

COMPORTAMENTO DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL INCIDENTE DIÁRIA PARA REGIÃO DE GUARAPUAVA – PR.

Diniz, Flávia Cristina Panizzon¹; Pinheiro, Débora Fernandes¹; Kurchaidt, Sonia Maria²; Jadoski, Sidnei Osmar².

¹Estudante de Pós-graduação; Mestrado em produção vegetal - Laboratório de Fisiologia e Horticultura – Departamento de Agronomia na Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO, Guarapuava, PR, Brasil., flaviapanizzon@hotmail.com, deeh.fernandes@yahoo.com.br

²Professores Dr^{os} da Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO, Departamento de Agronomia. R. Simeão Varela de Sá, 03 - Vila Carli, 85.040-080, Guarapuava – PR, sonia@unicentro.br, sjadoski@unicentro.br

RESUMO

O saldo de radiação representa a energia disponível aos processos físicos e biológicos que ocorrem na superfície terrestre e é representado pelo cálculo entre a energia radiante que entra e sai no sistema solo-planta-atmosfera. Um dos fatores que mais interfere no crescimento e desenvolvimento das plantas é a disponibilidade de radiação solar, pois toda a energia necessária para a realização da fotossíntese, processo que transforma o CO₂ atmosférico em energia metabólica é oriundo da radiação solar. Diante do exposto, objetivou-se com esse estudo, estimar o saldo de radiação global incidente médio através de dados diários com base mensal e decendial, ao longo de 20 anos para a região de Guarapuava-PR. Os dados diários utilizados compreenderam o período de janeiro de 1984 a dezembro de 2014 e foram obtidos do SIMEPAR-PR e da Estação Agrometeorológica da Unicentro, localizada no campus Cedeteg da Universidade Estadual do Centro Oeste-UNICENTRO. Os cálculos foram efetuados a partir da metodologia do balanço de energia, conforme descrito por Escobedo et al (2008). Alguns parâmetros foram determinados sendo eles declinação solar, ângulo horário, fotoperíodo, radiação solar incidente no topo da atmosfera, balanço de ondas curtas e balanço de ondas longas. Os resultados mostraram que a maior média de radiação anual foi de 372,95 caloria cm²/dia no ano de 2012, sendo que a menor foi observada no ano de 2001 com 296,82 caloria cm²/dia, ou seja, é evidente a tendência de aumento linear no período. Já com relação ao saldo de radiação mensal, observou-se que a maior média foi em janeiro de 2013 com 511,80 caloria cm²/dia, e a menor foi no mês de maio do ano de 2004 com 157,90 caloria cm²/dia. Conforme dados decendiais, os meses de junho e novembro foram os que apresentaram maior e menor saldo de radiação. Podemos concluir que a radiação na região varia conforme a época do ano, havendo um aumento significativo durante os meses, iniciando em julho até novembro, momento no qual se estabiliza até janeiro, voltando a decrescer até julho. Isto mostra que, a radiação incidente sobre as plantas é diferente durante decêndio, mês e ano, com isso, todos os efeitos sobre a cultura podem acontecer de forma distinta.

PALAVRAS-CHAVE: radiação solar, coeficientes locais, energia diária.

INTRODUÇÃO

O saldo de radiação representa a energia disponível aos processos físicos e biológicos que ocorrem na superfície terrestre. Essa energia é a diferença entre os fluxos totais da radiação incidente e a “perdida” (emitida e/ou refletida) por uma superfície, medida, normalmente, em plano horizontal. Ao longo do dia, nas horas de brilho solar, o saldo de radiação em uma superfície qualquer tende a ser positivo, pois os fluxos incidentes (global e atmosférico) são superiores às frações refletidas e emitidas. (GEIGER, 1961; MONTEITH e UNSWORTH, 1990).

O balanço de radiação é o cálculo entre a energia radiante que entra e sai no sistema solo-planta-atmosfera, ou seja, entre os fluxos descendentes e ascendentes de radiação. A quantidade de energia que fica presa na superfície e que será utilizada nos fenômenos físicos e biológicos, denomina-se saldo de radiação (IRMAK, 2011).

Um dos fatores que mais interfere no crescimento e desenvolvimento das plantas é a disponibilidade de radiação solar, pois toda a energia necessária para a realização da fotossíntese, processo que transforma o CO₂ atmosférico em energia metabólica é oriundo da radiação solar (TAIZ e ZIEGER, 2006).

Conforme Monteith (1965), quando o fornecimento de água e nutrientes é efetivo as plantas, o coeficiente que mais limita a produção é a radiação solar. Como substrato para a produção de açúcares e/ou cadeias de carbono para rotas de biossíntese, no ciclo de Calvin e Benson, a energia solar é conservada na forma de ATP e NADPH (TAIZ e ZIEGER, 2006). A radiação solar também está intimamente correlacionada com a taxa respiratória, onde plantas de sol respiram até 40 vezes mais do que plantas de sombra. Além da respiração aumentar semelhantemente a taxa de crescimento e em condições de senescência, até certo ponto (JONES, 1994; PEREIRA, 2002; TAIZ e ZIEGER, 2006).

Alguns outros mecanismos fisiológicos também são influenciados pela radiação solar, como a ativação de diversas enzimas que estão envolvidas no processo fotossintético (TAIZ e ZIEGER, 2006), além do movimento estomático (SHIMAZAKI et al., 1993). Diante do exposto, objetivou-se com esse estudo, estimar o saldo de radiação global incidente médio através de dados diários com base mensal e decenal, ao longo de 20 anos para a região de Guarapuava-PR.

METODOLOGIA

Os dados diários utilizados para a realização das avaliações compreenderam o período de janeiro de 1984 a dezembro de 2014 e foram obtidos através do SIMEPAR-PR e da Estação Agrometeorológica da Universidade Estadual do Centro-Oeste-UNICENTRO, localizada no campus Cedeteg situa-se em 25°23'02" S, 51° 29'43" W; 1.120 m de altitude. Segundo o sistema de classificação de Köppen o clima regional é classificado como Cfb – subtropical mesotérmico úmido.

Os cálculos foram efetuados a partir da metodologia do balanço de energia, conforme descrito por Escobedo et al (2008). Para as determinações foram considerados: Constante

psicrométrica para psicrômetro não aspirado $\gamma=0,0008\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; Insolação (horas) conforme dados medidos com heliógrafo; Pressão atmosférica: média diária (barógrafo); Albedo (r) para condição de solo vegetado em ciclo médio de desenvolvimento vegetal e condições locais.

Para os valores diários foram determinados alguns parâmetros, como a declinação solar, pois ela varia diariamente, para determinação utilizou-se o calendário em “dia Juliano” (DJ = posição numérica de uma determinada data variando entre os 365 dias do ano ou seja, de 1 de janeiro a 31 de dezembro) por meio:

$$\delta = 23,4523 \times \sin\left(360 \times \frac{284 + DJ}{365}\right)$$

Outro parâmetro foi o ângulo horário (h) através de:

$$h = \arccos(-\tan\phi \times \tan\delta)$$

sendo:

$$(\phi = \text{latitude})$$

Tendo o valor de h determinou-se o fotoperíodo (N) pela expressão:

$$N = \frac{2 \times h}{15}$$

Em seguida, calculou a radiação solar incidente no topo da atmosfera (Q_0):

$$Q_0 = 917 \times [(h^* \times \sin\phi \times \sin\delta) + (\cos\phi \times \cos\delta \times \sin h)]$$

Conhecendo a Q_0 pode determinar o balanço de ondas curtas (BOC) através:

$$Boc = Q_0 \times \left[a + b \left(\frac{n}{N} \right) \right] \times (1 - r)$$

Sendo a e b coeficientes regionais (Angström-Prescott) que foram calculados a partir da declinação solar local. A determinação do balanço de onda longa (BOL) é dada

$$Bol = -1,1907 \times T^4_{^{\circ}K} \times (0,56 - 0,09\sqrt{ea}) \times \left(0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \right)$$

por:

Considerando:

$$^{\circ}K = ^{\circ}C + 273$$

Tensão de vapor (ea):

$$ea = (e_{s_{T_u}} - \gamma \times P \times (T_s - T_u))$$

Com temperaturas de bulbo seco e úmido (T_s e T_u , respectivamente).

O valor da tensão de saturação com temperatura de bulbo úmido ($e_{s_{T_u}}$) que foi determinado por:

$$es_{Tu} = 4,5825 \times 10^{\frac{7,5 \times Tu}{237,3 + Tu}} \quad es_{Tu} = mmHg$$

Desta forma o saldo de radiação será dado por:

$$RL = Boc + Bol$$

Expresso em Ly/dia = cal/cm²/dia,

Posteriormente foram realizados cálculos diários para estabelecer o comportamento mensal, avaliação das variações médias ao longo do ano e análises para períodos específicos e para a variação temporal ao longo dos últimos 20 anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente os dados foram submetidos ao teste de normalidade pelos métodos Anderson – Darling e Kolmogorov – Smirnov, sendo que os mesmos possuem distribuição normal. A seguir passou-se a análise dos resultados da radiação solar. Como demonstrado na figura 1., a menor média de radiação anual foi no ano de 2001 com 296,82 caloria cm²/dia e a maior média de radiação anual foi de 372,95 caloria cm²/dia no ano de 2012, no período analisado que abrange janeiro de 1984 a dezembro de 2014.

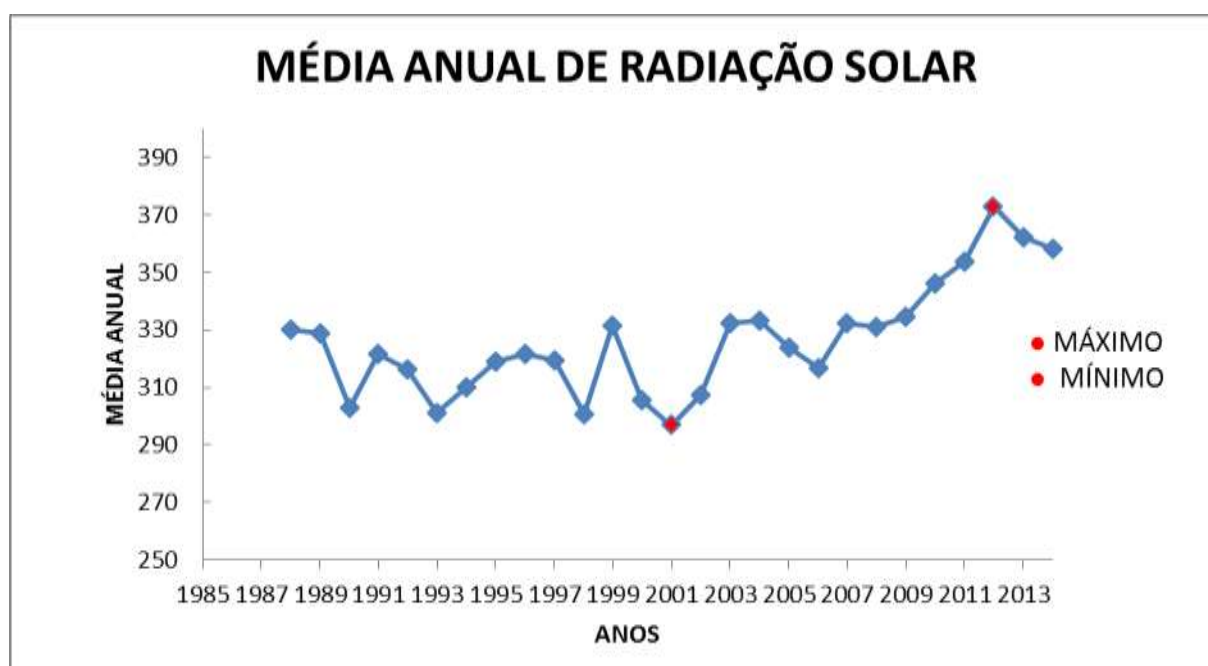


FIGURA 1 – MÉDIA ANUAL DE RADIAÇÃO SOLAR

Em relação ao saldo de radiação mensal, onde observa-se que a maior média foi em janeiro de 2013 com 511,80 caloria cm²/dia, e a menor foi no mês de maio do ano de 2004 com 157,90 caloria cm²/dia como podemos observar na figura 2.

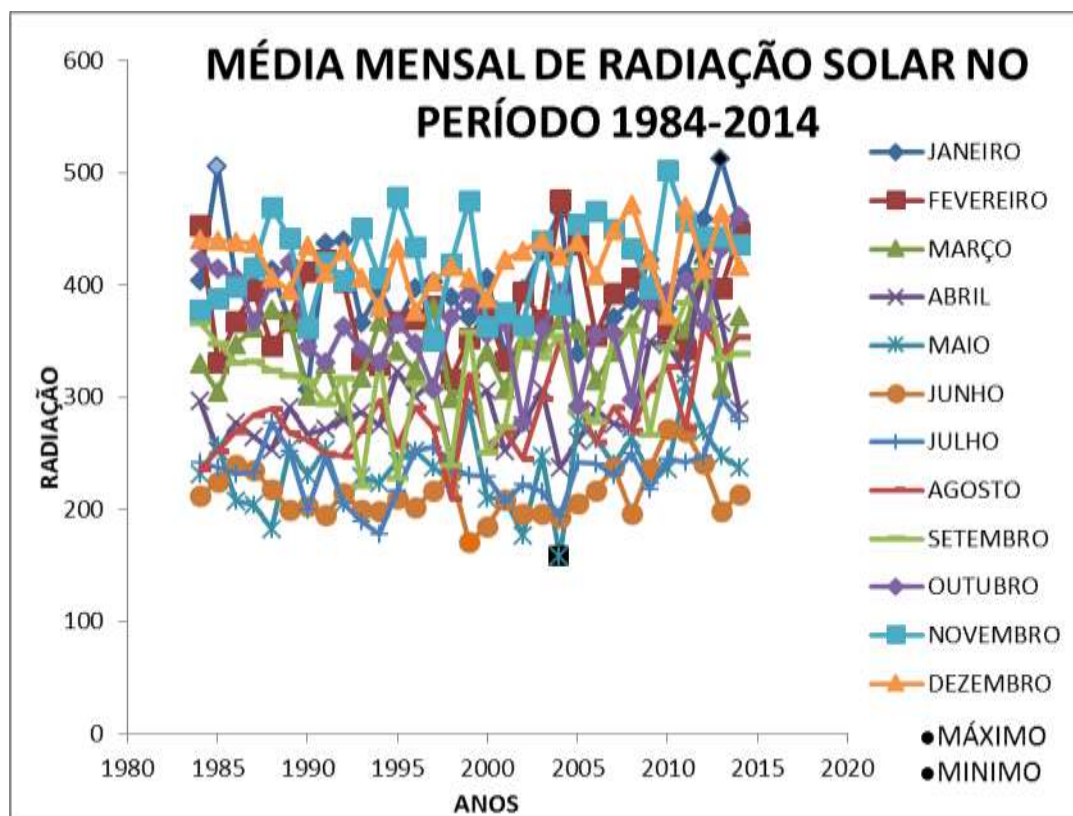


FIGURA 2 – MÉDIA MENSAL DE RADIAÇÃO SOLAR NO PERÍODO DE 1984 – 2014.

Calculou-se também a variação da radiação solar conforme cada decêndio dos meses do ano, assim de acordo com seu comportamento selecionou-se os meses com as maiores e menores médias de radiação, que foram os meses de junho e novembro, conforme tabela 1., abaixo.

TABELA 1 – RADIAÇÃO SOLAR DECENDIAL DE 1984 A 2014.

Período	Decêndio	Ano / Menor	Ano / Maior
Janeiro	1º	1990/256,2	2012 / 540
	2º	1990/295,4	2013 / 563,3
	3º	1989/316,5	2013 / 578,9
Fevereiro	1º	2003/346,4	2005 / 525,5
	2º	2001/262	1992 / 473,7
	3º	1988/285,8	2004 / 486,7
Março	1º	1992/319,4	2012 / 489,3
	2º	2013/215,5	2012 / 419,6
	3º	1990/242,63	1988 / 400,54

Abril	1º	2001/206	2012 / 489,3
	2º	2008/180,5	2012 / 419,6
	3º	1998/179,7	2013 / 387,7
Maio	1º	1988/161	2012 / 341,9
	2º	1987/137,9	1999 / 309,4
	3º	2004/123	2011 / 317,81
Junho	1º	2003/134,8	2011 / 294,8
	2º	1999/105,1	2011 / 302,9
	3º	2004/137,6	2012 / 322,7
Julho	1º	1994/143,3	2012 / 299,3
	2º	2010/155,9	2014 / 312,5
	3º	2004/148,45	2013 / 328,36
Agosto	1º	1997/165,6	2004 / 384,9
	2º	1998/140,1	2013 / 389,4
	3º	2001/206,45	2010 / 376,72
Setembro	1º	2009/204,4	2007 / 398,4
	2º	2000/155,5	2012 / 404,2
	3º	1995/126	2012 / 449,8
Outubro	1º	1997/241,17	2013 / 465,9
	2º	1990/243	1984 / 440,1
	3º	2002/218,54	1986 / 488,85
Novembro	1º	1984/304	2011 / 528,2
	2º	1990/335,6	2010 / 505,4
	3º	2002/305,6	2008 / 539,3
Dezembro	1º	2010/315,2	2009 / 488,4
	2º	1996/343,8	2011 / 532
	3º	1988/327,26	1990 / 502,18

A seguir nas figuras 3 e 4 apresenta-se os gráficos contendo os dois meses de maior e menor radiação solar decendial, para ilustração do seu comportamento.

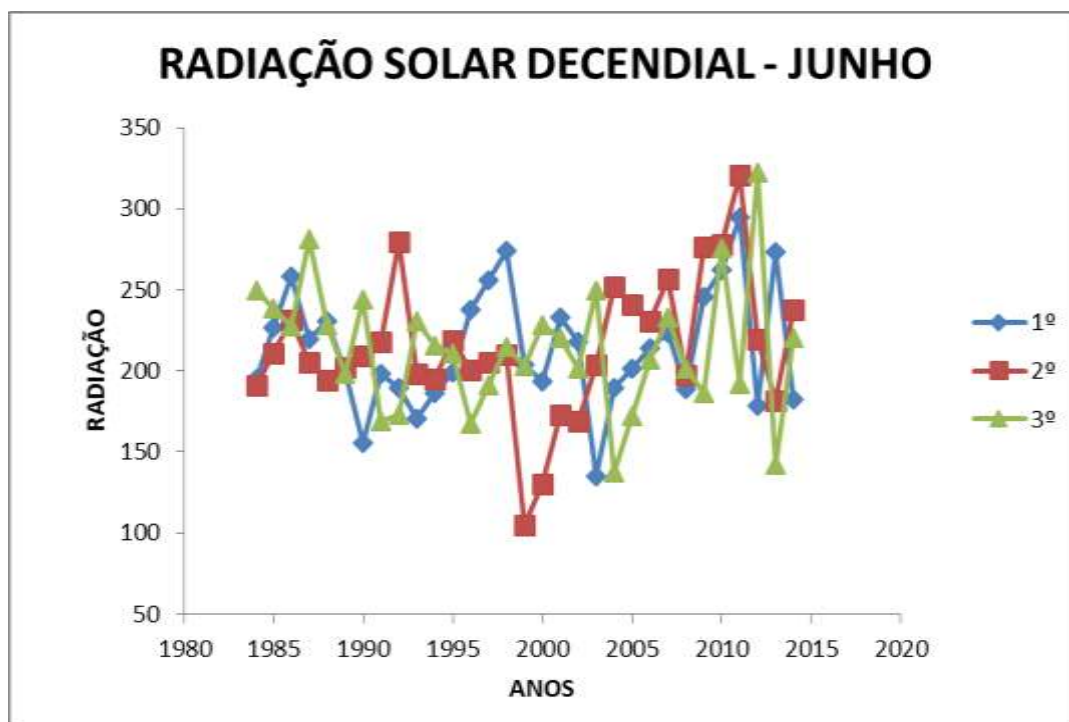


FIGURA 3 – RADIÇÃO SOLAR DECENDIAL REFERENTE AO MÊS DE JUNHO.

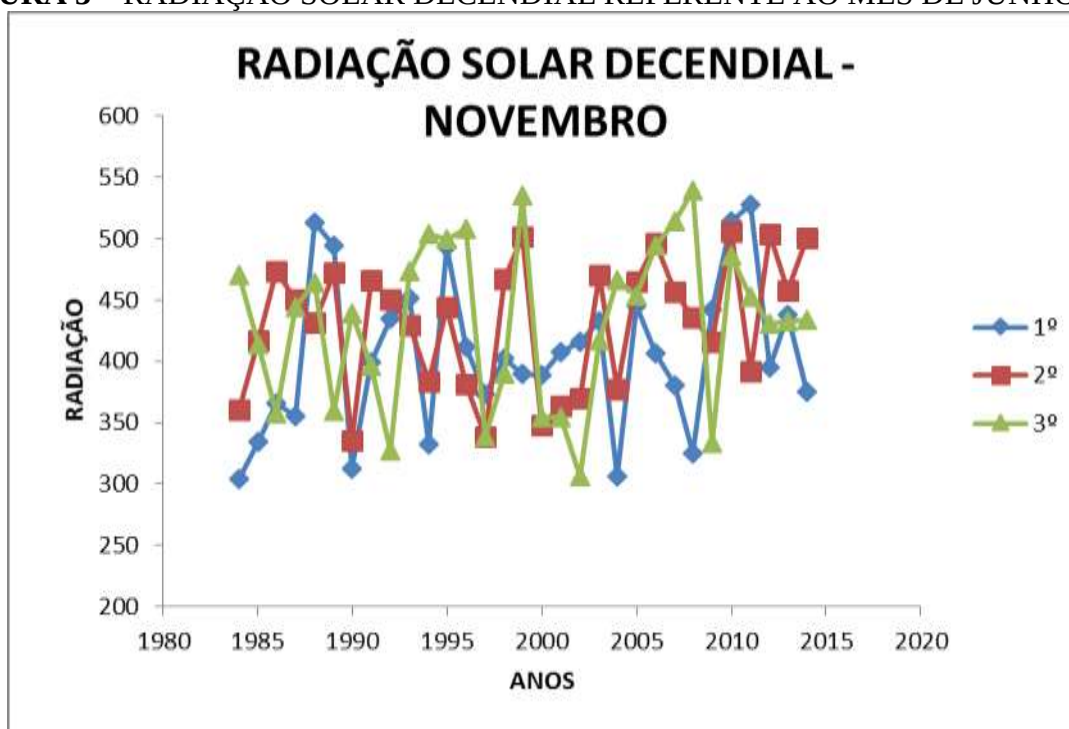


FIGURA 4 – RADIÇÃO SOLAR DECENDIAL MÊS DE NOVEMBRO.

CONCLUSÕES

Com os dados anuais podemos dizer que houve uma evidente tendência de aumento linear no período. Durante os anos analisados em relação à média mensal, janeiro do ano de 2013 obteve maior média e maio de 2004 apresentou menores amplitudes. Conforme dados decendiais, os meses de junho e novembro foram os que apresentaram maior e menor saldo de radiação.

Podemos concluir que a radiação em Guarapuava varia conforme a época do ano, havendo um aumento significativo durante os meses, iniciando em julho até novembro, momento no qual se estabiliza até janeiro, voltando a decrescer até julho. Isto mostra que, a radiação incidente sobre as plantas é diferente durante decêndio, mês e ano, com isso, todos os efeitos sobre a cultura podem acontecer de forma distinta.

Conhecendo a variação do saldo de radiação, pode-se estimar atividades agrícolas como cálculo da evapotranspiração e implantação de sistemas de irrigação, realização de zoneamentos agroclimáticos, estabelecimento e utilização de modelos de crescimento e produção com alto potencial produtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GEIGER, R. **Manual de microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo**. 3.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961. 556p.

JONES, H.G. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 428p.

IRMAK, A. **Evapotranspiration – Remote Sensing and Modeling**. Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. December, 2011.

MONTEITH, J.L. Light distribution and photosynthesis in field crops. **Annals of Botany**, v.29, p.17- 37, 1965.

MONTEITH, J.L.; UNSWORTH, M. H. **Principles of environmental physics**. 2.ed. London: Edward Arnald, 291 p. 1990.

PEREIRA, C.R. **Análise do crescimento e desenvolvimento da cultura de soja sob diferentes condições ambientais**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, 2002, 282p.

SHIMAZAKI, K.; OMASA, K.; KINOSHITA, T.; NISHIMURA, M. Properties of the signals transduction pathway in the blue light response of stomatal guard cells of *Vicia faba* and *Commelina benghalensis*. **Plant Cell Physiology**, v.8, p.1321-1327, 1993.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. Eliane Romanato Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719p.