

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
AGR99006 - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Felipe Augusto Krause**

**00242228**

*Melhoramento genético de soja: cruzamento artificial, seleção e avaliação de novas  
linhagens*

PORTO ALEGRE, setembro de 2019.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA**

**AGR99006 - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO**

**Felipe Augusto Krause  
00242228**

*Melhoramento genético de soja: cruzamento artificial, seleção e avaliação de novas  
linhagens*

Supervisor de campo do Estágio: Dr. Carlos Alberto Arrabal Arias

Orientador Acadêmico do Estágio: Prof. Dr. Itamar Cristiano Nava

**COMISSÃO DE AVALIAÇÃO**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Pedro Selbach.....Depto. de Solos (Coordenadora)

Prof. Dr. Alberto Vasconcellos Inda Junior.....Depto. de Solos

Prof. Dr. Alexandre de Mello Kessler .....Depto. de Zootecnia

Prof. Dr. Itamar Cristiano Nava .....Depto. de Plantas de Lavoura

Prof. Dr. José Antônio Martinelli.....Depto. de Fitossanidade

Prof.<sup>a</sup> Dr. Sérgio Tomasini.....Depto. de Horticultura e  
Silvicultura

Prof. Dr.<sup>a</sup> Carine Simioni.....Depto. de Forrageiras e  
Agrometeorologia

PORTO ALEGRE, setembro de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, aos meus pais e irmã, pois sempre me deram o suporte e aconselhamento durante todo o período de faculdade.

Também agradecer aos amigos que longe ou perto acompanharam este período de estudos. Um agradecimento especial aos amigos da 15/1 que se tornaram uma família, convivendo durante os cinco anos de faculdade.

Ao Itacir, que acompanhou durante o período de bolsa, pelos ensinamentos e aconselhamentos.

Agradeço ao professor orientador Itamar pela oportunidade de bolsa durante longo período da faculdade, bem como pelos ensinamentos, aconselhamentos e acompanhamento durante a graduação e o TCC.

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo ensino de qualidade proporcionado.

Por fim, à instituição Embrapa e ao Dr. Carlos Alberto Arrabal Arias e a todos os funcionários da instituição pela ótima recepção durante o estágio, proporcionando uma grande experiência, além de transmitir bons ensinamentos técnicos e pessoais.

## RESUMO

O estágio curricular obrigatório foi desenvolvido no Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSO), localizado em Londrina, PR, durante o período de 07 de janeiro a 01 de março de 2019. O estágio foi supervisionado pelo Pesquisador Dr. Carlos Alberto Arrabal Arias, responsável pela condução dos cruzamentos e pelo programa de melhoramento de soja com foco na tolerância a insetos. Durante o estágio foi possível acompanhar as atividades de rotina de um programa de melhoramento de soja, uma importante cultura agrícola para o Brasil e o mundo. As atividades compreenderam os cruzamentos artificiais de genitores de soja previamente escolhidos, condução e seleção de populações segregantes e a condução de ensaios preliminares que antecedem o lançamento comercial de uma nova cultivar de soja. O desenvolvimento de novas e modernas cultivares de plantas pelos programas de melhoramento genético visa atender as necessidades da agroindústria, dos agricultores e dos consumidores finais.

**Palavras chaves:** melhoramento genético; genitores; populações segregantes; ensaios.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estádio fenológico adequado para recepção do pólen pela flor materna. ....	17
Figura 2. Divisão das populações segregantes a partir da geração de autofecundação F <sub>2</sub> de acordo com os objetivos do programa de melhoramento. ....	1818
Figura 3. Classificação do ciclo super-precoce e tardio entre populações segregantes de soja na geração F <sub>2</sub> . ....	1919
Figura 4. Diferenças fenotípicas para cor de pubescência e maturação nas diferentes linhagens de soja avaliadas. ....	22

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2. CARACTERIZAÇÃO</b> .....	7
2.1 CARACTERIZAÇÃO MUNICIPAL .....	7
2.2 CARACTERIZAÇÃO DO CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA (CNPSO) .....	8
2.3 CARACTERIZAÇÃO DO ESTÁGIO CURRICULAR OBRIGATÓRIO .....	9
<b>3. REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	9
3.1 IMPORTÂNCIA DA SOJA COMO ESPÉCIE CULTIVADA .....	9
3.2 PRAGAS E DOENÇAS DA SOJA .....	10
3.3 PRINCÍPIOS DO MELHORAMENTO DE PLANTAS .....	12
3.4 MÉTODO DE MELHORAMENTO POPULACIONAL (“ <i>BULK</i> ”) .....	13
<b>4. RELATÓRIO DAS ATIVIDADES</b> .....	14
4.1 CRUZAMENTOS ARTIFICIAIS .....	14
4.2 CONDUÇÃO DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE MELHORAMENTO .....	17
4.3 ENSAIOS PRELIMINARES DE LINHAGENS DE SOJA .....	21
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	23
5.1 ANÁLISE DOS CRUZAMENTOS ARTIFICIAIS E GERAÇÃO F <sub>1</sub> .....	23
5.2 CONDUÇÃO E SELEÇÃO DAS POPULAÇÕES SEGREGANTES .....	24
5.3 ANÁLISE DOS ENSAIOS PRELIMINARES E FINAIS .....	26
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	28
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	29

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa atualmente uma posição de destaque na produção de alimentos em nível mundial. O país é um dos maiores produtores e exportadores de *commodities* agrícolas do mundo, destacando-se na produção de soja como o segundo maior produtor e exportador da cultura (CONAB, 2019). Nas últimas décadas, a soja tem sido cultivada em todas as regiões do Brasil e influencia diretamente na economia dos municípios e estados onde está inserida.

O sucesso da produção e dispersão da soja no território brasileiro deve-se principalmente às pesquisas em manejo e conservação do solo, manejo e fisiologia das plantas e ao melhoramento genético. A adaptação da soja em diferentes regiões, como no caso do estado de Roraima, foi possível devido ao desenvolvimento de genótipos com menor sensibilidade ao fotoperíodo (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005). Nas últimas décadas, o emprego de práticas agronômicas adequadas proporcionou incremento da produtividade, uma vez que as plantas podem expressar o seu máximo potencial genético. Isso pode ser demonstrado pelo incremento da produtividade média de soja na safra 1977/1978, de 1.250 kg ha<sup>-1</sup>, para mais de 3.167 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2018/2019 (CONAB, 2017; 2019). Além disso, o melhoramento tem um papel fundamental na incorporação de genes efetivos de resistência às principais doenças da soja, como a ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* que causa grandes prejuízos à cultura.

A evolução da produtividade da soja e a existência de cultivares resistentes a diversas doenças, mostram a importância do melhoramento de soja para tornar a cultura uma das principais *commodities* agrícolas do país. Com base nisso, este trabalho apresenta as atividades desenvolvidas dentro de um programa de melhoramento de soja, incluindo desde as etapas iniciais até as avaliações finais que antecedem o lançamento comercial de uma nova cultivar.

## 2. CARACTERIZAÇÃO

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO MUNICIPAL

O município de Londrina está situado no estado do Paraná, na mesorregião Norte Central Paranaense, distante 390 km de Curitiba e entre 350 a 860 metros acima do nível do mar, segundo o Relatório de Diagnóstico do Saneamento Básico de Londrina (RDSB), de 2008/2009. De acordo com os resultados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população do município era de 563.943 pessoas no ano de 2018, sendo considerado

o segundo maior do estado, atrás apenas da capital Curitiba. A divisão administrativa compreende oito distritos, sendo eles: Espírito Santo, São Luiz, Irerê, Maravilha, Paiquerê, Guaravera, Lerroville e Warta, distribuídos em uma área de aproximadamente 1651 km<sup>2</sup> (RDSB, 2008/2009).

Devido à grande extensão territorial, vários grupos de solo estão presentes no município segundo o levantamento da prefeitura de Londrina. Os grupos de solo predominantes são Gleissolos Háplicos, Latossolos Vermelhos Distroféricos, Latossolos Vermelhos Eutroféricos, Neossolos Litólicos Eutróficos, Nitossolos Vermelhos Eutroféricos e Nitossolos Vermelhos Distroféricos. O clima da região é classificado por Koppen como Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfa), com média pluviométrica entre 1400 e 1600 mm anuais, com chuvas concentradas nos meses de verão, baixa ocorrência de geada nos meses de inverno e temperatura média anual de 21°C. Devido à prevalência de solos aptos à produção agrícola juntamente com condições climáticas adequadas, a agricultura representa uma das principais fontes econômicas do município, onde soja, milho, trigo, tomate, além de café e laranja são as principais espécies cultivadas (RDSB, 2008/2009).

## **2.2 CARACTERIZAÇÃO DO CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA (CNPSO)**

O Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSO), também conhecido como Embrapa Soja, representa uma das 42 unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). O CNPSO foi fundado em 1975, tendo sua sede própria construída sobre uma área de 350 hectares em 1989 (DALL'AGNOL, 2016). O centro de pesquisa localiza-se a aproximadamente 17 quilômetros do centro da cidade de Londrina, tendo como endereço a Rodovia Carlos Strass S/N, Acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta. Além da sede, conta com uma área de apoio à pesquisa, denominada Fazenda Maravilha, com 121 hectares. Esta área está localizada a 35 km do centro de Londrina e tem como função principal atender às normas de recuperação da Área de Preservação Permanente da Instituição, além do desenvolvimento de pesquisas científicas na área de integração lavoura, pecuária e floresta, segundo dados da Embrapa Soja.

A Embrapa Soja conta com uma área construída para suporte no desenvolvimento de suas pesquisas de 22.390 m<sup>2</sup>, distribuída entre 34 casas de vegetação, 34 laboratórios, auditório, biblioteca, restaurante, garagem, galpões de apoio, cozinha experimental e prédios administrativos. Ainda, conta com uma área de campo para condução de experimentos em



diversas linhas de pesquisas científicas e para a condução do programa de melhoramento genético de soja. Os trabalhos são conduzidos e apoiados por cerca de 311 servidores, sendo 66 pesquisadores e os demais funcionários de campo ou de laboratório.

A criação da unidade Embrapa Soja em Londrina teve como principal intuito a expansão da cultura da soja para regiões de baixa latitude, como nos estados do Centro-Oeste. Isso foi possível através do aumento do período de “juvenildade” das plantas, o que permitiu o avanço do plantio da soja para regiões de latitude inferior a 30°. A unidade se tornou referência mundial em desenvolvimento de tecnologias para o cultivo de soja em regiões tropicais, através de técnicas de manejo integrado de pragas e doenças, definindo níveis adequados de dano econômico de insetos e de técnicas de controle biológico às pragas em soja. A Embrapa Soja também tem importância no desenvolvimento de práticas conservacionistas do solo, além de transferência dos conhecimentos adquiridos nas pesquisas à comunidade, através de dias de campo e palestras (DALL’AGNOL, 2016).

### **2.3 CARACTERIZAÇÃO DO ESTÁGIO CURRICULAR OBRIGATÓRIO**

O estágio curricular obrigatório foi realizado entre os dias 07 de janeiro e 01 de março de 2019, totalizando 309 horas, na Embrapa Soja sob a supervisão do Pesquisador Carlos Alberto Arrabal Arias. As atividades foram desenvolvidas no setor de Melhoramento Genético de Soja, incluindo as etapas envolvidas no desenvolvimento de novas cultivares, sendo possível acompanhar desde as etapas iniciais como cruzamentos artificiais, até os ensaios de rendimento de grãos e outras características de interesse agrônomo que antecedem o lançamento comercial de cultivares.

## **3. REFERÊNCIAL TEÓRICO**

### **3.1 IMPORTÂNCIA DA SOJA COMO ESPÉCIE CULTIVADA**

A soja é uma oleaginosa de grande importância comercial e o cultivo é amplamente difundido no mundo (CONAB, 2017). No Brasil, teve sua implantação mais expressiva a partir da década de 1940 no Rio Grande do Sul, surgindo como uma alternativa rentável às áreas produtoras de trigo para os meses de verão e como forma de otimizar os implementos agrícolas, bem como as próprias terras (BONATO, 1987). Com o aumento da utilização do farelo de grãos de soja como ração e fonte de proteína para alimentação animal, impulsionou a produção local

e a expansão para outras regiões brasileiras. A partir da década de 1960, através de pesquisas, foi possível avançar para regiões de menor latitude como os estados de Mato Grosso e Goiás (ABAG, 2015). Nesse mesmo período, um incremento produtivo foi observado, estando aliado às práticas de manejo e, principalmente, aos avanços genéticos alcançados pelos programas de melhoramento genético (SPECHT; WILLIANS, 1984), o que propiciou que a soja se tornasse uma das principais *commodities* agrícolas do país.

O setor do agronegócio brasileiro representou 21,1% na composição do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro no ano de 2018, com 6,8 trilhões de reais (BARROS *et al.*, 2017 e CONAB, 2017). Quando apenas o cultivo de soja é considerado no montante do PIB em 2013, por exemplo, a participação do “complexo soja”, que inclui grãos, farelo e óleo da cultura foi de 1,8% sobre o valor total (ABAG, 2015). A grande atuação no mercado se dá pela produção nacional de 119,28 milhões de toneladas de grãos em uma área de 35,14 milhões de hectares na safra 2017/2018 (CONAB, 2018). Esta produção colocou o Brasil como o segundo maior produtor mundial da cultura que totalizou 341,23 milhões de toneladas, considerando o mesmo ano agrícola (USDA, 2019).

Mesmo com a grande produção agrícola mundial, a quantidade de alimentos é insuficiente para suprir a demandada da população mundial. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), mais de 821 milhões de pessoas estavam em situação de fome no mundo em 2017. Com as projeções de aumento da população nos próximos anos, torna-se necessário o aumento da produção de alimentos para suprir a demanda mundial. Nesse sentido, no Brasil, devido às suas condições climáticas, é possível o cultivo de até duas safras anuais, o que possibilita uma grande produção de alimentos (GAZZONI, 2013).

### **3.2 PRAGAS E DOENÇAS DA SOJA**

Inúmeras pragas e doenças que atacam a soja podem causar sérios danos econômicos à cultura (DALL’AGNOLL, 2018). Atualmente, uma das principais limitações ao aumento da produtividade nas grandes culturas está o ataque de doenças às plantas (ALMEIDA *et al.*, 1999). Uma maneira sustentável e economicamente viável para contornar os problemas ocasionados pelas pragas e doenças é a adoção de cultivares geneticamente resistentes (SOARES, 2016).

A resistência às principais doenças da soja foi obtida através da incorporação de genes efetivos de resistência ou pela busca de genótipos com maior nível de resistência natural às

doenças. Muitas doenças tornaram-se secundárias nos últimos anos, com baixo impacto à cultura da soja como mancha-olho-de-rã (*Cercospora sojina*), cancro-da-haste (*Diaporthe phaseolorum* var. *meridionalis*) e pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*) (GODOY *et al.*, 2015). Atualmente, a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) é a principal doença na cultura da soja no Brasil, tendo gastos estimados em mais de dois bilhões de dólares anualmente para o controle químico (GODOY *et al.*, 2015 e 2018a). Cultivares com resistência à ferrugem asiática já foram desenvolvidas no Brasil a partir de estratégias clássicas de melhoramento de plantas. Estas cultivares apresentam em geral resposta de hipersensibilidade, observada pelas lesões necróticas em regiões das folhas colonizadas pelo fungo, isso ocorre para impedir o progresso da doença na planta. Apesar da resposta à hipersensibilidade ser desejada, esta não é capaz de controlar totalmente o patógeno, dada a sua agressividade de infecção nas condições brasileiras de cultivo. Por isso, outros métodos de controle são amplamente empregados, como os produtos químicos (GODOY *et al.*, 2017).

Assim como as doenças, diversos insetos desfolhadores ou que atacam hastes e grãos causam danos às plantas de soja (HOFFMANN-CAMPO, 2000). Para o controle destes insetos, a metodologia mais recomendada é a adoção do manejo integrado de pragas na área (MIP). Esta estratégia baseia-se no monitoramento da cultura para acompanhar a evolução da presença das pragas e a necessidade de controle, a partir da determinação do nível de dano econômico (GODOY *et al.*, 2015). Dentro deste monitoramento, um dos métodos mais recomendados é o “pano de batida”, que consiste em um pano de um metro de comprimento e um metro de largura com duas barras de madeira em suas extremidades. Esse equipamento de avaliação é colocado entre duas linhas de semeadura e, sobre ele, as plantas são batidas com a finalidade de que os insetos presentes na planta caiam sobre o pano. O número de amostragens é determinado pelo tamanho da área cultivada com soja. Para lavouras com área de até 10 hectares é recomendado que sejam realizadas no mínimo seis amostragens, para áreas com de até 30 hectares o mínimo é de oito amostras e, para área de até 100 hectares, no mínimo dez amostras são requeridas. Entre as principais pragas da soja, estão os percevejos, com atuação a partir do período reprodutivo, atacando diretamente os grãos (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999). Destaca-se nesse grupo o percevejo-marrom (*Euschistus heros*), percevejo-verde (*Nezara viridula*), percevejo-verde-pequeno (*Piezodorus guildinii*) e o percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthus*) (HOFFMANN-CAMPO, 2000). Devido à importância dessas pragas na soja, a Embrapa Soja direcionou uma de suas linhas de condução de populações segregantes para a seleção de genótipos com níveis desejados de resistência a esses insetos.

### 3.3 PRINCÍPIOS DO MELHORAMENTO DE PLANTAS

O melhoramento de plantas se caracteriza como a seleção de plantas silvestres ou de plantas oriundas de cruzamentos com características desejáveis, com o objetivo de melhorar geneticamente uma espécie vegetal cultivada (SIMMONS; SMARTT, 1999). Em um programa de melhoramento é necessário definir claramente os objetivos a serem atingidos (BORÉM; MIRANDA, 2013). Assim, leva-se em consideração a intenção econômica e questões biológicas que serão acompanhadas e alteradas nas plantas, dando maior atenção para produtividade, adaptação e resistência a doenças ou insetos (SIMMONS; SMARTT, 1999).

Para a condução de um programa de melhoramento genético de soja, que se trata de uma planta autógama, inúmeros métodos e/ou estratégias de melhoramento podem ser utilizados para a obtenção de uma linhagem pura (FEHR, 1993). Estes métodos visam organizar a variabilidade genética e fenotípica existente nas populações segregantes de melhoramento e, assim, permitir que a seleção de plantas com características agronômicas de interesse seja realizada de forma mais eficiente. Neste contexto, as populações são representadas pelos indivíduos de um mesmo cruzamento e que compartilham o material genético de seus genitores, sendo estes indivíduos segregantes selecionados e avançados até um nível desejado de homozigose (BORÉM; MIRANDA, 2013). Entre os métodos de condução e seleção de populações segregantes, os mais utilizados são genealógico (*Pedigree*), descendência de uma única semente (*Single Seed Descent*) e populacional (*Bulk*) (ALMEIDA *et al.*, 1999). Para a condução do programa, a partir desses métodos de seleção, a área utilizada deve comportar o e que a número de genótipos a ser avaliado avaliação e seleção de plantas ocorram próximo ao local de cultivo das novas cultivares, em função da adaptação destas plantas (BORÉM; MIRANDA, 2013).

Em um programa de melhoramento, inúmeras são as atividades desenvolvidas ao longo do desenvolvimento de uma linhagem pura, entre elas destacam-se: i) geração de variabilidade genética através de cruzamentos artificiais, ii) seleção de plantas e/ou genótipos com características agronômicas desejáveis e iii) teste de competição das linhagens desenvolvidas com outras cultivares já existentes no mercado (CECCARELLI, 2009). Para que a variabilidade genética seja gerada em quantidade suficiente, a escolha correta dos genitores com características que atendam aos objetivos do programa de melhoramento é uma etapa fundamental (ALMEIDA *et al.*, 1999). Em geral, a escolha se dá por cultivares elite de alta produtividade, ou então cultivares ou linhagens que apresentam características desejáveis como resistência a doenças ou insetos (FEHR, 1993).

Para a obtenção de uma linhagem pura, as populações de melhoramento devem ser submetidas a inúmeras gerações de autofecundação, com o objetivo de alcançar a homozigose desejada. Embora a homozigose absoluta nunca seja alcançada, em geral seis a sete gerações de autofecundação são suficientes para atingir uma proporção desejada de locos gênicos em homozigose e, portanto, fixar as características das linhagens. A autofecundação é obtida quando os grãos de pólen produzidos em uma flor fertilizam o estigma da mesma flor ou de flores localizadas na mesma planta.

Após a etapa de avanço de gerações via autofecundação, a realização de testes e/ou ensaios que validem a superioridade agronômica da nova linhagem em relação às demais cultivares existentes no mercado é necessária, principalmente em termos de produtividade (CECCARELLI, 2009). Uma quantidade relativamente grande de esforços será alocada pelo melhorista e sua equipe nesta fase do programa, uma vez que são necessários resultados precisos das características de cada linhagem, bem como a análise dos resultados que definirá se a linhagem apresenta mérito agronômico para ser lançada como uma nova cultivar ou não (FEHR, 1993). Essa etapa é crucial no melhoramento de plantas, tendo em vista que ela revela a eficiência do melhorista na escolha dos genótipos ideais.

### **3.4 MÉTODO DE MELHORAMENTO POPULACIONAL (“*BULK*”)**

O método de melhoramento populacional é utilizado em programas com menor disponibilidade de mão de obra, pois requer menor trabalho durante a condução das populações segregantes. Este método será abordado de forma específica neste relatório, uma vez que representa a metodologia adotada pela Embrapa Soja na condução das populações segregantes no seu programa de melhoramento. O método populacional, também chamado de “*Bulk*”, foi proposto por Nilsson Ehle, melhorista sueco, para o melhoramento de plantas de trigo para maior tolerância às condições de inverno. Este método apresentava como propósito a redução na quantidade de trabalho exigida pelo método genealógico. Inúmeras variações deste método ocorreram após o seu surgimento, entretanto, em todas elas, a seleção de plantas é realizada quando a população de melhoramento apresenta elevado nível de homozigose (ALLARD, 1999).

O método populacional é relativamente simples quanto a sua condução e consiste na colheita de todas as sementes de cada população segregante e a partir de uma amostra dessas sementes, é realizada a semeadura da próxima geração, até que seja obtida a homozigose desejada. Ao ser obtida a homozigose, as plantas são selecionadas e coletadas individualmente,

as sementes são em geral semeadas em linhas no campo e avaliadas para as características de interesse do programa (FEHR, 1993). Por se tratar de um método populacional, o mais adequado é que as populações sejam conduzidas no local onde as cultivares serão destinadas. Isso porquê as populações segregantes passarão pelo processo de seleção natural, o que pode beneficiar certas características desejáveis nas plantas (ALLARD, 1999). Um exemplo seria deixar as plantas sobre o ataque intenso de insetos ou doenças, para que apenas os genótipos mais resistentes permaneçam na população (PÍPOLO *et al.*, 2007). Por isso, este método não é muito utilizado por programas de melhoramento que utilizam casa de vegetação para avanço das gerações de autofecundação durante o período de inverno, por exemplo.

O método populacional apresenta vantagens e desvantagens reais quanto a sua utilização prática. Entre as vantagens está a facilidade de condução, a possibilidade de ocorrer seleção natural que beneficie os genótipos mais adaptados e pode beneficiar na seleção de características com média e baixa herdabilidade. Entre as desvantagens está a impossibilidade de representar de maneira igual todas as plantas da geração anterior, uma vez que o número de sementes amostrado de cada população pode variar. Como consequência, algumas características de interesse agrônomo podem ser perdidas pela amostragem. Além disso, a seleção natural pode facilitar que algumas características indesejáveis permaneçam na população, como a maturação tardia em alguns genótipos ou maior estatura de plantas (BORÉM; MIRANDA, 1999).

## **4. RELATÓRIO DAS ATIVIDADES**

### **4.1 CRUZAMENTOS ARTIFICIAIS**

A escolha e o cruzamento e/ou hibridação artificial de genitores de soja dá início ao processo de desenvolvimento de uma nova cultivar. Nesta etapa do programa de melhoramento, os genitores, sendo eles linhagens puras ou cultivares elite, são selecionados como parentais para os cruzamentos. O objetivo da escolha dos genitores é gerar variabilidade genética e, assim, permitir a seleção de plantas superiores aos genitores para características como produtividade, resistência a doenças e insetos, entre outras.

Durante o período de estágio, na fase de cruzamentos, as atividades realizadas foram intercaladas entre três programas de cruzamentos conduzidos na unidade, sendo eles: “Convencional”, “Programa RR” e “Programa Xtend”. No Convencional, as linhagens não apresentam qualquer transgene no seu genoma. No RR, as linhagens apresentam resistência ao

herbicida *glyphosate*, através da expressão do gene *cp4 epsps* que codifica uma proteína envolvida na inibição do herbicida sobre a enzima 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase (EPSPS) na planta. Enquanto o Xtend é dividido em duas linhas de condução, sendo uma delas o “*Four-way*”, onde as linhagens possuem quatro transgenes no seu genoma. Os transgenes inseridos codificam proteínas envolvidas com: i) resistência a insetos do gênero *Spodoptera*, lagarta-da soja, falsa-medideira, lagarta-das-maçãs e lagarta-das-axilas através da expressão dos genes *CryIAc*, *CryIA.105* e *Cry2Ab2* e ii) resistência a herbicidas como *glyphosate* e dicamba através da expressão do gene *cp4 epsps* e do gene *dmo* que codifica a proteína dicamba mono-oxigenase (DMO), a qual inibe a atuação do herbicida *dicamba* na planta (RUFINO *et al.*, 2015; CTNBio, 2014; Extrato de Parecer Técnico nº 5.832, 2018). Na outra linha de cruzamentos do programa, denominada “*Two-way*”, os genótipos de soja apresentavam apenas dois transgenes no seu genoma, o *cp4 epsps* e o gene *dmo*. O programa *Two-way* tem como objetivo gerar cultivares para a área de refúgio em semeadura com cultivares “*Four-way*”. A adoção dessa área tem como função dificultar a ocorrência de resistência de insetos às proteínas produzidas pelas cultivares transgênicas. Isso se dá através da existência de áreas adjacentes com e sem a tecnologia, para que seja promovido o cruzamento entre insetos das duas áreas, assim, dificultando a transmissão da resistência às progênes.

Os cruzamentos artificiais foram conduzidos em casa de vegetação com controle de temperatura e umidade, envolvendo a avaliação diária do estágio de desenvolvimento floral dos genitores. A soja é uma planta autógama com flores completas e perfeitas, com cinco sépalas e cinco pétalas, um pistilo envolto por nove estames fundidos e um livre (GAZZONI, 2017). Para a hibridização é necessário realizar a emasculação das flores que serão empregadas como receptoras de pólen de outra planta envolvida no cruzamento. A emasculação consiste na remoção do órgão masculino da flor e tem como propósito evitar a sua autofecundação. As etapas envolvidas no cruzamento seguem a descrição de Fehr (1987), onde as flores a serem polinizadas devem estar no estágio que antecede um dia a autofecundação. Para a identificação deste estágio, faz-se necessário encontrar uma flor ainda em estágio inicial de desenvolvimento na planta que será receptora do pólen. Nesse contexto, o momento ideal para a emasculação da flor receptora é quando o botão floral estiver com aspecto cheio, com a pétalas emergindo, contudo, ainda parcialmente encobertas pelas sépalas, como demonstrado na Figura 1. O preparo da flor para a polinização inicia com a remoção das demais estruturas florais do racemo, deixando apenas a que será polinizada. Posteriormente, as estruturas de proteção da flor caracterizadas pelas sépalas e pétalas são removidas. Ao contrário do proposto por Fehr, as

anteras são removidas da flor antes de receber o pólen da flor doadora para que seja evitado uma possível autofecundação.

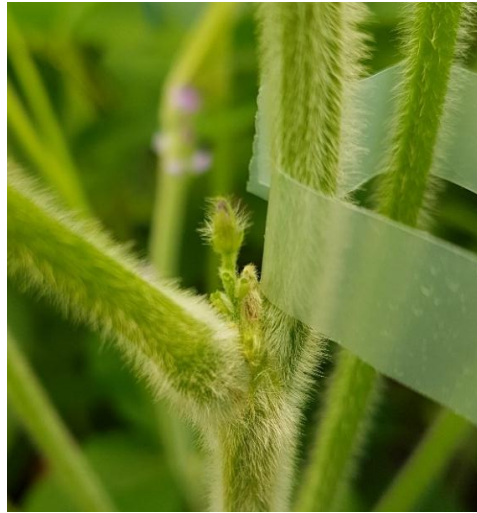
Por outro lado, para a flor doadora de pólen, o estágio adequado é aquele quando ocorre a abertura floral. Neste momento, o pólen terá maior viabilidade, sendo a mesma drasticamente reduzida com o passar dos dias. A identificação dessas flores é possível de ser realizada devido à intensidade da coloração das pétalas, sejam elas roxas ou brancas. Estas flores são coletadas e armazenadas em recipiente com sílica, para que permaneçam em umidade reduzida, auxiliando na manutenção e viabilidade do pólen. No momento da fecundação, as anteras das flores são removidas com auxílio de uma pinça e são gentilmente aproximadas no estigma da flor emasculada para deposição do pólen e fecundação. Outro aspecto importante é o controle fitossanitário adequado das plantas genitoras. Por isso, durante todo o ciclo das plantas foram conduzidos tratamentos fitossanitários quinzenalmente devido às condições climáticas do local, com alta umidade e temperatura elevada, propícias ao desenvolvimento de doenças, principalmente fúngicas. Este procedimento possibilita a obtenção de um número adequado de sementes da primeira geração filial ( $F_1$ ).

No momento da maturação de colheita, em torno de 30 a 40 dias após a fecundação cruzada, as vagens previamente identificadas com etiquetas foram coletadas. Uma etapa importante nesse procedimento é a conferência quanto à integridade das sépalas, para confirmar a sua origem do cruzamento. Para isso, elas precisam estar removidas ou danificadas, o que confirma que as flores que as originaram passaram pelo processo de emasculação, etapa anterior a polinização artificial. Após a checagem, as vagens foram coletadas, debulhadas e suas sementes armazenadas em câmara fria para semeadura posterior.

As sementes da geração  $F_1$  identificadas e coletadas de cada cruzamento foram destinadas ao avanço de geração de autofecundação. Para isso, as sementes  $F_1$  foram semeadas em vasos em casa de vegetação com até quatro sementes por vaso. Sementes da segunda geração filial ( $F_2$ ) serão obtidas ao final do ciclo de desenvolvimento das plantas  $F_1$ . Esta etapa é conduzida no período de inverno e tem como finalidade avançar duas gerações de autofecundação no mesmo ano, acelerando a obtenção dos níveis desejados de homozigose.



Figura 1. Estádio fenológico adequado para recepção do pólen pela flor materna.



Fonte: Felipe A. Krause, 2019.

#### **4.2 CONDUÇÃO DE POPULAÇÕES SEGREGANTES DE MELHORAMENTO**

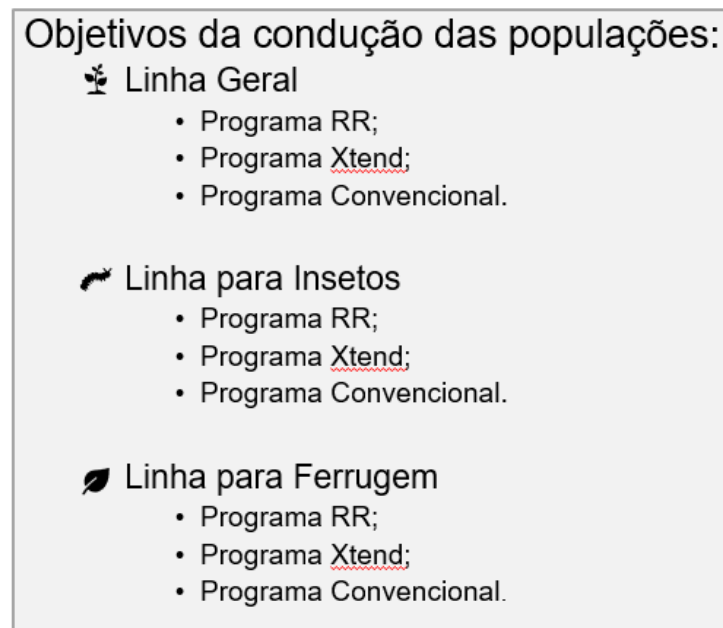
Populações segregantes são definidas como um conjunto de plantas originadas do cruzamento entre dois ou mais genitores e que apresentam variações genéticas e fenotípicas entre si. Esta etapa compreende a condução de populações da geração  $F_2$  à geração  $F_5$ . Na geração  $F_2$ , são realizadas seleções para ciclo vegetativo entre os indivíduos das populações. A geração  $F_3$  é conduzida com o intuito de avanço no processo de homozigose, sem realização de seleção nessa fase. Na geração  $F_4$  é realizada seleção de genótipos para características fenotípicas como estatura de plantas e número de vagens por plantas. Já na geração  $F_5$ , a seleção é realizada principalmente para estatura de plantas e presença de doenças.

Para a condução e seleção de populações segregantes, a Embrapa Soja utiliza o método de melhoramento populacional. Um total de aproximadamente 2000 populações segregantes na geração  $F_2$  são crescidas em condições de campo, com aproximadamente 1.200 plantas por população. Cada geração é desenvolvida sob condições climáticas distintas, onde a geração  $F_3$  é conduzida em Formoso do Araguaia no Tocantins, no período de inverno para adiantar o processo de avanço de geração. Enquanto, a geração  $F_4$  é conduzida em Ponta Grossa no Paraná no período de cultivo adequado. Já as gerações  $F_2$  e  $F_5$  são conduzidas em Londrina no Paraná, também no período recomendado para o cultivo da soja.

A condução e seleção dessas populações são feitas com base em diferentes critérios. Por isso, nessa fase do programa de melhoramento as populações são divididas em três linhas de seleção, de acordo com os objetivos de desenvolvimento de novas cultivares. Cada linha

apresenta é constituída por populações segregantes oriundas dos cruzamentos dos programas Roundup Ready (RR), Xtend e Convencional, como demonstrado na figura 2. Os objetivos de cada linha de seleção se classificam em: i) “geral” no qual é observado principalmente as características de produtividade; ii) “insetos” onde é avaliada a resistência dos genótipos ao ataque de pragas e; iii) “ferrugem” que tem como objetivo selecionar genótipos com resistência à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), doença que produz os maiores níveis de danos econômicos na soja. Há variações entres as linhas de condução das populações quanto ao avanço de geração de autofecundação. Nas linhas de seleção para “Insetos” e “Ferrugem” todas as etapas de autofecundação, de F<sub>2</sub> até F<sub>5</sub>, são conduzidas na unidade de Londrina. Na linha “Geral”, apenas as gerações F<sub>2</sub> e F<sub>5</sub> são conduzidas em Londrina, já as populações na geração F<sub>3</sub> são conduzidas em Formoso do Araguaia, TO, e a geração F<sub>4</sub> é conduzida em Ponta Grossa, PR.

Figura 1. Divisão das populações segregantes a partir da geração de autofecundação F<sub>2</sub> de acordo com os objetivos do programa de melhoramento.



Fonte: Felipe A. Krause, 2019.

Na geração F<sub>2</sub>, a semeadura é realizada em parcelas, onde cada uma destas é composta por sementes oriundas de um único cruzamento. Nessa etapa de avanço das gerações é realizada apenas uma única avaliação nas populações segregantes, sendo elas classificadas em diferentes ciclos vegetativos, estabelecidos em: super precoce, precoce, médio e tardio. A figura 3 ilustra duas populações contrastantes para ciclo super-precoce e ciclo tardio, cultivadas em parcelas

adjacentes no campo. Ao ser atingido o estágio de maturação de colheita, a coleta dos materiais foi realizada. Dentro de cada população segregantes é possível verificar diferenças entre os genótipos para maturidade de colheita. Por isso, faz-se necessário a colheita dos materiais de forma manual para que apenas sejam coletadas as plantas que apresentarem o mesmo estágio de desenvolvimento. Essa metodologia empregada na colheita, permite que apenas as plantas com o ciclo vegetativo requerido previamente em avaliações sejam selecionadas.

Figura 2. Classificação do ciclo super-precoce e tardio entre populações segregantes na geração F<sub>2</sub>.



Fonte: Felipe A. Krause, 2019.

Nas gerações F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub>, a semeadura também foi realizada em parcelas. Nas populações F<sub>3</sub> da linha de seleção para insetos, não foram realizadas avaliações, apenas a condução das plantas desde a semeadura até a colheita. Enquanto em F<sub>4</sub>, um número variável de plantas de cada população segregante foi selecionado e, posteriormente colhidas com o intuito de continuar o avanço de geração de autofecundação e realização de futuras seleções. Quando em maturação de colheita, o número definido de plantas de cada população foi colhido, sendo selecionadas as que apresentassem características desejáveis quanto à estatura, estrutura de galhos e número estimado de vagens. Cada planta selecionada foi trilhada separadamente para que não houvesse mistura entre as plantas da mesma população.

A etapa seguinte, compreende as populações na geração F<sub>5</sub> que, nessa fase, são denominados de “Linhas de progênie”, pois as sementes colhidas das plantas selecionadas na geração F<sub>4</sub> são semeadas separadamente em linhas no campo. As atividades desenvolvidas

nessa fase do avanço de geração foram no acompanhamento da seleção fenotípica criteriosa de cada um dos genótipos na geração F<sub>5</sub>. Também, houve a seleção desses materiais para destinar o ambiente de cultivo que teriam maior adaptação, sendo eles a região Sul do país ou Centro-Norte. O principal critério utilizado para a determinação do local foi a época de maturação de cada uma das linhagens, sendo que linhagens com maturação antecipada eram destinadas para o Sul e as demais para o Norte. Cada um dos genótipos selecionados, no estádio de maturação de colheita, foi colhido e trilhado separadamente para que não ocorressem misturas das sementes das plantas coletadas entre as diferentes populações durante o processamento.

Na linha de seleção para insetos, o monitoramento do nível de dano econômico de insetos na soja através da metodologia do pano de batida e controle com fichas de manejo integrado de insetos foram realizados, conforme Corrêa-Ferreira (2012). O monitoramento de insetos para a seleção de genótipos com maior resistência a essas pragas é bastante importante, uma vez que permite avaliar e comparar a produtividade entre as linhagens sob condição de alta população de insetos. Com isso, é possível selecionar as linhagens que apresentarem maior produtividade, o que provavelmente indicará maior resistência à uma população maior dessas pragas. Por isso, o nível de dano econômico de insetos na soja foi monitorado periodicamente. As amostragens foram conduzidas de forma aleatória em 10 pontos em uma área de aproximadamente 18 hectares, verificando a presença de percevejo verde (*Nezara viridula*), marrom (*Euchistus heros*), verde-pequeno (*Piesodorus guildinii*) e barriga-verde (*Dichelops furcatus*), além de lagartas como a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis*), falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*) e helioverpas (*Helicoverpa armígera*, *Helicoverpa zea* e *Heliothis virescens*). Também, verificou-se o bicudo-da-soja (*Sternechus subsignatus*) e vaquinha (*Diabrotica speciosa*).

Na linha de seleção para ferrugem, avaliações no “Ensaio de ferrugem” em cultivares comerciais e linhagens do programa de melhoramento da Embrapa Soja foram realizadas durante o estágio. O objetivo desta atividade foi analisar a resistência qualitativa à ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), a qual é conferida por um ou poucos genes sendo facilmente superada pelos patógenos. Para isso, análises visuais foram realizadas para verificar a presença de sinais da doença, conforme a escala diagramática proposta por Azevedo *et al.* (2007), para estimar a severidade da doença nos materiais selecionados, a partir da porcentagem de área foliar com sinais de esporulação do fungo.

### 4.3 ENSAIOS PRELIMINARES DE LINHAGENS DE SOJA

As linhagens de soja utilizadas nos ensaios preliminares são caracterizadas como plantas que apresentam elevado nível de homozigose em seus locos gênicos. As avaliações dessas plantas têm como finalidade a identificação de genótipos superiores às cultivares elite comerciais (FEHR, 1987). Para essas análises, na Embrapa Soja são conduzidos ensaios de primeiro (P1), segundo (2), terceiro (3) ano e o final. Esse último antecipa o lançamento comercial da cultivar e se diferencia dos demais por ser realizado em um número maior de locais. Desta forma, permite uma análise mais precisa sobre a adaptação das plantas sob diferentes condições ambientais. No P1, cada linhagem é semeada em parcelas com sementes provenientes de plantas individuais das linhas de progênie (F<sub>5</sub>). Nessa fase foi avaliada a data de emergência e maturação de cada uma das parcelas, além da estimativa do grupo de maturação pela semelhança da maturação desses materiais com outras cultivares que já possuíam o grupo de maturação estabelecido. Além disso, os grãos foram pesados no momento da colheita, sendo esse o fator decisivo para seleção dos genótipos que serão avançados para a próxima etapa.

As linhagens selecionadas em P1 são destinadas ao P2, os quais foram conduzidos em dois locais distintos, Londrina e Ponta Grossa. As avaliações nesta etapa foram similares às realizadas em P1, quanto à data de emergência e maturação, estimativa do grupo de maturação e peso de grãos, estatura de plantas e determinação da umidade dos grãos no momento da colheita. As plantas selecionadas foram colhidas e mantidas separadas, sendo as que tiveram desempenho superior em produtividade avançadas à próxima etapa.

Os materiais selecionados na etapa anterior foram utilizados no P3. Além das avaliações realizadas no P1 e P2, avaliação de acamamento nas parcelas através da presença de plantas caídas sobre as demais, doenças, cor de hilo e cor de pubescência das vagens, bem como o grau de maturação, também foram realizadas. As diferenças fenotípicas entre as linhagens avaliadas podem ser observadas na Figura 4. Da mesma forma que nas análises anteriores, os genótipos que apresentaram maior produtividade foram selecionados e mantidos separados e destinados para avaliações finais.

O ensaio final é caracterizado como a última etapa de avaliação das linhagens antes do lançamento comercial como novas cultivares. Nesta etapa, as avaliações são as mesmas realizadas em P3, entretanto, devido às condições meteorológicas de longo período de estiagem durante o período de estágio, o nível de tolerância à baixa umidade também foi avaliado. Para isso, a aparência das folhas, aspecto das vagens e o enchimento dos grãos foram observados. Quando em maturação de colheita, as linhagens selecionadas foram colhidas, evitando a

ocorrência de misturas entre elas e armazenadas separadamente. As não selecionadas foram destinadas para o consumo na forma de grãos, sendo todas as parcelas colhidas de forma mecanizada.

Figura 3. Diferenças fenotípicas para cor de pubescência e maturação nas diferentes linhagens.



Fonte: Felipe A. Krause, 2019.

No final do avanço de gerações e das avaliações, estudos são realizados para avaliar a possibilidade de lançar comercialmente uma nova cultivar. Para isso, comparações destas linhagens são realizadas com cultivares elite presentes no mercado, sendo comparado principalmente quanto à produtividade e quanto à presença de resistência a doenças e insetos. No caso da Embrapa Soja, novas cultivares de soja somente serão lançadas no mercado quando apresentarem resistência a no mínimo quatro doenças principais, sendo elas: mancha-olho-de-rã (*Cercospora sojina*), pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*), cancro da haste (*Diaporthe aspalathi*) e podridão radicular de fitóftora (*Phytophthora sojae*).

As atividades desenvolvidas durante o período de estágio compreenderam todas as etapas envolvidas no processo de obtenção de uma nova cultivar de soja. Isso foi possível através do acompanhamento desde a etapa inicial com os cruzamentos entre os genitores, seguido pela condução de populações segregantes e seleção de genótipos superiores para características como produtividade. A etapa final é a avaliação dos genótipos para obtenção de resultados que servirão de critério para a escolha de uma cultivar a partir das linhagens obtidas. Durante o estágio, foi permitido a visualização de como realmente são conduzidas as atividades diárias e/ou rotina de um programa de melhoramento de soja. Além disso, foi oportunizado adquirir mais conhecimentos sobre as práticas agrícolas e de técnicas empregadas durante o

processo de melhoramento. Destaca-se os cruzamentos, devido à demanda por conhecimento na avaliação do momento ideal para a fecundação cruzada e da metodologia a ser empregada durante a polinização. Além da importância dessa etapa dentro de todo o desenvolvimento do programa de melhoramento de soja, devido à geração de variabilidade genética.

## **5. DISCUSSÃO**

### **5.1 ANÁLISE DOS CRUZAMENTOS ARTIFICIAIS E GERAÇÃO F<sub>1</sub>**

A realização de cruzamentos artificiais representa uma das etapas mais importantes em um programa de melhoramento de plantas, uma vez que permite o desenvolvimento de populações segregantes para a seleção de descendentes com características agronômicas superiores. O processo de liberação de pólen sobre o estigma da mesma flor (polinização), acontece em geral um dia antes da abertura do botão floral. Isso garante que o percentual de autofecundação das flores de soja seja bastante elevado, além disso, o fato de as anteras estarem acima do estigma também favorece este processo (GAZZONI, 2017). Para que o cruzamento artificial seja realizado antes da autofecundação, é importante o reconhecimento do estágio ideal da flor para a emasculação e polinização. A partir dessa técnica de fecundação artificial será possível obter variabilidade genética, contribuindo para a seleção de genótipos que forem superiores aos seus genitores, o que garantirá o sucesso de um programa de melhoramento. Por isso, os funcionários responsáveis pelo emprego dessa metodologia devem ser treinados e precisos no desenvolvimento de suas atividades, sendo isso observado em todos os servidores, mostrando-se capacitados para a realização dos cruzamentos.

Os cruzamentos são realizados em casa de vegetação, com uma estrutura de exatidão e resfriamento para que a temperatura interna do ar não fosse muito elevada. No programa “*Xtend*”, nas duas linhas de cruzamento “*Four-way*” e “*Two-way*”, estruturas adicionais são requeridas junto às estufas como local para trilha e armazenamento. Esta necessidade está associada à manipulação de uma planta geneticamente modificada, não podendo ter sua liberação, mesmo que acidental, no ambiente (Resolução Nº 18/2018). Logo, todas as atividades desenvolvidas foram realizadas de forma isolada e separada dos demais cruzamentos. A Lei Brasileira de Biossegurança (Lei nº 11.105) que estabelece normas de segurança e de fiscalização de organismos geneticamente modificados, exige que essas atividades sejam realizadas dessa forma. A intenção é de evitar que, no ambiente externo, esses organismos

modificados geneticamente possam ser cruzados com outras plantas não transgênicas, dispersando o transgene.

Os cuidados fitossanitários representam outro ponto importante, pois as condições ambientais dentro das estufas onde são conduzidos os cruzamentos artificiais e as populações  $F_1$  são favoráveis à proliferação de doenças. As doenças fúngicas são as mais favorecidas, pois as casas de vegetação apresentam alta umidade, plantas bem nutridas, além de temperaturas mais elevadas (VIDA *et al.*, 2004). Tendo isso em vista os tratamentos fitossanitários foram realizados de maneira preventiva a cada quinze dias. De acordo com Seixas, *et al.* (2018) é recomendado para esses locais que beneficiam a ocorrência das doenças, caso contrário, o mais indicado seria manter um monitoramento constante das plantas para verificar a presença de sinais das doenças e, então, realizar o tratamento. Devido ao uso constante de fungicidas, a escolha dos produtos fitossanitários foi realizada em função do seu modo de ação multissítio e, portanto, que interferem em mais de um mecanismo envolvido no metabolismo dos fungos. A ação desses produtos fitossanitários sobre os fungos dificulta o surgimento de resistência, sendo isso mais frequente quando utilizado fungicidas de sítio específico (GODOY *et al.*, 2018b).

O avanço de geração já é iniciado após a etapa dos cruzamentos, sendo que as plantas terão seu ciclo completado durante a estação de inverno. Esse período coincide com o período determinado para o vazio sanitário da soja no estado do Paraná, estabelecido entre os dias 10 de junho e 10 de setembro de cada ano (Portaria nº 264, 2018). O vazio é exigido por lei como forma alternativa ao controle da ferrugem asiática que, dessa forma, tem seus esporos reduzidos no ambiente, uma vez que o seu principal hospedeiro está ausente (SEIXAS *et al.*, 2018). Durante esse período não é permitida a presença de qualquer planta de soja, seja ela espontânea ou não, sendo o proprietário da área o responsável pela fiscalização das suas terras, sob pena de multa caso seja encontrada alguma planta da cultura no local (Portaria nº 202, 2017). Há permissão de condução de plantas de soja para o caso de pesquisas ou condução em empresas. No caso da Embrapa Soja é necessário realizar um requerimento que permita a condução das populações  $F_1$  durante esse período, através da qual a empresa afirma sua responsabilidade no controle e na erradicação da doença durante esse período nas suas plantas.

## **5.2 CONDUÇÃO E SELEÇÃO DAS POPULAÇÕES SEGREGANTES**

Modificações na forma de condução das populações segregantes através do método populacional podem ser utilizadas no melhoramento de plantas, permitindo até mesmo a seleção de genótipos em gerações iniciais. Na Embrapa Soja, o método populacional é conduzido com



modificações em relação ao método original. Entre as principais modificações, a seleção de plantas em gerações iniciais merece destaque. Em F<sub>2</sub> são realizadas as primeiras seleções, em seguida são realizadas novas seleções na F<sub>4</sub>. E por fim, seleção das linhagens em F<sub>5</sub>, considerada em estágio avançado de homozigose. Outra variação no método de condução está na condução das populações segregantes em mais de um local. A condução das populações nas gerações F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub> e F<sub>5</sub> são realizadas em três ambientes com características climáticas extremamente distintas entre elas, sendo que F<sub>2</sub> e F<sub>5</sub> são conduzidas em Londrina, F<sub>3</sub> em Formoso do Araguaia, TO sob condições de temperatura extremamente elevadas e F<sub>4</sub> conduzida em Ponta Grossa, PR sob condições de temperaturas amenas no verão. Neste método de condução, devido às plantas estarem sujeitas à seleção natural, o mais adequado seria que os avanços de geração fossem conduzidos em condições de campo e na região que se objetiva o lançamento da nova cultivar. Entretanto, para a Embrapa Soja há o benefício da possibilidade de avançar uma geração de autofecundação em período alternativo, durante o inverno. Desta forma, antecipando o período até as populações atingirem a homozigose desejada.

O avanço de geração em condições de campo permite que a seleção natural seja exercida sobre os genótipos. Quando essas atividades são realizadas em locais distintos durante o avanço, os genótipos mais adaptados aquelas condições ambientais podem se beneficiar. Dessa forma, um aumento no número de sementes destas plantas pode ser esperado, o que ocasionaria uma elevação da frequência de materiais adaptados àquele ambiente nas gerações seguintes. Por isso, alguns genótipos que teriam grande possibilidade de se tornar uma cultivar dentro do programa de melhoramento da Embrapa podem estar sendo perdidas em função do método de aceleração de avanço de geração adotado.

Nas populações segregantes com o objetivo à resistência a insetos foi conduzido o monitoramento de pragas. No melhoramento genético, esta prática é importante para verificar se as populações foram conduzidas sob ambiente de alta ou baixa pressão dos insetos. Além de ser possível estimar uma maior ou menor tolerância dos genótipos aquele número de pragas na área. Por essa perspectiva, um número elevado de percevejos durante o avanço de gerações é considerado ideal para que, por seleção natural, apenas os genótipos que tiverem maior tolerância permaneçam nas populações (PÍPOLO *et al.*, 2007). Para que fosse possível manter o monitoramento constante do número de insetos na área, seguiu-se a metodologia proposta por Corrêa-Ferreira (2012). Entretanto, nas populações segregantes, foi realizado 10 amostragens em uma área de aproximadamente 18 hectares, sendo duas amostras a mais do que o proposto pela autora. A partir dessa maior amostragem da área é possível ter uma maior representatividade da área e melhor controle do número de insetos no local.

Programas de melhoramento que buscam genótipos com maior tolerância a insetos, principalmente percevejos, deveriam ser mais frequentes no Brasil, pois ainda não existem transgenes que conferem a resistência de plantas a esses insetos. A geração de cultivares que expressam esta característica é importante para o manejo integrado de pragas na soja (MIP-Soja). Através de cultivares com esta característica, será possível se apropriar de uma agricultura mais sustentável com redução do uso de inseticidas nas lavouras. Ainda, poderia auxiliar para a melhor utilização do MIP pelos agricultores, que recorrem à aplicação de inseticidas mesmo quando a quantidade de insetos por metro de pano de batida é inferior ao valor crítico para o controle químico (BUENO *et al.*, 2010).

O monitoramento da evolução das doenças fúngicas é importante para a cultura da soja para que se saiba a necessidade real de aplicação de produtos fitossanitários para o controle da doença. Uma maneira alternativa a esses produtos está na resistência genética às doenças. Com intuito de avaliar linhagens e cultivares para resistência ou suscetibilidade em genótipos selecionados, foi realizado o monitoramento de progresso da doença, pretendendo-se observar a resistência qualitativa à ferrugem asiática, seguindo a metodologia proposta por Azevedo *et al.* (2007). As avaliações da severidade da doença se deram através da porcentagem de área foliar com esporulação ou então com lesões ocasionadas pela ferrugem. Entretanto, devido às condições climáticas adversas de temperatura elevada e estiagem prolongada, não foi verificado sinais do fungo, tendo seu início apenas no final do ciclo da cultura, quando já não apresenta grandes riscos de perdas produtivas.

### **5.3 ANÁLISE DOS ENSAIOS PRELIMINARES E FINAIS**

Ensaio preliminares tem como finalidade a caracterização e seleção dos genótipos superiores, ou seja, com maior produtividade aliada a outras características como resistência a insetos e doenças e tolerância ao acamamento, por exemplo. No ensaio preliminar de primeiro ano (P1), segundo Pípolo *et al.* (2007), os materiais deveriam se conduzidos em dois ou três locais e com uma repetição, pois já permitiria uma avaliação inicial da adaptação das linhagens em outros locais. Entretanto, na Embrapa Soja esse ensaio é conduzido em apenas um local e uma repetição. A escolha por esse número de local e repetição é explicada em função da disponibilidade de área restrita e mão de obra limitada, não havendo possibilidade de realizar maiores avaliações e nem comparações entre os mesmos materiais.

Os ensaios preliminares de segundo ano (P2) são conduzidos em dois locais e com duas repetições por local. Segundo Pípolo *et al.* (2007), o recomendado seria que os ensaios fossem

conduzidos em dois ou três locais com três repetições em cada um dos locais. Da mesma forma que para o ensaio preliminar de primeiro ano, aqui há limitação de área e de mão de obra, principalmente. Isso impede que um número maior de avaliações seja realizado sobre os materiais, além de diminuir a precisão destas avaliações devido ao grande volume de linhagens que devem ser avaliadas e o número reduzido de servidores para realizá-las.

Por outro lado, os ensaios de terceiro ano (P3), bem como os ensaios finais, são conduzidos em 38 locais distribuídos dentro de cada região edafoclimática (REC), estabelecida para a adaptação da cultivar. Cada REC está dentro de uma macrorregião sojícola (MRS) e se diferencia das demais pela altitude e pelo tipo de solo que existe em cada uma delas. Contudo, há genótipos que apresentam adaptação genética a uma faixa maior de regiões, assim, pode-se optar pela escolha da avaliação dessas linhagens em mais de uma região edafoclimática (KASTER; FARIAS, 2012). Para a condução das avaliações finais, um grande número de locais é utilizado; isso garante que as avaliações realizadas quanto à adaptação destas plantas será preciso, observando-se a possibilidade de adaptação àquele local. Além disso, permite que a recomendação da cultivar seja restringida a alguns pontos dentro da REC e não para toda ela, em função de mudanças climáticas e altitude dentro de cada uma dessas regiões.

Os ensaios finais que representam os ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) foram conduzidos em 20 locais, distribuídos entre Norte do Paraná, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Sul de Goiás, e triângulo mineiro. Essa etapa é fundamental durante o programa de melhoramento e exigida por lei para que seja possível realizar a inscrição da nova cultivar no Registro Nacional de Cultivares, órgão ligado ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BORÉM; MIRANDA, 2013).

Os dados coletados durante as etapas finais de avaliações do programa de melhoramento devem representar a realidade produtiva e de sanidade das linhagens, pois a partir desses dados serão tomadas as decisões para o lançamento de uma nova cultivar. Com isso, um ponto verificado durante o estágio que precisaria ser melhorado é relativo às avaliações envolvidas nesta etapa, pois muitas das avaliações foram realizadas a partir de estimativas de estatura de planta, altura de inserção da primeira vagem na planta, número de nós, entre outras. Essa realidade poderia ser alterada através de treinamentos e da conscientização dos servidores para a importância dessas análises dentro do programa.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os programas de melhoramento visam atender as demandas dos produtores agrícolas por novas tecnologias que supram as suas necessidades no campo. A partir da seleção de plantas superiores e a expressão do potencial genético das novas cultivares de soja torna-se possível aumentar a produtividade e o nível de resistência a insetos e doenças. Desta forma, o melhoramento de plantas é importante para que a agricultura possa se desenvolver de forma sustentável.

O melhoramento exige que suas atividades sejam desenvolvidas por pessoas capacitadas e que tenham dedicação nas suas tarefas. Todas as atividades desenvolvidas necessitam de bastante atenção e precisão e estes critérios são primordiais para que o sucesso de um programa seja atingido. Falhas em qualquer fase durante o melhoramento como cruzamentos, conduções de populações segregantes ou avaliações finais, podem impedir que uma nova cultivar seja identificada e lançada comercialmente no mercado.

Alterações metodológicas na condução das populações segregantes podem ser utilizadas para facilitar as atividades do programa ou como forma de acelerar o avanço de geração de autofecundação. Quando realizado fora do período de cultivo, possibilita adiantar pelo menos um ano o avanço até a geração com alta grau de homozigose, no caso da Embrapa Soja linhagens na geração F<sub>5</sub>.

As cultivares desenvolvidas pelos programas de melhoramento apresentam adaptação a regiões específicas. Em geral, são recomendadas dentro de cada uma das Regiões Edafoclimáticas (RECs), pois apresentam características climáticas semelhantes. Além disso, diferentes respostas ao fotoperíodo podem ser observadas entre as cultivares, sendo as de maior resposta destinadas para as áreas produtivas mais ao Sul do país, pois em condições de baixa latitude terão seu florescimento induzido precocemente.

O estágio permitiu o acompanhamento das atividades envolvidas dentro de um programa de melhoramento de soja em nível nacional. Também proporcionou uma experiência profissional e o aperfeiçoamento de conhecimentos adquiridos na academia, bem como de relações pessoais dentro de um ambiente de trabalho. Entretanto, seria produtivo se fosse disponibilizado pela Universidade um período maior ao acompanhamento das atividades, como é realizado nas demais faculdades de Agronomia, onde o estágio é concentrado no último semestre letivo. Além disso, permitiria aos alunos maior possibilidade de contratação ao findar o curso superior.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABAG - Agência Nacional de Abastecimento. **O futuro da soja nacional**. São Paulo: 2015. Disponível em: <<http://www.abag.com.br/media/images/0-futuro-da-soja-nacional---ieag---abag.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2019.
- ALLARD, Robert Wayne. **Principles of Plant Breeding**. 2. ed. New York: John Weley & Sons, 1999.
- ALMEIDA, Leones Alves de *et al.* **Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/catalogo/livrorg/sojamelhoramento.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2019.
- AZEVEDO, Luís Antônio Siqueira de; JULIATTI, Fernando Cezar; BARRETO, Modesto. Resistência de Genótipos de Soja à *Phakopsora Pachyrhizi*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 3, p.252-257, jan. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v33n3/07.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2019.
- BARROS, Geraldo Sant'ana de Camargo *et al.* **PIB do Agronegócio Brasil**. Piracicaba: Esalq/usp, 2017. 19 p. Disponível em: <[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Brasil\\_D EZEMBRO\\_CNA.pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Brasil_D EZEMBRO_CNA.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2019.
- BONATO, Emídio Rizzo. A soja no Brasil: história e estatística por Emídio Rizzo Bonato e Ana Lídia Variani Bonato. Londrina, EMBRAPA – CNPSo, 1987. 61p. (EMBRAPA - NPSO. Documentos, 21).
- BORÉM, Aluísio; MIRANDA, Glauco Vieira. **Melhoramento de Plantas**. 6. ed. Viçosa: Ufv, 2013. 523 p.
- BRASIL. Lei nº 11105, de 24 de março de 2005. Estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM [...] dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança – PNB . **Diário Oficial da União**. Brasília, Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/11105.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/11105.htm)>. Acesso em: 31 ago. 2019.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio. Resolução nº 18, de 2018. Dispõe sobre a classificação de riscos de Organismos Geneticamente Modificados (OGM) e os níveis de biossegurança a serem aplicados nas atividades e projetos com OGM e seus derivados em contenção. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2018. Disponível em: <[https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/legislacao/Arquivos/Resolucao\\_CTNBio\\_18\\_2018.pdf](https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/legislacao/Arquivos/Resolucao_CTNBio_18_2018.pdf)>. Acesso em: 31 ago. 2019.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações/Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Extrato de Parecer Técnico nº 5.832**, de 2018. Parecer para liberação comercial de soja geneticamente modificada resistente a insetos e tolerante a herbicidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 mar. 2018. Seção 1, p. 12. Disponível em:

<[http://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/7890477/do1-2018-03-26-extrato-de-parecer-tecnico-n-5-832-2018-7890473](http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/7890477/do1-2018-03-26-extrato-de-parecer-tecnico-n-5-832-2018-7890473)>. Acesso em: 01 set. 2019.

BUENO, Adeney de Freitas; BATISTELA, Marcelo J.; MOSCARDI, Flávio. **Níveis de desfolha tolerados na cultura da soja sem a ocorrência de prejuízos à produtividade**. Londrina: Embrapa, 2010. 11 p. (Circular Técnica, 79). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/859415/1/CT79VE.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2019.

CECCARELLI, S. *et al.* **Plant breeding and farmer participation**. Roma: Fao, 2009. 671 p. Relatório da FAO. Disponível em: <<http://oar.icrisat.org/2018/1/PlantBreedingAndFarmerParticipation.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2019.

CTNBio - COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. Constituição (2014). **Soja Geneticamente Modificada Tolerante A Herbicida Dicamba (mon 87708)**. Brasília, Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/documents/566529/2174683/Parecer+processo+01200+004906+2014+13+Maria+Sueli+Felipe.pdf/7fc10a22-1c04-4389-87fa-da360694a581;jsessionid=48D4104AC4E73E724A721A5CB5A0F9B0.rima?version=1.0>>. Acesso em: 26 ago. 2019.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **A produtividade da soja: análise e perspectivas**. Brasília: Conab, 2017. 33 p. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17\\_08\\_02\\_14\\_27\\_28\\_10\\_compendio\\_de\\_estudos\\_conab\\_a\\_produtividade\\_da\\_soja\\_-\\_analise\\_e\\_perspectivas\\_-\\_volume\\_10\\_2017.pdf](https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_08_02_14_27_28_10_compendio_de_estudos_conab_a_produtividade_da_soja_-_analise_e_perspectivas_-_volume_10_2017.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2019.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: GRÃOS**. Brasília: Conab, 2018. 45 p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: Conab, 2019. 104 p.

CORRÊA-FERREIRA, Beatriz S.; PANIZZI, Antônio R. **Percevejos da Soja Percevejos da Soja e seu Manejo**. Londrina: Embrapa CNPSo, 1999. 45 p. (Circular Técnica, 24). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/461048/1/circTec24.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2019.

CORRÊA-FERREIRA, Beatriz Spalding. AMOSTRAGEM DE PRAGAS DA SOJA. In: CAMPO, Clara Beatriz Hoffmann *et al.* **SOJA: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-praga**. Brasília, Embrapa, 2012. Cap. 9. p. 631-665. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/artropodes/Capitulo9.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2019.

DALL'AGNOL, Amélio. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: Histórico e contribuições**. Brasília: Embrapa, 2016. 71 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142568/1/Livro-EmbrapaSoja-desenvolvimento-BR-OL.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2019.

DALL'AGNOL, Leandro José. **Resistência Genética de plantas a pótegenos**. Pelotas: Ufpel, 2018. 437 p. Disponível em:  
<[http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/bitstream/prefix/4207/1/RESIST%C3%8ANCIA%20GEN%C3%89TICA%20DE%20PLANTAS%20A%20PAT%C3%93GENOS\\_EBOOK.pdf](http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/bitstream/prefix/4207/1/RESIST%C3%8ANCIA%20GEN%C3%89TICA%20DE%20PLANTAS%20A%20PAT%C3%93GENOS_EBOOK.pdf)>.  
Acesso em: 25 ago. 2019.

FAO. **El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo, Fomentando la resiliencia climática en aras de la seguridad alimentaria y la nutrición**. Roma: Fao, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/I9553ES/i9553es.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

FEHR, Walter R. **Principles of cultivar development: Crop Species**. 2. ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. 760 p.

FEHR, Walter R. **Principles of cultivar development: Theory and Technique**. Ames, Iowa: Macmillan Publishing Company, 1993. 536 p.

GAZZONI, Décio Luiz. **A sustentabilidade da soja no contexto do agronegócio brasileiro e mundial**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 50 p. (Documentos, 344). Disponível em:  
<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/973921/1/Doc344online.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2019.

GAZZONI, Décio Luiz. **Soja e Abelhas**. Brasília, Embrapa, 2017. 151 p.

GODOY, Claudia Vieira; BUENO, Adeney de Freitas; GAZZIERO, Dionisio Luiz Pisa. Brazilian soybean pest management and threats to its sustainability. **Outlooks On Pest Management**, Essex, v. 26, n. 3, p.113-117, jun. 2015. Disponível em:  
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126257/1/Godoy-et-al.-2015.pdf>>.  
Acesso em: 25 ago. 2019.

GODOY, Cláudia Vieira *et al.* **Boas práticas para o enfrentamento da ferrugem-asiática da soja**. Londrina: Embrapa, 2017. 6 p. (Comunicado Técnico, 92). Disponível em:  
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/163428/1/ComTec92-OL.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2019.

GODOY, Cláudia Vieira *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/2018: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos**. Londrina: Embrapa, 2018 a. (Circular Técnica, 138). Disponível em:  
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/182754/1/CT138-ferrugem-OL-1.pdf>>.  
Acesso em: 25 ago. 2019.

GODOY, Cláudia Vieira *et al.* **Eficiência de fungicidas multissítios no controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/18: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos**. Londrina: Embrapa, 2018 b. 17 p. (Circular Técnica, 144). Disponível em:  
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184061/1/CT144-multissitos.pdf>>.  
Acesso em: 31 ago. 2019.

HOFFMANN-CAMPO, Clara Beatriz *et al.* **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 69 p. (Circular Técnica, 30). Disponível em:

<[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/circtec30\\_000g46xpyyv02wx5ok0iuqaqkbbpq943.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/circtec30_000g46xpyyv02wx5ok0iuqaqkbbpq943.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2019.

**IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Dados socioeconômicos de Londrina, 2019.** Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/londrina/panorama>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

KASTER, Milton; FARIAS, José Renato Bouças. **Regionalização dos testes de Valor de Cultivo e Uso e da indicação de cultivares de soja - Terceira aproximação.** Londrina: Embrapa Soja, 2012. (Documentos, 330).

LORENCETTI, Cláudio *et al.* Retrocruzamento como uma estratégia de identificar genótipos e desenvolver populações segregantes promissoras em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p.1118-1125, jul. 2006. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/cr/v36n4/a12v36n4.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2019.

MUNDSTOCK, Cláudio M.; THOMAS, André Luís. **SOJA: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos.** Porto Alegre: Evangraf, 2005. 31 p.

PARANÁ. Portaria nº 202, de 19 de julho de 2017. Curitiba. Estabelece o período de vazio sanitário no estado do Paraná. Disponível em:

<[http://acacia.cnpso.embrapa.br:8080/cferrugem\\_files//879755064/PR%20-%20Portaria%20202\\_17\\_muda%20vazio-inclui%20lim%20semead%20e%20revoga%20todas%20as%20outras.pdf](http://acacia.cnpso.embrapa.br:8080/cferrugem_files//879755064/PR%20-%20Portaria%20202_17_muda%20vazio-inclui%20lim%20semead%20e%20revoga%20todas%20as%20outras.pdf)>. Acesso em: 31 ago. 2019.

PARANÁ. Portaria nº 264, de 2018. Curitiba, 17 set. 2018. Estabelece o período de vazio sanitário no estado do Paraná. Disponível em:

<[http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/GABINETE/PORTARIAS/2018/264\\_18.pdf](http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/GABINETE/PORTARIAS/2018/264_18.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2019.

PÍPOLO, Antônio Eduardo *et al.* **Desenvolvimento de germoplasma e cultivares de soja.** Londrina: Embrapa, 2007. 10 p. (Circular Técnica, 52).

**RDSB - Relatório de Diagnóstico de Saneamento Básico. Plano Municipal de Saneamento Básico.** Prefeitura Municipal de Londrina: 2008/2009. Disponível em:

<[http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/gabinete/PMSB/insercao\\_londrina\\_contexto\\_reg.pdf](http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/gabinete/PMSB/insercao_londrina_contexto_reg.pdf)>. Acesso em: 22 ago. 2019.

RUFINO, Carina Gomes Ferreira *et al.* **Portfólio Embrapa de Cultivares de Soja.** Brasília, Embrapa, 2015. Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Portf%C3%B3lio+Sistema+Intacta/60ec412e-b9c9-4d07-8fab-a5b3a102b58a?version=1.0>>. Acesso em: 26 ago. 2019.

SEIXAS, Claudinei Dinali Santos *et al.* **Monitoramento de *Phakopsora pachyrhizi* na safra 2017/2018 para tomada de decisão do controle da ferrugem-asiática da soja.** Londrina: Embrapa, 2018. (Circular Técnica, 141).

SIMMONDS, Norman Willison; SMARTT, J. **Principles of Crop Improvement.** 2. ed. Edinburgh: Blackwell Science Ltd, 1999. 412 p.



SOARES, Rafael Moreira; ARIAS, Carlos Alberto Arrabal. **Seleção de linhagens de soja da Embrapa para resistência a doenças: histórico de 2008 a 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 41p. (Documentos, 376). Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/148979/1/Doc-376.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2019.

SPECHT, James E.; WILLIAMS, James H. Contribution of Genetic Technology to Soybean Productivity — Retrospect and Prospect. In: Fehr, W.R. (Ed). **Genetic Contributions to Yield Gains of Five Major Crop Plants**. Madison: Cssa Special Publication 7, 1984. p. 49-74, 1984. doi:10.2135/cssaspecpub7.c3

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Production**. Office of Global Analysis: Usda, 2019. 36 p. Disponível em:

<<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

VIDA, João Batista *et al.* Manejo de Doenças de Plantas em Cultivo Protegido. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p.355-372, jul. 2004. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/fb/v29n4/a01v29n4.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2019.