das estações do ano. Durante estas estações, a incidência da radiação solar sobre o planeta sofre alteração no ângulo.

Esta variação na incidência da radiação solar em função do ângulo do planeta faz variar a quantidade de radiação solar que chega à superfície, determinada por duas razões: pela alteração no fluxo de energia incidente sobre as partes do globo terrestre e pela variação na duração dos dias ao longo do ano.

Na faixa da linha do Equador (latitude de 0°) o fotoperíodo tem 12h durante todo o ano e nas demais regiões do planeta, a duração do dia aumenta durante o verão, à medida em que se aumenta a latitude, e diminui no inverno de forma semelhante.

Entender a influência da radiação solar é muito importante, podendo ser estudada para a agricultura, sistemas fotovoltaicos e estudos climatológicos em geral. Diversos fatores influenciam no potencial de aproveitamento da radiação solar, como a latitude, longitude, estação do ano e as condições climáticas.

A medição da radiação solar na superfície terrestre é fundamental para estudos em relação as condições climáticas e atmosféricas e para garantir o máximo aproveitamento do recurso disponível em projetos diversos, deve-se considerar o fato que ao longo do ano a radiação solar sofre significativas alterações na intensidade (PINHO; GALDINO, 2014).

Para entender a influência da radiação solar sobre projetos no agronegócio, são criados modelos agro meteorológicos que são ferramentas desenvolvidas considerando a influência climática na produtividade em condições específicas de clima e cultivo, que permitem estabelecer cenários de produtividade (ARAÚJO et al., 2011).

Esses modelos são necessários para se precaver de adversidades, garantir maior eficiência operacional e redução de custos. Um bom modelo agro meteorológico, leva em consideração o clima como fator limitante de produção agrícola e analisa a sua relação com o desenvolvimento da planta (fenologia), levando em conta a susceptibilidade a eventos climáticos e a possibilidade de onerar a produtividade (CORAL et al., 2005).

Diante disso, o objetivo desse trabalho é estudar o fotoperíodo no Polo Cuesta do estado de São Paulo que é composto pelo grupo de municípios compreendidos por Anhembi, Areiópolis, Bofete, Botucatu, Conchas, Itatinga, Laranjal Paulista, Pardinho, Pereiras, Porangaba, Pratânia, São Manuel e Torre de Pedra e identificar as eficiências agrícolas e climáticas para esta região. Definir entre os fatores determinantes (número de horas de brilho solar, índice de área foliar e temperatura) os que mais contribuem para uma boa produtividade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar a análise da variação espacial e temporal de dados da Radiação Solar, foram utilizados dados registrados por estações meteorológicas automáticas, localizadas nos municípios de Pardinho e Anhembi. Além de analisar o comportamento ao longo dos anos da estação, o objetivo final contemplou com referências bibliográficas publicadas com tais informações.

Genericamente, os aparelhos que medem radiação solar são denominados de solarímetros, piranômetros, pireliômetros, radiômetros, e actinógrafos. As medidas são

efetuadas por instrumentos que utilizam diversos princípios físicos, desde geração de uma corrente elétrica até dilatação de metais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Radiação solar

A Radiação Solar pode ser definida como a forma de transferência de energia vinda do sol, através da propagação de ondas eletromagnéticas. A Irradiância solar pode ser descrita como a taxa no qual a radiação solar incide em uma dada superfície por unidade de área, medida em watt por metro quadrado (W/m^2) (TÉCNICAS, 2020).

Quando a radiação entra pela atmosfera, ela sofre interferência por diversos processos físicos por conta das características da atmosfera e superfície do planeta. A luminosidade solar disponível sofre variação ao longo dos dias, semanas, meses e anos dependendo da localização. Todas essas variações podem alternar devido a geografia da terra e também dos movimentos de translação e rotação.

Esses fatores somam-se com os fenômenos climáticos, gases, partículas climáticas, formação de nuvens e chuvas. Isso tudo faz com que 30% da radiação incidente no topo da atmosfera seja refletida e apenas 45% seja absorvida pela superfície da Terra (PEREIRA, 2017).

A radiação solar que chega até a superfície é constituída por uma componente direta (ou feixe direto) e por uma componente difusa. A radiação direta provém diretamente da direção do sol, produzindo assim sombras nítidas. Já a radiação difusa, é resultante de várias direções e chega a superfície após sofrer o espalhamento pela atmosfera terrestre. O ambiente entorno pode fazer com que haja uma terceira componente refletida, o albedo. O esquema de radiação solar sobre a superfície receptora resultante da soma das componentes direta, difusa e o albedo é chamada de radiação global (PINHO; GALDINO, 2014).

3.2 Latitude

Segundo Duarte (2006), podemos definir Latitude como a distância em graus, de pontos na superfície da Terra, partindo como referência inicial a linha imaginária do Equador, sendo esta a principal referência dos paralelos terrestres, traçados no sentido horizontal.

Considera-se a Linha do Equador como sendo o marco 0° , chegando até 90° para o Norte (até o Polo Norte ou Ártico) ou 90° para o Sul (até o Polo Sul ou Antártico). Sendo assim, quanto mais próximo ao Equador, mais baixo será o grau e a latitude.

Além de auxiliar na localização dos pontos do planeta, constitui na existência de zonas climáticas da Terra, onde áreas de baixas latitudes tendem a ter climas mais quentes e de altas latitudes tem predominância de climas frios.

3.3 Longitude

Segundo Duarte (2006), assim como a latitude utiliza-se da linha imaginária do Equador, a longitude utiliza como referência a linha imaginária do Meridiano de Greenwich, este em posição vertical e fazendo a divisão do planeta em dois hemisférios (leste ou oriental e oeste ou ocidental). Sendo assim, podemos definir longitude como a distância em graus, de pontos na superfície terrestres, até o Meridiano de Greenwich. Este ponto, além de servir como ponto referencial na determinação de determinada longitude de lugares no globo terrestre, também é considerado o marco zero para definição de um horário-base no planeta, servindo também como parâmetro para o estabelecimento dos fusos horários.

3.4 Altitude

Segundo IBGE (2022), todas as altitudes são contadas a partir do nível médio dos mares, determinado por medições feitas pelos marégrafos em diferentes pontos do litoral. Quanto maior a altitude, mais frio será e quanto menor a altitude, mais quente. Isto ocorre, entre outros motivos, porque os raios solares chegam com certo comprimento de onda e ao refletirem de volta para o espaço mudam este comprimento. Além disso, nas baixas altitudes o ar é mais concentrado (maior densidade) e por isso tem maior capacidade de acumular calor, enquanto nas altas altitudes o ar é mais rarefeito e possui menor capacidade de armazenar calor. A relação direta da altitude com a temperatura é especialmente importante para as regiões tropicais e subtropicais, onde uma diferença altitudinal de algumas centenas de metros provoca mudanças sensíveis no clima, no solo, na vegetação natural e, conseqüentemente, na adaptação das espécies animais e vegetais e na aptidão para vários sistemas de uso da terra. A temperatura do ar normalmente decresce com a elevação da altitude numa proporção de, aproximadamente, $1^\circ\text{C}/100\text{m}$ (gradiente adiabático ar seco).

3.5 Polo Cuesta

Para caracterização, o Polo da Cuesta é composto por um grupo de municípios da região centro oeste do estado de São Paulo onde as atividades rurais são expressivas e com alta população rural. A Tabela 1, obtida com dados do IBGE (2021) mostra a população dos municípios compostos pelo Polo Cuesta:

Tabela 1 - População e Altitude dos Municípios do Polo Cuesta.

Município	População	Altitude (m)
Anhembi	6.911	472
Areiópolis	11.186	635
Bofete	12.107	576
Botucatu	149.718	920
Conchas	18.138	503
Itatinga	21.139	845
Laranjal Paulista	29.047	536
Pardinho	6.579	900
Pereiras	8.875	490
Porangaba	10.205	525
Pratânia	5.371	685
São Manuel	41.287	709
Torre de Pedra	2.432	610
TOTAL	322.995	

Fonte: IBGE - 2021

Devido a população total ser relativamente alta, se torna um elemento motivacional para desenvolver este estudo dirigido em prol de difundir informações à população. Segundo o IBGE (2021), as atividades rurais predominante no Polo são: Anhembi - agropecuária, piscicultura e reflorestamento de eucalipto; Areiópolis – cana de açúcar e laranja; Bofete - silvicultura, laranja, agropecuária e integração de aves; Botucatu - indústria, comércio e agropecuária; Conchas - avicultura e a pecuária, cerâmicas, marcenarias, laticínios e fabricação de bebidas; Itatinga – cana de açúcar, laranja e reflorestamento de eucalipto; Laranjal Paulista – avicultura e cana de açúcar; Pardinho – agricultura, cana de açúcar e pecuária; Pereiras - avicultura, cultura de cana de açúcar; Porangaba – avicultura e cana de açúcar; Pratânia – cana de açúcar e laranja; São Manuel - turismo rural e setor sucroalcooleiro e Torre de Pedra – avicultura e cana de açúcar.

3.6 Cálculo do Fotoperíodo

Segundo Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007), Fotoperíodo (N) pode ser entendido como o intervalo entre o nascer e o pôr do sol num determinado dia, que também pode ser denominado duração do dia e pode ser representado por:

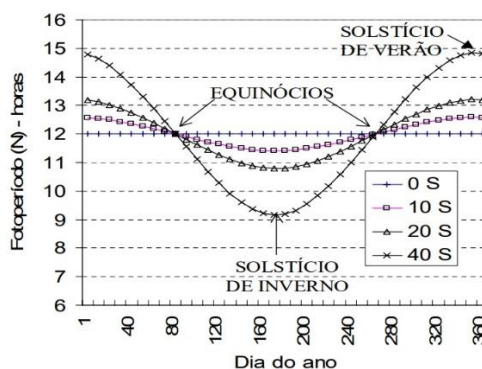
$$N = \text{Hora do Pôr do Sol} - \text{Hora do Nascer do Sol}$$

Com a simetria na trajetória do sol em relação ao meio-dia, o fotoperíodo corresponde ao dobro do ângulo horário na hora do nascer do sol (h_n), ou seja:

$$N = 2 h_n / 15^\circ = 0,1333 h_n.$$

O fotoperíodo depende apenas da latitude e da declinação solar. Na época dos equinócios (21/3 e 23/9), quando $\delta = 0^\circ$, mostra que $h_n = 90^\circ$, ou seja, $N = 12$ horas para todas as latitudes (Figura 1). Outra decorrência é que na linha do equador, resulta em $h_n = 90^\circ$ durante o ano todo.

Figura 1 – Variação anual do fotoperíodo em latitudes do hemisfério sul.



Fonte: Pereira et al. (2007)

A Figura 2 mostra a insolação diária, ou fotoperíodo, em horas, no 15º dia de cada mês, em latitudes compreendidas pelo território brasileiro.

Figura 2 – Fotoperíodo em horas em latitudes do território brasileiro.

LAT.(S)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Equador	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
2°	12,1	12,1	12,0	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	12,0	12,0	12,1	12,1
4°	12,2	12,1	12,0	11,9	11,8	11,8	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,2
6°	12,3	12,2	12,0	11,9	11,7	11,6	11,7	11,8	12,0	12,1	12,3	12,3
8°	12,4	12,2	12,0	11,8	11,6	11,5	11,6	11,7	12,0	12,2	12,4	12,5
10°	12,5	12,3	12,1	11,8	11,5	11,4	11,5	11,7	12,0	12,2	12,5	12,6
12°	12,6	12,4	12,1	11,7	11,4	11,3	11,4	11,6	11,9	12,3	12,6	12,7
14°	12,7	12,4	12,1	11,7	11,3	11,2	11,2	11,5	11,9	12,3	12,7	12,8
16°	12,8	12,5	12,1	11,6	11,2	11,0	11,1	11,5	11,9	12,4	12,8	12,9
18°	13,0	12,6	12,1	11,6	11,1	10,9	11,0	11,4	11,9	12,4	12,9	13,1
20°	13,1	12,6	12,1	11,5	11,0	10,8	10,9	11,3	11,9	12,5	13,0	13,2
22°	13,2	12,7	12,1	11,5	10,9	10,7	10,8	11,2	11,9	12,5	13,1	13,3
24°	13,3	12,8	12,2	11,4	10,8	10,5	10,6	11,2	11,9	12,6	13,2	13,5
26°	13,5	12,9	12,2	11,4	10,7	10,4	10,5	11,1	11,8	12,6	13,3	13,6
28°	13,6	13,0	12,2	11,3	10,6	10,2	10,4	11,0	11,8	12,7	13,4	13,8
30°	13,7	13,0	12,2	11,3	10,5	10,1	10,2	10,9	11,8	12,7	13,5	13,9
35°	14,1	13,3	12,3	11,1	10,2	9,7	9,9	10,7	11,8	12,9	13,9	14,3

Fonte: Pereira et al. (2007)

Com base nos dados médios mensais, tem-se a Tabela 2, que apresenta a média dos fotoperíodos relativos aos meses do ano para a latitude, a longitude e a altitude local do desenvolvimento do projeto que se apresentam assim: Latitude: 22° 53' 09" S; Longitude: 48° 26' 42" W; Altitude: 804m; Local: Botucatu – SP.

Tabela 2 - Média mensal e Anual dos Fotoperíodos

Mês	Dia	Radiação MJ/m ² /dia	Nascer / Pôr do Sol Horário	Fotoperíodo médio	Conversão decimal
Janeiro	15	16	5h 22min/18h 37min	13h 14 min	13,23
Fevereiro	46	18	5h 37min/18h 22min	12h 44 min	12,73
Março	75	16	5h 56 min/18h 3min	12h 3 min	12,05
Abril	106	14	6h 17 min/17h 42 min	11h 25 min	11,42
Mai	136	12	6h 33 min/17h 26 min	10h 52 min	10,87
Junho	167	10	6h 42 min/7h 17 min	10h 35 min	10,58
Julho	197	14	6h 37 min/17h 22 min	10h 44 min	10,73
Agosto	228	14	6h 22 min/17h 37 min	11h 14 min	11,23
Setembro	259	14	6h 2 min/17h 57 min	11h 55 min	11,92
Outubro	289	16	5h 42 min/18h 17 min	12h 35 min	12,58
Novembro	320	18	5h 25 min/18h 34 min	13h 9 min	13,15
Dezembro	350	18	5h 18min/18h 41min	13h 23 min	13,38
Média Anual	///////	16	////////////////	11h 59 min	11,99

Fonte: Martins (2018)

4 CONCLUSÕES

Do estudo do Fotoperíodo no Polo Cuesta do Estado de São Paulo foi identificado eficiências agrícolas e climáticas para estas regiões. Conhecendo os níveis médios da radiação solar, pode-se obter uma maior produtividade durante determinados períodos do ano, visto que a radiação solar que incide sobre a região é maior.

Ao desenvolver mapas agro meteorológicos, pode-se prever algumas variações temporais em função das condições atmosféricas, da época do ano e a quantidade de radiação solar que realmente incidem sobre a superfície terrestre naquele determinado ponto.

Vale ressaltar que os dados solarimétricos são essenciais não somente para o desenvolvimento de mapas agro meteorológicos e ajustes de modelos produtivos, mas também para o pós processamento das estimativas de produção e melhoramentos.

5 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. A.; SOUZA, J. L. M.; TSUKAHARA, R. Y. Modelos agro meteorológicos na estimativa da produtividade da cultura da soja na região de Ponta Grossa, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.33, p.23-31, 2011.

CORAL, G.; ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; IAFFE, A. Utilização de um modelo agro meteorológico na estimativa de produtividade da cultura da soja no Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. 2005.

DUARTE, P. A. Fundamentos de cartografia. 3. ed. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2006. (Série didática)

MARTINS, E. A. Sistema Informatizado de Coleta de Dados, Interpretação e Maximização da Eficiência de Um Sistema Fotovoltaico Autônomo de Pequena Potência. Botucatu, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em <https://www.ibge.gov.br>, acesso em 13 de agosto de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Atlas Escolar – Conceitos Gerais. Disponível em <https://atlasescolar.ibge.gov.br/conceitos-gerais/o-que-e-cartografia/altitude.html>, acesso em 13 de agosto de 2022.

PEREIRA, A. R; ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C. Meteorologia agrícola. Piracicaba. Esalq, 2007. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf, acesso em 13 de agosto de 2022.

PEREIRA, E. B. (2017). Atlas Brasileiro de Energia Solar - 2ª edição. São José dos Campos: INPE. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089> 80p.: il. (E-BOOK)

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (2014). Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro.

TÉCNICAS, A. B. (2020). NBR: 10899: Energia Solar Fotovoltaica - Terminologia: citações em documentos. Rio de Janeiro.