

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**WENDEL BOGGIO**

**PROGRESSO GENÉTICO EM CARACTERES AGRONÔMICOS DE  
SOJA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2017**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**WENDEL BOGGIO**

**PROGRESSO GENÉTICO EM CARACTERES  
AGRONÔMICOS DE SOJA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO  
2017**

WENDEL BOGGIO

**PROGRESSO GENÉTICO EM CARACTERES  
AGRONÔMICOS DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

PATO BRANCO

2017

**Boggio, Wendel**  
**PROGRESSO GENÉTICO EM CARACTERES AGRONÔMICOS DE**  
**SOJA / Wendel Boggio.**  
**Pato Branco. UTFPR, 2017**  
**35 f. : il. ; 30 cm**

**Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin**  
**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade**  
**Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco,**  
**2017.**

**Bibliografia: f. 30 – 33**

**1. Agronomia. 2. Rendimento de Grãos. I. Benin, Giovani. Universidade**  
**Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.**

**CDD: 630**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Pato Branco  
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias  
**Curso de Agronomia**



**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Trabalho de Conclusão de Curso - TCC**

**PROGRESSO GENÉTICO EM CARACTERES**  
**AGRONÔMICOS DE SOJA**

por

WENDEL BOGGIO

Monografia apresentada às 9:00 horas do dia 24 de novembro de 2017 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Matheus Henrique Todeschini**  
UTFPR

**Andrei Daniel Zdziarski**  
UFPR

**Giovani Benin**  
UTFPR  
Orientador

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR Câmpus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

A Deus em primeiro lugar, sem o qual nada seria possível.

A meus Pais que me apoiaram, ajudaram, entenderam e se dedicaram para que este sonho fosse possível.

A minha família com a qual pude contar em todos os momentos.

A todos os colegas e amigos que das formas mais simples ou complexas fizeram parte desta jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus em primeiro lugar por tudo.

Agradeço a minha família, amigos e colegas pelo apoio e incessante incentivo que em todos os momentos me ajudaram a continuar.

Agradeço ao meu orientador Dr. Giovani Benin, pelo suporte, orientação, correções e cobranças, que ajudaram a me impulsionar até aqui.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram fazendo parte da minha formação.

"E sabemos que todas as coisas contribuem juntamente para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito."

## RESUMO

BOGGIO, Wendel. PROGRESSO GENÉTICO EM CARACTERES AGRONÔMICOS DE SOJA. 35 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

A cultura da Soja (*Glycine max*) desempenha importante função econômica para o Brasil e mundo. O presente trabalho teve o objetivo de caracterizar o progresso genético em caracteres agronômicos de cultivares de soja, estabelecendo quais alterações nos componentes de rendimento mais impactaram no incremento da produtividade. O experimento foi implantado no município de Pato Branco-PR, na safra agrícola 2016/2017 na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Um total de 30 genótipos de soja lançados entre 1965 e 2011 foram avaliados em unidades experimentais constituídas por quatro linhas de cinco metros de comprimento espaçadas 0,5 m entre si ( $10 \text{ m}^2$ ) com densidade de semeadura de 350.000 sementes por  $\text{ha}^{-1}$ , utilizando um delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Para obtenção do rendimento de grãos foram colhidas apenas as duas linhas centrais de cada parcela, resultando em uma área útil de  $5 \text{ m}^2$ . Foram avaliados os componentes índice de acamamento (ACAM), rendimento biológico (RB), altura de inserção de primeira vagem (AIPV), número de nós por planta (NNP), número de ramos por planta (NRP), número de vagens por planta (NVP), índice de colheita (IC), estatura de planta (EP), peso de mil grãos (PMG) e rendimento de grãos (RG). No período de 1965 a 2011, encontrou-se RG médio de  $3987,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , variando de  $2696,61 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  no genótipo menos produtivo a  $5127,04 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  para o mais produtivo. O RG teve associação positiva com o ano de lançamento ( $0,71^*$ ), tendo incremento no RG de  $36,96 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  ao ano. Houve correlação positiva entre o RG e os caracteres RB ( $0,31^*$ ), IC ( $0,60^*$ ), AIPV ( $0,42^*$ ) e NVP ( $0,35^*$ ). Os componentes NRP ( $-0,57^*$ ), EP ( $-0,45^*$ ), e ACAM ( $-0,37^*$ ) apresentaram correlação negativa com o RG. A associação com ano de lançamento foi positiva para os componentes RB ( $r=0,51^*$ ), AIPV ( $r=0,54^*$ ), NVP ( $r=0,55^*$ ), IC ( $r=0,39^*$ ) e RG ( $r=0,71^*$ ), já para os caracteres NVP ( $r=-0,69^*$ ), EP ( $r=-0,57^*$ ) e ACAM ( $-0,31^*$ ) a associação foi negativa.

**Palavras-chave:** Agronomia. Rendimento de Grãos. *Glycine max*.

## ABSTRACT

BOGGIO, Wendel. GENETIC PROGRESS IN AGRICULTURAL SOYBEAN CHARACTERS. 35 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2017.

Soya cultivation (*Glycine max*) plays an important economic role for the world and Brazil. The present work had the objective of characterizing the genetic progress in agronomic traits of soybean cultivars, establishing which changes in the yield components most impacted in the increase of productivity. The experiment was implemented in the municipality of Pato Branco-PR, in the agricultural crop 2016/2017 in the experimental area of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). A total of 30 soybean genotypes released between 1965 and 2011 were evaluated in experimental units consisting of four rows of five meters in length spaced 0.5 m apart (10 m<sup>2</sup>) with sowing density of 350,000 seeds per ha<sup>-1</sup>, using a randomized block design with three replicates. To obtain grain yield, only the two central lines of each plot were collected, resulting in a useful area of 5 m<sup>2</sup>. The number of nodes per plant (NNP), number of branches per plant (NRP), number of pods per plant, number of plants per plot (NPP), number of plants per plant (NVP), crop index (CI), plant height (PE), weight of a thousand grains (PMG) and grain yield (GR). In the period 1965 to 2011, the average RG of 3987.5 kg-ha<sup>-1</sup> was found, ranging from 2696.61 kg-ha<sup>-1</sup> in the less productive genotype to 5127.04 kg-ha<sup>-1</sup> for the most productive. The RG was positively associated with the year of launch (0.71 \*), with an increment in the RG of 36,96 kg-ha<sup>-1</sup> per year. There was a positive correlation between RG and RB (0.31 \*), IC (0.60 \*), AIPV (0.42 \*) and NVP (0.35 \*). The components NRP (-0.57 \*), EP (-0.45 \*), and ACAM (-0.37 \*) presented negative correlation with the RG. The association with release year was positive for the components RB (r = 0.51 \*), AIPV (r = 0.54 \*), NVP (r = 0.55 \*), and RG (r = 0.71 \*), whereas for the NPP (r = -0.69 \*), EP (r = -0.57 \*) and ACAM (-0.31 \*) the association was negative.

**Keywords:** Agronomy. Grain Yield. *Glycine max*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Análise de regressão das variáveis (A) RB: Rendimento biológico; (B) AIPV: Altura de inserção de primeira vagem; (C) NRP: Número de ramos por planta; (D) NVP: Número de vagens por planta; (E) IC: Índice de colheita; (F) EP: Estatura de planta; (G) ACAM: Acamamento e (H) RG: Rendimento de grãos em função dos anos. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2017. .... 24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cultivares de soja utilizadas no experimento e seus respectivos anos de lançamento e hábito de crescimento. UTFPR, Pato Branco - PR, 2017. ....	20
Tabela 2 – Análise de variância dos caracteres rendimento biológico (RB), altura de inserção de primeira vagem (AIPV), número de nós por planta (NNP), número de ramos por planta (NRP), número de vagens por planta (NVP), índice de colheita (IC), rendimento de grãos (RG), estatura de planta (EP), acamamento (ACAM) e peso de mil grãos (PMG). UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2017. ....	23
Tabela 3 - Correlação linear de pearson para variáveis Ano = Ano de Lançamento; RB = Rendimento biológico (g); AIPV = Altura de Inserção de Primeira Vagem (cm); NNP = Número de nós por planta; NRP = Número de ramos por planta; NVP = Número de vagens por planta; IC = Índice de Colheita; RG = Rendimento de Grãos (kg); EP = Estatura de Planta (cm); ACAM= Índice de acamamento; PMG = Peso de Mil Grãos (g). UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2017. ....	27

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

PR	Unidade da Federação – Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE ABREVIATURAS

RB	Rendimento biológico
AIPV	Altura de inserção de primeira vagem
NNP	Número de nós por planta
NRP	Número de ramos por planta
NVP	Número de vagens por planta
IC	Índice de colheita
RG	Rendimento de grãos
EP	Estatura de planta
ACAM	Acamamento
PMG	Peso de mil grãos
RGP	Rendimento de grãos por planta
RBP	Rendimento Biológico por planta

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 GERAL.....	16
2.2 ESPECÍFICOS.....	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA SOJA.....	17
3.2 PROGRESSO GENÉTICO.....	17
3.3 COMPONENTES DO RENDIMENTO.....	18
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1 Implantação e condução do experimento.....	20
4.2 Caracteres Avaliados.....	22
4.3. Análise estatística.....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
6 CONCLUSÕES.....	28
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
REFERÊNCIAS.....	30

## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*), atualmente é a principal Commodity nacional. Por esse motivo tem importante papel para economia do país, gerando renda e sendo um dos principais produtos exportados. A produção Brasileira de soja alcançou 114 milhões de toneladas no ano agrícola 2016/2017, tendo produtividade média de 3.364kg-há<sup>-1</sup>, com incremento de 17,2% em comparação com a safra 2015/2016 (Conab, 2017).

O incremento na produtividade ocorre via melhorias no manejo das culturas e programas de melhoramento genético. A seleção de genótipos mais adaptados e produtivos, tem há muito tempo contribuído para o aumento da produção mundial de grãos (ANSELMO et al., 2011). Novas cultivares vem sendo lançadas com potencial de produção cada vez maior, devido à resistência a doenças, maior capacidade para suportar condições ambientais desfavoráveis, e maior produção de grãos (Faria et al., 2007).

Existem diversos estudos sobre progresso genético para rendimento de grãos em soja no Brasil (TOLEDO et al., 1990; ALLIPRANDINI et al., 1993; RUBIN E SANTOS, 1996; LANGE E FEDERIZZI, 2009; PAGLIOSA, 2016), e no mundo (COBER E VOLDENG, 2012; WU et al., 2015; FELIPE et al., 2016). Rincker et al., (2014) relatou ganhos genéticos entre 20 e 23 kg/ha<sup>-1</sup> ao ano. Ramteke et al. (2011) obteve incremento anual de 2,6% em 39 anos de melhoramento. Esses estudos demonstram significativos avanços genéticos na cultura e eficiência por parte dos programas de melhoramento em selecionar genótipos com maior produtividade.

O incremento no rendimento de grãos gerado pelo melhoramento genético está associado a seleção de genótipos com caracteres agrônômicos que proporcionem maior produção de grãos (Faria et al., 2007). Segundo Mauad et al. 2010, componentes como número de ramos por planta e número de nós férteis têm relação com o potencial produtivo. Já para Unkovich et al. 2010, o índice de colheita, caracterizado pela razão entre peso de grãos e rendimento biológico foi fator impactante no incremento da produtividade de cultivares modernas.

A cultura da soja desempenha importante função na produção de alimentos a nível mundial (SEAB, 2012) e nacional (Conab, 2017), portanto, o

incremento de produtividade da cultura é eficiente em gerar lucratividade e garantir a produção de alimentos a nível mundial. A avaliação do progresso genético em caracteres agronômicos da cultura da soja fornece importantes informações quanto a mudanças ocorridas nos genótipos, e possibilita apontar estratégias para obtenção de futuros ganhos genéticos.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Caracterizar o progresso genético em caracteres agronômicos de cultivares de soja lançadas durante cinco décadas de melhoramento.

### 2.2 ESPECÍFICOS

Estabelecer quais caracteres agronômicos tiveram maiores mudanças e quais foram mais impactantes para o incremento da produtividade.

Identificar as maiores alterações entre cultivares antigas e modernas, permitindo indicar novos rumos para obtenção de ganhos genéticos futuros.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E HISTÓRICO

A soja (*Glycine max*) é atualmente uma das mais importantes culturas a nível mundial, sendo considerada a principal commodity agrícola do Brasil, contabilizando uma produção de 114 milhões de toneladas na safra 2016/2017 (Conab, 2017). No cenário internacional, o Brasil figura como o segundo maior exportador de soja do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, e ainda o setor agroindustrial corresponde a aproximadamente 30% do PIB, (ABREU, 2015).

#### 3.2 PROGRESSO GENÉTICO

A cultura da soja tem seu centro de origem na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do rio Yangtse na china sendo explorada pela humanidade há mais de 5.000 anos, porém, somente a partir da segunda década do século vinte que esta espécie começou a ser utilizada pelo Ocidente. A partir de então ocorreu um aumento expressivo em sua área cultivada, trazendo destaque a espécie e tornando-a alvo de programas de melhoramento genético (EMBRAPA, 2004).

A seleção de genótipos que apresentem maior produtividade, aliada a uma boa adaptação é o principal foco dos programas de melhoramento genético. A produção em si é o "carro chefe" da economia, portanto, torna-se de fundamental importância o desenvolvimento de cultivares que respondam melhor ao ambiente de cultivo, tendo boa estabilidade, aliados a boa resposta em produtividade de grãos (FARIA et al., 2007). Para o desenvolvimento de novas cultivares, existem características de interesse que devem ser observadas, assim busca-se que cada nova cultivar lançada traga um acréscimo em produtividade (BESPALHOK et al., 2006).

### 3.3 COMPONENTES DO RENDIMENTO

O aumento da produtividade mundial de soja é proveniente da melhoria no manejo em conjunto com o progresso genético obtido nos programas de melhoramento genético (FERREIRA JUNIOR et al., 2013). Cultivares modernas apresentam características agronomicamente superiores que são responsáveis por determinar o rendimento de grãos por planta. Melhorias nos principais componentes de rendimento: número de vagens, nós e ramos por planta; índice de colheita e peso de mil Grãos, juntamente com outros caracteres importantes, trouxeram maior produtividade a cultura (MAUAD et al., 2010; UNKOVICH et al., 2010; Cruz et al., 2010).

O número de legumes por plantas é considerado o mais importante componente de rendimento da cultura (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005; KAHLON E BOARD, 2012). Durante o período reprodutivo da cultura ocorre a produção e fixação de flores, determinando o número potencial de legumes por planta. A produção de flores ocorre de maneira diferente em diferentes genótipos, alguns produzem um grande número, abortando até 70% dessas, outros tem uma emissão menor, porém mantendo-as em maior quantidade.

O número de nós por planta também é um importante fator quando nos referimos a produção de grãos. As inflorescências, responsáveis pela geração de vagens, são originárias das gemas axilares presentes nos nós (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005). Um baixo número de nós por planta pode significar um baixo número de flores e conseqüentemente produtividade.

Segundo Cox e Cherney (2011), o número de ramos por planta fornece capacidade compensatória para produção de grãos quando há grande variações no estande, sendo um importante mecanismo de plasticidade da cultura. Porém, como demonstrado por Junior e Costa, 2002 e Mauad (2010) o número excessivo de ramos pode servir de dreno, desviando os fotoassimilados da produção de estruturas reprodutivas para estruturas vegetativas e reduzindo a produtividade.

A caracterização do índice de colheita se dá pela razão entre o peso de grãos e rendimento biológico (UNKOVICH et al., 2010). Estudos em diversos países relacionam o progresso gerado pelo melhoramento genético na cultura da soja com o aumento do índice de colheita (KAHLON e BOARD, 2012; ROWNTREE et al.

2013; KARMAKAR e BHATNAGAR, 1996; JIN et al., 2008; JIN et al., 2010; MORRISON et al., 1999), cultivares modernas têm apresentado elevado IC, demonstrando maior eficiência na conversão de foto assimilados em produção de grãos.

A melhoria dos componentes de rendimento da cultura da soja traz importantes avanços para a agricultura moderna (BESPALHOK et al., 2006). Plantas mais resistentes ao acamamento (LINZMEYER JUNIOR et al., 2008) e com maior número de vagens, nós (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005), ramos (JUNIOR e COSTA, 2002) e índice de colheita (ROWNTREE et al., 2013) devem ser buscadas, gerando incremento no rendimento de grãos (LEITE et al., 2015).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi implantado no município de Pato Branco, safra agrícola de 2016/2017, na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) no delineamento de Blocos Casualizados (DBC). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho, com textura argilosa. O local de condução do experimento apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 26°17'58" de latitude sul, 52°68'92" de longitude oeste e altitude de 761m.

Um total de 30 genótipos de soja lançados entre 1965 e 2011 (Tabela 1) foram avaliados em unidades experimentais constituídas por quatro linhas de cinco metros de comprimento espaçadas 0,5 m entre si (10 m<sup>2</sup>), utilizando o delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Para obtenção do rendimento de grãos foram colhidas apenas as duas linhas centrais de cada parcela, resultando em uma área útil de 5 m<sup>2</sup>. A densidade de semeadura utilizada foi de 350.000 sementes por ha<sup>-1</sup>. A adubação de base foi realizada de acordo com a análise do solo. Os tratos culturais para controle de doenças, pragas e daninhas foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura (EMBRAPA, 2014).

**Tabela 1** – Cultivares de soja utilizadas no experimento e seus respectivos anos de lançamento e hábito de crescimento. UTFPR, Pato Branco - PR, 2017.

CULTIVARES	ANO DE LANÇAMENTO	HÁBITO DE CRESCIMENTO
Davis	1965	Determinado
Bragg	1966	Determinado
IAS 5	1973	Determinado
Paraná	1974	Determinado
BR 4	1979	Determinado
Nova Bragg	1981	Determinado
BR 16	1987	Determinado
OCEPAR 4 (Iguaçu)	1987	Determinado
FT Abyara	1988	Determinado
Embrapa 48	1995	Determinado
BRS 133	1997	Determinado

<b>CULTIVARES</b>	<b>ANO DE LANÇAMENTO</b>	<b>HÁBITO DE CRESCIMENTO</b>
<b>CD 202</b>	1998	Determinado
<b>CD 206</b>	1999	Determinado
<b>CD 208</b>	1999	Determinado
<b>BRS 184</b>	2001	Determinado
<b>V MAX (NK 412113)</b>	2001	Indeterminado
<b>CD 215</b>	2002	Determinado
<b>BRS 232</b>	2003	Determinado
<b>CD 214 RR</b>	2003	Determinado
<b>BMX Apolo</b>	2007	Indeterminado
<b>BMX Magna</b>	2007	Indeterminado
<b>BMX Potência</b>	2007	Indeterminado
<b>BMX Titan</b>	2007	Indeterminado
<b>V MAX RR</b>	2007	Indeterminado
<b>NA 5909</b>	2008	Indeterminado
<b>NS 4823</b>	2008	Indeterminado
<b>BRS 284</b>	2009	Indeterminado
<b>TMG 7161 RR</b>	2010	Indeterminado
<b>V.TOP RR</b>	2010	Indeterminado
<b>TMG 7262</b>	2011	Semi-Determinado

#### 4.2 CARACTERES AVALIADOS

Foi avaliado o índice de acamamento (ACAM) através da atribuição de notas visuais em uma escala de 1 (ereto) a 9 (prostrado) no estágio de enchimento de grãos completo (R6 - FEHR e CAVINESS, 1977).

No estágio de maturação fisiológica (R8) foi realizada a amostragem de 15 plantas por unidade experimental, e em seguida determinados os seguintes caracteres: Estatura de planta (EP), determinada pela distância entre o solo e o ápice da haste principal da planta; Altura de inserção de primeira vagem (AIPV), determinada pela distância entre o solo e a primeira vagem inferior da haste principal da planta; Numero de nós por planta (NNP), determinado pela contagem do número total de nós por planta amostrada, obtendo a média de nós por planta; Número de ramos por planta (NRP), determinado pela contagem do número de ramos por planta amostrada, obtendo a média de ramos por planta; Número de vagens por planta (NVP), determinado pela contagem de vagens por planta amostrada, obtendo a

média de vagens por planta. Após foi realizada a trilha e pesagem das plantas amostradas para determinar o peso de mil grãos (PMG).

O rendimento de grãos (RG) foi obtido através da colheita das duas linhas centrais de cada unidade experimental totalizando 5 m<sup>2</sup>, corrigidos em seguida para umidade de 13% e estimado para kg ha<sup>-1</sup>. O rendimento biológico (RB - Sementes, vagens e caule) por planta foi obtida pela pesagem da parte aérea das plantas amostradas, sendo obtido posteriormente o valor médio por planta; através da razão RGP/RBP foi obtido o Índice de colheita (IC) (SCHAPAUGH e WILCOX, 1980; ROWNTREE et al., 2014).

#### 4.3 ANALISE ESTATÍSTICA

Após a coleta dos dados, procedeu-se a análise de variância, os caracteres que apresentaram significância foram submetidos ao Teste de correlação de Pearson. Para estas análises, utilizou-se o programa estatístico GENES (Cruz, 2013). O progresso genético dos caracteres foram avaliados via análise de regressão. As figuras foram elaboradas com o software Excel.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os genótipos apresentaram diferença significativa entre si para todos os caracteres avaliados pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade de erro (Tabela 2), indicando a presença de variabilidade para todos os componentes avaliados entre si. Os coeficientes de variação oscilaram de 5,374% para o caractere EP à 37,087% para AIPV.

Tabela 2 – Análise de variância dos caracteres rendimento biológico (RB), altura de inserção de primeira vagem (AIPV), número de nós por planta (NNP), número de ramos por planta (NRP), número de vagens por planta (NVP), índice de colheita (IC), rendimento de grãos (RG), estatura de planta (EP), acamamento (ACAM) e peso de mil grãos (PMG). UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2017.

FV	BLOCOS	TRATAMENTOS	RESÍDUO	Média	CV%
GL	2	29	58		
RB	3319613,900	15010950,683*	2364408,984	9577,863	16,054
AIPV	27,733	100,742*	30,060	14,783	37,087
NNP	81,908	78,743*	22,670	23,683	20,104
NRP	2,803	13,232*	1,978	4,722	29,783
NVP	3,972	351,041*	52,016	59,019	12,220
IC	0,018	0,013*	0,002	0,213	22,112
RG	790535,481	1389312,8*	167820,439	3987,523	10,274
EP	0,015	0,062*	0,004	1,190	5,374
ACAM	2,411	13,418*	1,618	4,189	30,366
PMG	77,878	1439,556*	184,326	175,189	7,750

\*Significativo (valor-p<0,05) pelo teste F; GL = Graus de Liberdade; CV = Coeficiente de Variação.

O rendimento biológico médio encontrado foi de 9577,86 kg-ha<sup>-1</sup>, variando de 6352,64 kg-ha<sup>-1</sup> no genótipo com menor rendimento biológico a 13079,46 kg-ha<sup>-1</sup> (Figura 1). A associação entre ano de lançamento e RB foi positiva (r=0,51\*), com ganho médio anual de 88,57 kg-ha<sup>-1</sup> (Figura 1). O caractere RB apresentou associação positiva com RG (0,31\*), AIPV (0,34\*), e NVP (0,30\*). Já para o componente NRP a associação foi negativa (-0,41\*) (Tabela 3).

A altura de inserção de primeira vagem apresentou média de 14,78 cm, variando entre 6,5 e 33 cm (Figura 1). A associação entre ano de lançamento e AIPV foi positiva (r=0,54\*), com ganho genético médio anual de 0,31 cm (Figura 1). A AIPV apresentou correlação linear positiva com o RG (0,42\*) e IC (0,39\*). Como relatado por Sediya et al. (1999); Queiroz et al. (1981); Medina, (1994), Mauad

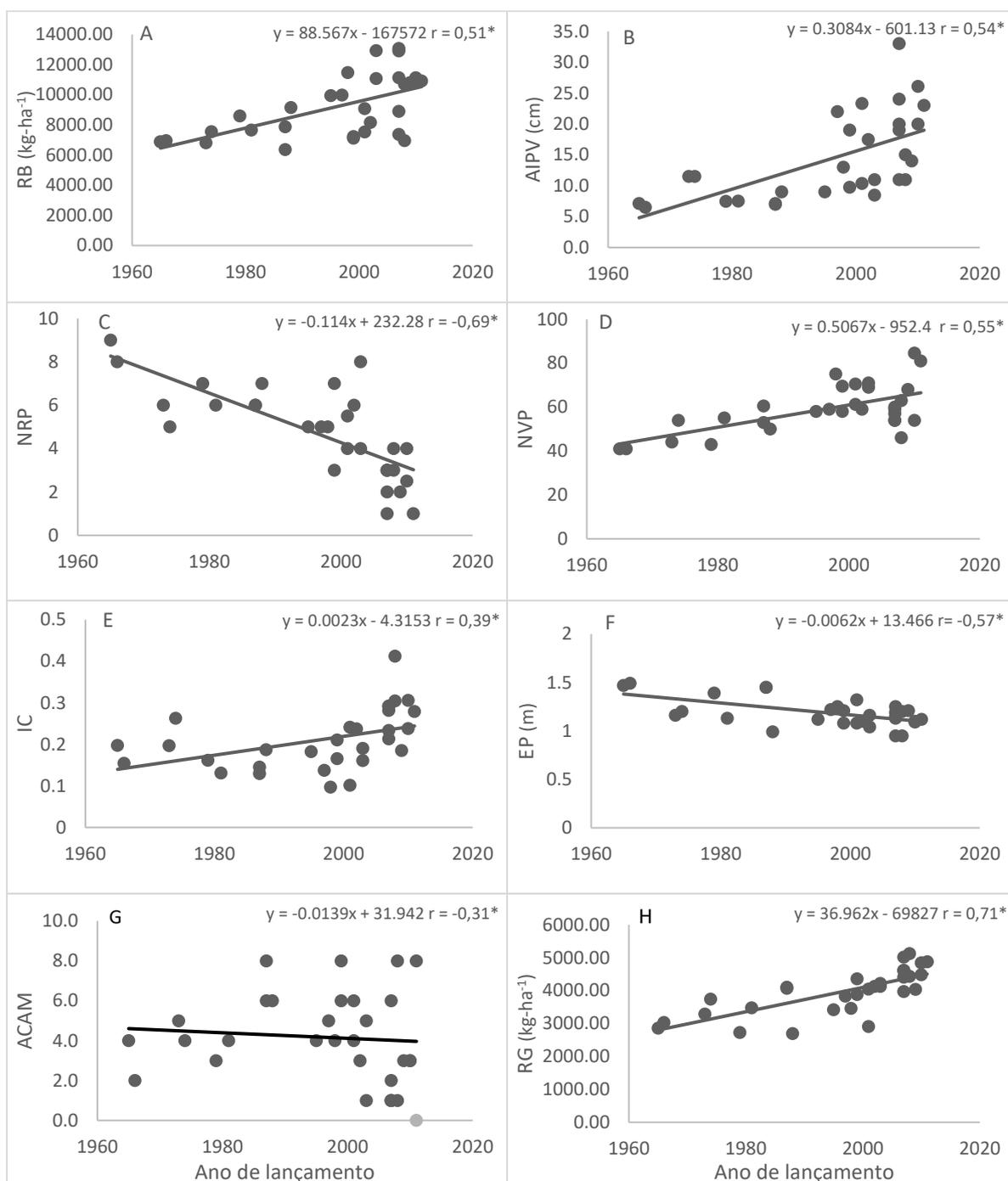


Figura 1 - Análise de regressão das variáveis (A) RB: Rendimento biológico; (B) AIPV: Altura de inserção de primeira vagem; (C) NRP: Número de ramos por planta; (D) NVP: Número de vagens por planta; (E) IC: Índice de colheita; (F) EP: Estatura de planta; (G) ACAM: Acamamento e (H) RG: Rendimento de grãos em função dos anos. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2017.

(2010) e Almeida et al. (2011), a seleção de genótipos com AIPV mínima entre 10 e 15 cm era necessária, tais estudos podem ter influenciado na obtenção de cultivares com maior AIPV, não tendo relação com o aumento no RG ou IC. Wu et al. (2015)

relatam não ter encontrado correlação entre AIPV e RG, diferindo dos resultados encontrados. A AIPV também apresentou correlação linear positiva com os componentes RB (0,34\*) e EP (0,30\*). Já para os componentes NRP e ACAM a correlação foi negativa, sendo -0,63\* e -0,29\* respectivamente.

O NRP apresentou média de 4,72 (Tabela 2), com variação entre 1 e 9 ramos por planta. O componente mostrou redução de 0,11 ramos por ano (Figura 1). O NRP apresentou correlação linear negativa com o RG (-0,57\*). Segundo Navarro Júnior e Costa, (2002) e Mauad (2010), os ramos podem desviar os fotoassimilados da produção de estruturas reprodutivas, causando demanda adicional e reduzindo a produtividade. Assim genótipos com menor número de ramos por planta são mais produtivos.

A análise de regressão para a variável NVP mostrou incremento anual de 0,51 legumes, variando de 41 a 84,5 legumes por planta. O NVP apresentou correlação linear positiva com o RG (0,35\*), indicando que cultivares com maior número de vagens são mais produtivas, confirmando os resultados encontrados por Mundstock e Thomas, 2005. O incremento de rendimento pode estar indiretamente relacionado com o aumento no número de vagens das cultivares modernas, sendo resultado de uma seleção conjunta dos dois caracteres pelos programas de melhoramento genético, ou pode ter ocorrido o incremento na produtividade devido ao maior número de vagens por planta.

A análise de regressão para a variável IC mostrou incremento anual de 0,0023, variando de 0,097 a 0,412, mostrando maior relação entre grãos colhidos por rendimento biológico para cultivares modernas (Figura 1). O componente de rendimento que apresentou a maior correlação com o RG foi IC (0,60\*), demonstrando que genótipos que tem maior relação entre grãos colhidos e rendimento biológico são mais produtivos, confirmando resultados encontrados por Kahlon e Board, 2012; Rowntree et al. 2013; Karmaka e Bhatnagar, 1996; Jin et al. 2008; Jin et al. 2010; Morrison et al. 1999, o melhoramento genético tem selecionado, direta ou indiretamente, genótipos com maior índice de colheita (Figura 1), porém o ritmo de seleção pode ser ampliado dando mais foco a este componente de rendimento nos programas de melhoramento genético.

A análise de regressão para a variável EP mostrou variação de 1,49 m para o genótipo mais altos a 0,95 m para o genótipo mais baixo, com redução de 0,6 cm ao ano, portanto, cultivares mais modernas de soja tem redução no porte quando comparadas a cultivares mais antigas (Figura 1), resultado semelhante ao obtido por Ramteke et al. (2010), que encontrou redução de 26,31% na estatura de plantas entre os anos de 1969 e 2008.

A EP teve associação positiva com o ACAM (0,40\*). Segundo Marques (2010), plantas com maior estatura tendem a acamar, dificultado o processo da colheita e apresentando efeitos adversos sobre a qualidade do produto. De acordo com o autor, plantas com altura superior a 100 cm apresentam tendência a acamar e menor produtividade.

A EP média dos genótipos avaliados apresentou correlação linear negativa com o RG (-0,45\*), indicando que os genótipos mais baixos têm maior rendimento quando comparados aos genótipos mais altos, confirmando resultados encontrados por Souza et al, 2013; Mundstock e Thomas, 2005. Na Figura 1 podemos observar a diminuição na EP ao longo dos anos, a diminuição no porte de plantas pode ter contribuído para o incremento de produtividade encontrado nas cultivares modernas, porém, plantas com menor porte podem ter sido selecionadas nos programas de melhoramento genético em conjunto com maior RG, assim, gerando resultados nos dois caracteres, de maneira independente.

A análise de regressão para a variável ACAM (Figura 1) mostrou redução de 0,014\* ao ano, portanto, cultivares mais modernas de soja acamam menos quando comparadas a cultivares mais antigas.

O nível de ACAM dos genótipos avaliados apresentou correlação linear negativa com o RG (-0,37\*), indicando que os genótipos mais produtivos acamam menos, e ainda, correlação linear positiva com a EP (0,40\*), indicando que genótipos mais altos têm mais problemas com acamamento, confirmando resultados encontrados por Mundstock e Thomas (2005); Marques (2010) e Souza et al. 2013. Houve associação negativa entre o ACAM e o ano de lançamento das cultivares ( $r=-0,31^*$ ), indicando que o melhoramento genético selecionou, direta ou indiretamente, genótipos com menor ACAM. A seleção de genótipos com menor índice de acamamento pode ter ocorrido indiretamente a seleção de genótipos com maior RG

e menor EP, ou ainda, pode ter ocorrido simultaneamente com a seleção de genótipos mais produtivos.

O RG médio encontrado foi de 3987,5 kg-ha<sup>-1</sup>, variando de 2696,61 kg-ha<sup>-1</sup> no genótipo menos produtivo a 5127,04 kg-ha<sup>-1</sup> para o mais produtivo. O incremento anual no rendimento encontrado 36,96 kg-ha<sup>-1</sup>. Ramteke et al. (2010), encontrou incremento anual de 23 kg-ha<sup>-1</sup> em 39 anos de melhoramento genético. Já para Rincker et al. (2015), o incremento encontrado variou entre 20 e 23 kg-ha<sup>-1</sup> para diferentes grupos de maturação.

A associação entre RG e ano de lançamento foi positiva (0,71\*), portanto, o RG foi afetado positivamente pelos programas de melhoramento genético, resultado similar ao encontrado por Toledo et al. 1990; Alliprandinil et al. 1993; Rubin E Santos, 1996; Lange e Federizzi, 2009; Pagliosa, 2016; Ramteke et al. 2011; Cober E Voldeng, 2012; Rincker et al. 2014; Wu et al. 2015; Felipe et al. 2016.

As correlações positivas com os componentes RB (0,31\*), AIPV (0,42\*), NVP (0,35\*) e IC (0,60\*) mostram que o aumento destes trouxe incremento no RG. Os componentes NRP (-0,57\*) e EP (-0,45\*) afetam negativamente o RG, portanto sua redução trouxe incremento no RG.

Tabela 3 - Correlação linear de Pearson para variáveis Ano = Ano de Lançamento; RB = Rendimento biológico (g); AIPV = Altura de Inserção de Primeira Vagem (cm); NNP = Número de nós por planta; NRP = Número de ramos por planta; NVP = Número de vagens por planta; IC = Índice de Colheita; RG = Rendimento de Grãos (kg); EP = Estatura de Planta (cm); ACAM= Índice de acamamento; PMG = Peso de Mil Grãos (g). UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2017.

	RB	AIPV	NNP	NRP	NVP	IC	RG	EP	ACAM	PMG
<b>RB</b>	1									
<b>AIPV</b>	0,34*	1								
<b>NNP</b>	0,09 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	1							
<b>NRP</b>	-0,41*	-0,63*	0,18 <sup>ns</sup>	1						
<b>NVP</b>	0,30*	0,14 <sup>ns</sup>	0,60*	-0,25*	1					
<b>IC</b>	-0,01 <sup>ns</sup>	0,39*	-0,43*	-0,47*	-0,11 <sup>ns</sup>	1				
<b>RG</b>	0,31*	0,42*	0,01 <sup>ns</sup>	-0,57*	0,35*	0,60*	1			
<b>EP</b>	-0,15 <sup>ns</sup>	0,30*	-0,02 <sup>ns</sup>	0,50*	-0,29*	-0,42*	-0,45*	1		
<b>ACAM.</b>	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,29*	0,12 <sup>ns</sup>	0,39*	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,33*	-0,37*	0,40*	1	
<b>PMG</b>	0,07 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,26*	-0,17 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	1

\* significativo pelo teste t (valor-p<0,05); <sup>ns</sup> não significativo.

## 6 CONCLUSÕES

Durante as cinco décadas de melhoramento genético avaliadas, podemos perceber que houve incremento no RG (90,13%), sendo grande parte desse incremento proveniente do progresso genético nos caracteres RB, IC, AIPV, NVP, NRP, EP e ACAM.

Houve correlação positiva entre o RG e os componentes RB, IC, AIPV e NVP. Já os componentes NRP, EP, e ACAM apresentaram correlação negativa com o RG.

A associação com ano de lançamento foi positiva para os componentes RB, AIPV, NVP, IC e RG, já para os caracteres NVP, EP e ACAM a associação foi negativa.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral a presença de variabilidade para todos os caracteres avaliados permitiu caracterizar os componentes que tiveram impacto sobre a produtividade, determinando e quantificando sua influência.

Houve grande incremento na produtividade das cultivares modernas, verificado pela associação entre RG e Ano de lançamento. O IC foi o componente de rendimento que mais impactou positivamente no RG.

Para a cultura da soja tivemos importantes avanços nos últimos anos, porém a seleção de genótipos superiores deve continuar, afim de garantir maiores avanços.

## REFERÊNCIAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA. Brasília: CONAB, n2. Novembro... Observatório Agrícola, da CONAB. Segundo levantamento, p 1-115. ISSN 2318-6852.

ALLIPRANDINI, L. F.; TOLEDO, J. F. F.; FONSECA JR, N. S.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A. Ganho genético em soja no estado do Paraná, via melhoramento, no período de 1985/86 a 1989/90. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.28, p.489-497, 1993.

ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 1, p. 108-115, 2011.

BESPALHOK F., J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. Introdução de Plantas. In: BESPALHOK F., J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. Melhoramento de Plantas. Disponível em [www.bespa.agrarias.ufpr.br](http://www.bespa.agrarias.ufpr.br), p.36-38

COBER, E. R.; VOLDENG, H. D. A retrospective look at short-season soybean cultivar development in Ontario. Canadian Journal of Plant Science, v.92, p.1239-1243, 2012.

COSTA, E.D.; ARRANJO DE PLANTAS, CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DE SOJA. 2013. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO", Botucatu.

CRUZ, T.V.; COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE SOJA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA, NO OESTE DA BAHIA: Biosci. J., Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 709-716, Sept./Oct. 2010.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H. 2011. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. Agronomy Journal, Madison, v.103, n.1, p.123-128.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. 2007. Ecofisiologia da soja. Londrina: Embrapa Soja. 9p. (Circular técnica 48).

FELIPE, M.; GERDE, J. A.; ROTUNDO, J. L. Soybean genetic gain in maturity groups III to V in Argentina from 1980 to 2015. Crop Science, v.56, p.3066-3077, 2016.

FERREIRA JÚNIOR, J.A. Diversidade genética com base em dados fenotípicos avaliada em diferentes populações e linhagens avançadas de soja. 57. Dissertação

(mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal 2013.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of Soybean Development. Special Report 80. Cooperation Extension Service, Agriculture and Home Economic Experiment Station. Iowa State University, Ames, 1977.

JIN, J.; WANG, G.; LIU, X.; MI, L.; DU, J. Agronomic changes of soybean cultivars released during 1950 to 2006 in Heilongjiang Province. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences), v.34, p.296-302, 2008.

JIN, J.; LIU, X.; WANG, G.; MI, L.; SHEN, Z.; CHEN, X.; HERBERT, S. J. Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China. Field Crops Research, v.115, p.116-123, 2010.

KARMAKAR, P. G.; BHATNAGAR, P. S. Genetic improvement of soybean varieties released in India from 1969 to 1993. Euphytica, v.90, p.95-103, 1996.

LANGE, C. E.; FEDERIZZI, L. C. Estimation of soybean genetic progress in the south of Brazil using multi-environmental yield trials. Scientia Agricola, v.66, p. 309-316, 2009.

LEITE, C.R.F.; ALMEIDA, J.C.V.; PRETE, C.E.C.; SENSIBILIDADE DE CULTIVARES DE SOJA (*Glycine max*) AOS HERBICIDAS DICLOSULAM E FLUMETSULAM. Planta Daninha, v.18, n.1, 2000.

LEITE, W.S. et al.; Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres agronômicos em genótipos de soja. Pesquisas agrárias e ambientais. Nativa, Sinop, v. 03, n. 04, p. 241-245, out./dez. 2015

LIMA, E.V.; CRUSCIOL, C.A.C.; NAKAGAWA, C.C.J.; CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DA SOJA "SAFRINHA" SOB SEMEADURA DIRETA, EM FUNÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E DA CALAGEM SUPERFICIAL. Revista Brasileira de Sementes, vol. 31, nº 1, p.069-080, 2009

LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; DOS SANTOS, D.; BENCKE, M. H. 2008. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v.30, n.3, p.373-379.

MARQUES, M.; C. Adaptabilidade, estabilidade e diversidade genética de cultivares de soja em três épocas de semeadura, em Uberlândia. 2010. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

MAUAD, M. et al.; Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. *Revista Agrarian, Dourados*, v.3, n.9, p.175-181, 2010.

MODOLO, A.J et al.; RENDIMENTO DE SOJA EM FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS, *Revista de Agricultura*, v.91, n.3, p. 216 - 229, 2016.

MORRISON, M. J.; VOLDENG, H. D.; COBER, E. R. Physiological changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada. *Agronomy Journal*, v.91, p.685-689, 1999.

MUNDSTOCK, C.M.; SOJA Fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos. *Biblioteca Setorial da Faculdade de Agronomia da UFRGS, Porto Alegre*, 2005.

NAVARRO JÚNIOR, H.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.37, n.3, p.269-274, 2002.

PAGLIOSA, E. S. Ganho genético em soja na região meridional do Brasil. 2016. 121p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M. de S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: componentes da produção e rendimento de grãos. *Scientia Agrícola*, v.57, p.47-61, 2000.

RAMTEKE, R. et al.; Genetic progress of soybean varieties released during 1969 to 2008 in India. *Indian J. Genet.*, 71(4): 333-340 (2011)

RECOMENDAÇÃO DE CULTIVARES E ÉPOCAS DE SEMEADURA ESPAÇAMENTO E DENSIDADE DA SOJA PARA O ANO AGRÍCOLA 1984/85 NO PARANÁ: EMBRAPA, n30. Outubro... Comunicado Técnico. p.1-13. ISSN 0100-6606.

RINCKER, K. et al.; Genetic Improvement of U.S. Soybean in Maturity Groups II, III, and IV. *Crop Science*, v.54, jul-ago. 2014.

RUBIN, S. A. L.; SANTOS, O. S. Progresso do melhoramento genético da soja no estado do Rio Grande do Sul: Rendimento de grãos. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.2, p.139-147, 1996.

SCHAPAUGH, W. T.; WILCOX, J. R. Relationships between harvest indices and other plant characteristics in soybeans. *Crop Science*, v.20, p.529-533, 1980.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (ed). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, 1999. p.478-533.

SEMINARIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. Anais... Londrina : EMBRAPA-CNPS, 1982.

SEMINARIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3., 1984, Campinas. Anais... Londrina: EMBRAPA-CNPS, 1984.

SILVEIRA, D.R.C et al.; Avaliação de cultivares de soja convencionais e Roundup Ready em duas épocas de semeadura em Ponta Grossa – PR. Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais. AGO, 2008.

SOJA – ANÁLISE DA CONJUNTURA AGROPECUÁRIA. SEAB, Outubro... Departamento de Economia Rural, da SEAB. 2012.

SOUZA.C.A et al.; ARQUITETURA DE PLANTAS E PRODUTIVIDADE DA SOJA DECORRENTE DO USO DE REDUTORES DE CRESCIMENTO. Biosci. J., Uberlândia, v. 29, n. 3, p. 634-643, May/June 2013.

TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; MENOSSO, O. G. Ganho genético em soja no estado do Paraná, via melhoramento. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.25, p.89- 94, 1990.

UNKOVICH, M.; BALDOCK, J.; FORBES, M. Variability in harvest index of grain crops and potential significance for carbon accounting: Examples from Australian agriculture. Advances in Agronomy, v.105, p.173-209, 2010.

WU, T.; SUN, S.; WANG, C.; LU, W.; SUN, B.; SONG, X.; HAN, X. et al. Characterizing Changes from a Century of Genetic Improvement of Soybean Cultivars in Northeast China. Crop Science, v.55, p.2056-2067, 2015.

VALOIS, Afonso Celso Candeira. Importância dos transgênicos para a agricultura. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.18, n1, p.27-53, jan/abr. 2001.

ZANON, A.J.; et al. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. Bragantia, Campinas, mai. 2015.