



## Caracterização fisiológica e evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja

### *Physiological characterization and evolution of leaf area index in modern soybean cultivars*

Vinícius Kunz Fernandes\*, Giovani Benin<sup>†</sup>,

Roge Afonso Tolentino Fernandes<sup>‡</sup>, Otávio Ramos Campagnolli<sup>§</sup>, Laura Alexandra Madella<sup>¶</sup>,  
Maiara Cecília Panho<sup>‡</sup>

#### RESUMO

O presente trabalho objetivou determinar o índice de área foliar de diferentes cultivares modernas de soja, e verificar se essa característica possui influência na produtividade. O ensaio foi conduzido no município de Pato Branco – PR, onde foram realizadas avaliações nos estádios V5, R1, R3, R5 e R6 em que foram escolhidas 5 plantas aleatórias na parcela e foi medido o comprimento e largura do folíolo central no dossel inferior, médio e superior. Houve um acréscimo na área foliar na maioria das cultivares até R5, diminuindo em R6. Também foram avaliados os seguintes componentes de rendimento: altura de planta (AP); número de entrenós (NE); número de ramos por planta (NRP); número de vagens por ramos (NVR); número de vagens na haste principal (NVH); número de vagens por planta (NVP); altura da inserção da primeira vagem (AIPV) e nós improdutivos (NI). Houve correlação significativa entre o rendimento de grãos e o índice de área foliar para os estádios V5, R3 e R6, portanto a avaliação do índice de área foliar nesses estádios pode ser levada em consideração quando se deseja escolher linhagens mais produtivas dentro de um programa de melhoramento genético.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, Melhoramento genético, Produtividade.

#### ABSTRACT

The present work aimed to determine the leaf area index of different modern soybean cultivars, and to verify if this characteristic has an influence on yield. The trial was conducted in the municipality of Pato Branco - PR, where evaluations were carried out at stages V5, R1, R3, R5 and R6 in which 5 random plants were chosen in the plot and the length and width of the central leaflet in the lower canopy were measured, middle and upper. There was an increase in leaf area in most cultivars up to R5, decreasing in R6. The following yield components were also evaluated: plant height (AP); number of internodes (NE); number of branches per plant (NRP); number of pods per branch (NVR); number of pods on main stem (NVH); number of pods per plant (NVP); height of insertion of the first pod (AIPV) and unproductive nodes (NI). There was a significant correlation between grain yield and leaf area index for stages V5, R3 and R6, so the evaluation of leaf area index at these stages can be taken into account when choosing more productive lines within a program of genetical enhancement.



**Keywords:** *Glycine max*, Genetical enhancement, Productivity

\* Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [viniciusf.1998@alunos.utfpr.edu.br](mailto:viniciusf.1998@alunos.utfpr.edu.br)

<sup>†</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco; [giovani.bn@gmail.com](mailto:giovani.bn@gmail.com)

<sup>‡</sup> Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [afonso412@gmail.com](mailto:afonso412@gmail.com)

<sup>§</sup> Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [otaviocampagnolli@alunos.utfpr.edu.br](mailto:otaviocampagnolli@alunos.utfpr.edu.br)

<sup>¶</sup> Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [Laura-madella12@hotmail.com](mailto:Laura-madella12@hotmail.com)

<sup>‡</sup> Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [maiarapanho@gmail.com](mailto:maiarapanho@gmail.com)



## 1 INTRODUÇÃO

A soja vem sendo uma das plantas mais estudadas e melhorada geneticamente, atingindo cada vez mais ganhos e produtividades elevadas. Neste sentido, um dos fatores determinantes para elevadas produtividades é a capacidade de interceptação da radiação solar pelas plantas, que é estimada pelo índice de área foliar (IAF). Esse índice é calculado utilizando as medidas de área foliar de uma planta e área de solo ocupada (SOUZA et al., 2019).

Atualmente, existem inúmeras cultivares no mercado nacional de soja, e observa-se variações entre os produtos em relação à arquitetura de planta, altura, formato, tamanho e posição das folhas, além do porte de cada cultivar (BALBINOT JUNIOR et al., 2013). Esses fatores influenciam na capacidade de interceptação da radiação solar onde, genótipos com porte mais ereto e maior área foliar teoricamente possuem maior capacidade de interceptar radiação e conseqüentemente maior produção de fotoassimilados que serão translocados para regiões de interesse alcançando assim maiores produtividades (MUCHOW et al., 1985). Durante o ciclo da soja, o conhecimento da relação entre IAF e produtividade pode fundamentar práticas de manejo singulares para cada genótipo para que seja alcançado um IAF adequado, para atingir produtividades elevadas (TAGLIAPIETRA et al., 2018).

Dentre os meios para determinar o IAF, se destaca o método de medições nas folhas, que utiliza o comprimento e largura do folíolo central onde os valores obtidos são multiplicados por uma constante e divididos pela área de solo ocupada pela planta, obtendo assim o IAF (RICHTER et al., 2014). É um método simples, eficaz e que não exige material e estrutura aprimorados, podendo ser realizado com facilidade. Diante disso, esse trabalho objetivou determinar o índice de área foliar pelo método de Richter, em diferentes cultivares modernas de soja e avaliar como isso influenciou na produtividade e componentes de rendimento.

## 2 MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

O experimento foi conduzido na área experimental da UTFPR localizada no Município de Pato Branco, na safra 2020/2021. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com 3 repetições. As unidades experimentais foram constituídas de 4 linhas de cinco metros de comprimento com espaçamento de 0,5m e densidade de semeadura de 14 sementes/m linear. Foram utilizados 17 genótipos de soja, o plantio foi realizado no dia 30/11/2020. Foram realizadas 5 avaliações de índice de área foliar (IAF): nos dias 15/01/2021; 03/02/2021; 19/02/2021; 10/03/2021 e 15/03/2021, e nos estádios V5, R1, R3, R5 e R6 (FEHR, CAVINESS, 1977).

Em cada unidade experimental foram selecionadas aleatoriamente 5 plantas e identificadas para realizar as avaliações de IAF. Foram medidos comprimento e largura do folíolo central no dossel superior médio e inferior de cada planta. Os valores obtidos foram multiplicados pelo fator de correção ( $w:2,0185$ ) descrito por Richter et al., (2014) e posteriormente calculada a área foliar total (AF). A colheita foi realizada quando as plantas atingiram a maturação fisiológica. Foram coletadas 5 plantas de cada parcela para contagem dos componentes de rendimento: a) altura de planta (AP) em cm, a partir da superfície do solo; b) número de entrenós, contabilizando os nós na haste principal; c) número de ramos por planta (NRP); d) número de vagens por

\* Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [vinciusf.1998@alunos.utfpr.edu.br](mailto:vinciusf.1998@alunos.utfpr.edu.br)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco; [giovani.bn@gmail.com](mailto:giovani.bn@gmail.com)

‡ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [afonso412@gmail.com](mailto:afonso412@gmail.com)

§ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [otaviocampagnoli@alunos.utfpr.edu.br](mailto:otaviocampagnoli@alunos.utfpr.edu.br)

¶ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [Laura-madella12@hotmail.com](mailto:Laura-madella12@hotmail.com)

‡ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [maiarapanho@gmail.com](mailto:maiarapanho@gmail.com)



ramos (NVR) obtidos a partir da contagem do número de vagens presentes nos ramos; e) número de vagens na haste principal (NVH); f) número de vagens por planta (NVP); g) altura da inserção da primeira vagem (AIPV) em cm, da altura do solo até a primeira vagem e h) nós improdutivos (NI) sendo o número de nós em que havia ausência de vagens ou ramos. Para quantificar o rendimento de grãos (RG), foram colhidas as 2 linhas centrais da parcela. Após trilhadas, pesadas, a umidade dos grãos foi corrigida para 13% e o rendimento convertido para kg/ha-1. Para o peso de mil sementes (PMS).

### 3 RESULTADOS

Para o caractere rendimento de grãos (RG), as cultivares BMX Zeus IPRO, M 6410 IPRO, 2165 IPRO, 95y02 IPRO, TMG 7063 IPRO e TMG 7067 IPRO não diferiram estatisticamente entre si e alcançaram produtividade média de (4189,6; 4133,3; 3778,5; 3721,5; 3527,4 kg/ha-1), respectivamente. Para o caractere peso de mil sementes (PMS), as cultivares TMG 7063 IPRO (202,1g), TMG 7067 IPRO (201,4g) e NS6700 IPRO (209,9g), apresentaram elevada média.

**Tabela 1 – Médias para rendimento de grãos (RG, kg ha-1), sacas por hectare (sacas ha-1) e peso de mil sementes (PMS) dos genótipos de soja avaliados. UTFPR - Campus Pato Branco, 2021.**

Genótipos	Média (kg há-1)	Sacas há-1	PMS (g)
BMX ZEUS IPRO	4189,6a	69,8	178b
M 6410 IPRO	4133,3a	68,9	163,5b
2165 IPRO	3778,5a	63	169b
95y02 IPRO	3721,5a	62	170,2b
TMG 7063 IPRO	3575,4a	59,6	202,1a
TMG 7067 IPRO	3527,4a	58,8	201,4a
NS 6700 IPRO	3271,1b	54,5	209,9a
M 5705 IPRO	3200b	53,3	149,4c
M 5917 IPRO	3130,4b	52,2	146,3c
NS 5959 IPRO	3031,9b	50,5	164,5b
BMX FIBRA IPRO	2899,3b	48,3	129,3d
M 5838 IPRO	2825,9b	47,1	172,7b
BMX RAI0 IPRO	2797,8b	46,6	147,4c
58i60 RSF IPRO	2782,2b	46,4	150,7c
NA 5909 RG	2739,9b	45,7	172,4b
DM 57i52 RSF IPRO	2683,7b	44,7	143,5c
DM 5958 RSF IPRO	2470,4b	41,2	161,9b
Média	3221,07	53,68	166,6

**\*\*Médias seguidas por letras iguais não apresentam diferença significativa a nível de 5% pelo teste de Scott-Knott; Campus Pato Branco – PR, 2021.**

**Fonte: Autoria própria.**

\* Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [viniciusf.1998@alunos.utfpr.edu.br](mailto:viniciusf.1998@alunos.utfpr.edu.br)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco; [giovani.bn@gmail.com](mailto:giovani.bn@gmail.com)

‡ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [afonso412@gmail.com](mailto:afonso412@gmail.com)

§ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [otaviocampagnolli@alunos.utfpr.edu.br](mailto:otaviocampagnolli@alunos.utfpr.edu.br)

¶ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [Laura-madella12@hotmail.com](mailto:Laura-madella12@hotmail.com)

‡ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [maiarapanho@gmail.com](mailto:maiarapanho@gmail.com)



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

Dentre os componentes de rendimento analisados, a altura média das plantas (AP) foi a que apresentou maiores diferenças, com cultivares que apresentaram altura média de 60cm a 100 cm. Entre as cultivares com maior AP, destacaram-se TMG 7067 IPRO, M 6410 IPRO e TMG 7063 IPRO, estas também pertencem ao grupo de maturidade relativa mais alto: 6,7; 6,4 e 6,4 respectivamente. Esse comportamento, pode ser explicado porque plantas com grupo de maturação maior necessitam de mais horas luz para atingirem os estádios reprodutivos, com isso, tem um maior estágio vegetativo, sendo superiores em altura e com um ciclo maior até a maturação. Além disso a padronização da densidade de sementeira (14 sementes/m linear) para todos as cultivares também contribuiu para que alguns genótipos apresentassem altura elevada (BRACCINI et al., 2004; SOBKO et al., 2019).

O ganho de área foliar total foi semelhante entre as cultivares. No estágio V5 as cultivares TMG 7067 IPRO, TMG 7063 IPRO, 2165 IPRO, M 5917 IPRO, NS 5959 IPRO e BMX Zeus IPRO se destacaram. O IAF para estas variou entre 4.1 e 4.8. Algumas cultivares como 2165 IPRO, NS 6700 IPRO, M 5705 IPRO apresentaram valores de IAF próximos e superiores a 5 nos estádios R1 e R3. No estágio R5 não houve diferença significativa a 5% pelo teste de Skott-Knott, entre as cultivares. Em R6 as cultivares 2165 IPRO, M 5917, NS 5959 IPRO, BMX Zeus IPRO, DM 5958 RSF IPRO e BMX RAI0 IPRO apresentaram constância no IAF até o final das avaliações, as demais apresentaram uma redução de área foliar em R6.

Em geral, as cultivares modernas apresentaram um alto ganho de IAF entre os estádios V5 a R1. Entre esses estádios ocorre um vigoroso desenvolvimento de folhas e a partir do primeiro estágio reprodutivo a planta demanda maior quantidade de fotoassimilados e consequentemente maior interceptação de radiação (CASAROLI et al., 2007). A altura de planta (AP) apresentou correlação significativa com NE, AIPV, NI, RG e IAF em V5 e R3.

Avaliar o IAF nos estádios V5, R3 e R6 pode ser uma característica eficiente para selecionar cultivares com maior RG, neste trabalho foi possível observar que o IAF estabelece uma certa correlação com o rendimento de grãos. Sendo assim, num programa de melhoramento genético quando se pretende selecionar genótipos com alto rendimento, é interessante medir a capacidade de cada linhagem em interceptar radiação solar. Essa avaliação poderá ser realizada nos estádios R1 e R3 pois é neles em que ocorre a maior demanda por radiação por conta de que durante esse período ocorre a formação de flores (R1) e vagens (R3), componentes que influenciam diretamente no rendimento (FEHR e CAVINESS, 1977).

\* Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [viniciusf.1998@alunos.utfpr.edu.br](mailto:viniciusf.1998@alunos.utfpr.edu.br)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco; [giovani.bn@gmail.com](mailto:giovani.bn@gmail.com)

‡ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [afonso412@gmail.com](mailto:afonso412@gmail.com)

§ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [otaviocampagnoli@alunos.utfpr.edu.br](mailto:otaviocampagnoli@alunos.utfpr.edu.br)

¶ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [Laura-madella12@hotmail.com](mailto:Laura-madella12@hotmail.com)

‡ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [maiarapanho@gmail.com](mailto:maiarapanho@gmail.com)



**Tabela 3 – Correlação de Pearson para as variáveis altura de planta (AP), número de entrenós (NE), número de ramos por planta (NRP), número de vagens nas ramificações (NVR), número de vagens na haste principal (NVH), número de vagens por planta (NVP), altura da inserção da primeira vagem (AIPV), índice de área foliar em vegetativo (IAF V5) e reprodutivo (IAF R3), (IAF R5) e (IAF R6). Avaliado nas cultivares de soja.**

	AP	NE	NRP	NVR	NVH	NVP	AIPV	NI	RG	PMS	IAF V5	IAF R1	IAF R3	IAF R5	IAF R6
IAF R6	0,31	0,24	0,45	0,27	0,19	-0,08	-0,07	0,36	0,52*	0,3	0,55*	0,75*	0,78*	0,66*	1
IAF R5	0,21	0,17	0,24	-0,15	0,22	0,051	0,14	0,15	0,14	0,15	0,069	0,6*	0,61*	1	-
IAF R3	0,65*	0,36	-0,16	0,01	0,27	0,24	0,17	0,54*	0,51*	0,35	0,55*	0,81*	1	-	-
IAF R1	0,45	0,46	-0,25	0,019	0,33	0,28	0,18	0,49*	0,35	0,29	0,53*	1	-	-	-
IAF V5	0,69*	0,75*	-0,17	-0,16	0,44	0,19	0,3	0,75*	0,49*	0,34	1	-	-	-	-
PMS	0,45	0,37	-0,25	-0,23	-0,046	-0,2	0,27	0,52*	0,39	1	-	-	-	-	-
RG	0,52*	0,21	-0,29	-0,12	0,075	-0,03	-0,12	0,36	1	-	-	-	-	-	-
NI	0,87*	0,83*	-0,16	-0,013	0,45	0,33	0,56*	1	-	-	-	-	-	-	-
AIPV	0,61*	0,54*	0,46	0,3	0,33	0,53*	1	-	-	-	-	-	-	-	-
NVP	0,48	0,44	0,4	0,71*	0,47	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NVH	0,48	0,55*	0,39	-0,28	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NVR	0,12	0,039	-0,74*	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRP	0,043	0,037	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NE	0,74*	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AP	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**\*\*Valores acompanhados de \* apresentaram correlação moderada ou forte;**

\* Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [viniciusf.1998@alunos.utfpr.edu.br](mailto:viniciusf.1998@alunos.utfpr.edu.br)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco; [giovani.bn@gmail.com](mailto:giovani.bn@gmail.com)

‡ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [afonso412@gmail.com](mailto:afonso412@gmail.com)

§ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [otaviocampagnolli@alunos.utfpr.edu.br](mailto:otaviocampagnolli@alunos.utfpr.edu.br)

¶ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [Laura-madella12@hotmail.com](mailto:Laura-madella12@hotmail.com)

‡ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [maiarapanho@gmail.com](mailto:maiarapanho@gmail.com)



## 4 CONCLUSÃO

As cultivares 2165 IPRO, NS6700 IPRO, M 5705 IPRO, M 5917 IPRO, BMX Zeus IPRO e TMG 7063 IPRO, apresentaram maior índice de área foliar ao longo do ciclo.

As cultivares BMX ZEUS IPRO, M 6410 IPRO, 2165 IPRO, 95y02 IPRO, TMG 7063 IPRO e TMG 7067 IPRO, apresentaram maior rendimento de grãos.

As cultivares 2165 IPRO, BMX Zeus IPRO e TMG 7063 apresentaram os maiores valores de índice de área foliar e consequentemente maior produtividade.

O índice de área foliar nos estádios V5, R3 e R6 pode ser utilizado para selecionar cultivares com maior rendimento de grãos.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio, a meu Orientador, e a meus colegas que desempenharam um importante papel.

## REFERÊNCIAS

- SOUZA, Ana Laura Pereira et al. Avaliação de três métodos de obtenção do índice de área foliar para cultura da soja. **Nativa**, v. 7, n. 3, p. 284-287, 2019.
- MUCHOW, R. C. An analysis of the effects of water deficits on grain legumes grown in a semi-arid tropical environment in terms of radiation interception and its efficiency of use. **Field Crops Research**, v. 11, p. 309-323, 1985.
- BALBINOT JUNIOR, A. A. et al. Semeadura cruzada na cultura da soja. Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2013.
- TAGLIAPIETRA, Eduardo Lago et al. Optimum leaf area index to reach soybean yield potential in subtropical environment. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 3, p. 932-938, 2018.
- RICHTER, Gean Leonardo et al. Estimativa da área de folhas de cultivares antigas e modernas de soja por método não destrutivo. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 416-425, 2014.
- FEHR, Walter R.; CAVINESS, Charles E. Stages of soybean development. 1977.
- SOBKO, Olena et al. Effect of sowing density on grain yield, protein and oil content and plant morphology of soybean (*Glycine max* L. Merrill). **Plant, Soil and Environment**, v. 65, n. 12, p. 594-601, 2019.
- BRACCINI, Alessandro de Lucca et al. Características agronômicas e rendimento de sementes de soja na semeadura realizada no período de safrinha. **Bragantia**, v. 63, p. 81-92, 2004.
- CASAROLI, Derblai et al. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja uma revisão. [Solar Radiation and Physiologic Aspects in Soybean—A Review.]. **Revista da FZVA**, v. 14, p. 102-120, 2007.

\* Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [viniciusf.1998@alunos.utfpr.edu.br](mailto:viniciusf.1998@alunos.utfpr.edu.br)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco; [giovani.bn@gmail.com](mailto:giovani.bn@gmail.com)

‡ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [afonso412@gmail.com](mailto:afonso412@gmail.com)

§ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [otaviocampagnoli@alunos.utfpr.edu.br](mailto:otaviocampagnoli@alunos.utfpr.edu.br)

¶ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [Laura-madella12@hotmail.com](mailto:Laura-madella12@hotmail.com)

‡ Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil; [maiarapanho@gmail.com](mailto:maiarapanho@gmail.com)