

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE MELHORAMENTO GENÉTICO EM SOJA
PARA CULTIVO EM TERRAS BAIXAS: TRAÇO LONGO JUVENIL COMO CHAVE
DE DISCUSSÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Caetano Souza da Silva

**Itaqui
2021**

CAETANO SOUZA DA SILVA

**REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE MELHORAMENTO GENÉTICO EM SOJA
PARA CULTIVO EM TERRAS BAIXAS: TRAÇO LONGO JUVENIL COMO CHAVE
DE DISCUSSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Agronomia da Universidade Federal do
Pampa (UNIPAMPA), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr^a. Adriana Pires Soares Bresolin

Itaqui
2021

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S586r Silva, Caetano Souza da
REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE MELHORAMENTO GENÉTICO EM SOJA
PARA CULTIVO EM TERRAS BAIXAS: TRAÇO LONGO JUVENIL COMO CHAVE
DE DISCUSSÃO / Caetano Souza da Silva.
31 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2021.
"Orientação: Adriana Pires Soares Bresolin".

1. Glycine max. 2. recurso genético. 3. cultivo de soja. I.
Título.

Caetano Souza da Silva

**REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE MELHORAMENTO GENÉTICO EM SOJA
PARA CULTIVO EM TERRAS BAIXAS: TRAÇO LONGO JUVENIL COMO CHAVE
DE DISCUSSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia Agrônômica**.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 22 de setembro de 2021.
Banca examinadora:



Prof^a. Dr^a. Adriana Pires Soares Bresolin - Orientador
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Prof^a. Dr^a Luciana Zago Ethur
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Prof^a. Dr^a Renata Silva Canuto de Pinho
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Dedico este trabalho a minha família,
maiores incentivadores e fontes
inesgotáveis de apoio.

AGRADECIMENTO

Primeiramente, gostaria de agradecer a minha orientadora, a professora e doutora Adriana Pires Soares Bresolin, por ter aceitado me orientar, por estar sempre presente me mostrando a direção correta que o trabalho deveria seguir.

Gostaria também de agradecer a banca, que dispôs do seu tempo para avaliar este trabalho.

E por ultimo, mas não menos importante, à minha família, namorada e amigos agradeço pelo apoio e incentivo, sou uma pessoa realizada e feliz por nunca me deixarem sozinho nesta longa caminhada, por me darem força para continuar e nunca desistir.

RESUMO

REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE MELHORAMENTO GENÉTICO EM SOJA PARA CULTIVO EM TERRAS BAIXAS: FOTOPERÍODO COMO CHAVE DE DISCUSSÃO

Autor: Caetano Souza da Silva

Orientador: Prof. Dr^a. Adriana Pires Soares Bresolin

Local e data: Itaquí, 22 de setembro de 2021.

A soja é uma cultivar economicamente importante para o Brasil e seu cultivo tem crescido em diferentes regiões do país. O crescimento de produção do grão e os bons resultados são atribuídos em sua maioria ao melhoramento genético e práticas fitotécnicas, aliadas a abertura de novas áreas. Desse modo, essa pesquisa tem como objetivo analisar dados existentes na literatura sobre o melhoramento genético de soja para cultivo em terras baixas. Para isso, realizou-se uma revisão sistemática da literatura a partir de artigos científicos nas bases de dados os *Periódicos Capes* e *Web of Science*, tendo como foco as publicações dos últimos 10 anos. Os resultados obtidos a partir dessa pesquisa bibliográfica demonstram que o controle do florescimento é um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas as variações de época de semeadura e a baixas latitudes. A incorporação do alelo recessivo *j* foi a principal alteração genética que possibilitou o aumento do rendimento da soja em 30% -50% sob condições de baixa latitude. Pelo menos oito alelos *j* de perda de função natural foram usados para desenvolver cultivares de maturação tardia para crescimento em baixas latitudes em todo o mundo, tornando esta alteração genética um recurso genético chave para melhorar a adaptação e desempenho de rendimento da soja em regiões de baixa latitude. Concluímos que o melhoramento genético é fundamental para adaptação da soja cultivada em terras baixas. O desenvolvimento de cultivares mais precoces através de mudanças genéticas em genes que estão envolvidos no controle de maturidade, tempo de florescimento e rendimento, foram determinantes para inserção e sucesso da cultura em terras baixas.

Palavras-chave: *Glycine max*, recurso genético, cultivo de soja.

ABSTRACT

SYSTEMATIC REVIEW OF STUDIES ON GENETIC IMPROVEMENT IN SOYBEAN FOR LOWLAND CULTIVATION: PHOTOPERIOD AS A DISCUSSION

Author: Caetano Souza da Silva

Advisor: Prof. Dr^a. Adriana Pires Soares Bresolin

Date: Itaquí, setembro 22, 2021.

Soy is an economically important cultivar for Brazil and its cultivation has grown in different regions of the country. The growth in grain production and the good results are mostly attributed to genetic improvement and phytotechnical practices, together with the opening of new areas. Thus, this research aims to analyze existing data in the literature on the genetic improvement of soybean for lowland cultivation. For this, a systematic literature review was carried out based on scientific articles in the Capes Periodicals and Web of Science databases, focusing on publications from the last 10 years. The results obtained from this bibliographical research demonstrate that flowering control is one of the most important factors for the development of cultivars more adapted to the variations of sowing time and with greater adaptation to low latitudes. The incorporation of the recessive *j* allele was the main genetic alteration that allowed the increase of soybean yield by 30% -50% under low latitude conditions. At least eight natural loss-of-function *j* alleles have been used to develop late maturing cultivars for growth at low latitudes worldwide, making this genetic alteration a key genetic resource for improving soybean adaptation and yield performance in low-lying regions. latitude. We conclude by answering our research question: genetic improvement was and is fundamental for the adaptation of soybean grown in lowlands, the development of earlier cultivars through genetic changes in genes that are involved in the control of maturity, flowering time and yield, were determinants for the insertion and success of lowland culture.

Keywords: *Glycine max*, genetic resource, soybean cultivation.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Etapas e desenvolvimento da revisão sistemática sobre melhoramento genético de soja em terras baixas.....23
- Tabela 2.** Informações gerais dos artigos selecionados para a revisão sistemática. 25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	15
2. OBJETIVO GERAL.....	17
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
4.1 Soja.....	18
4.2 Soja para cultivo em terras baixas	19
4.3 Melhoramento genético da soja para terras baixas.....	20
5. MATERIAL E MÉTODOS	23
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
7. CONCLUSÃO.....	29
8. REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é a *commoditie* mais cultivada no Brasil, sendo que na safra 2020/21 a cultura teve um crescimento de 4,4% em comparação com a safra anterior, chegando a 38,5 milhões de hectares. Mesmo com uma safra difícil por conta de fatores como o clima, houve um aumento de produtividade de 4,4%, atingindo novamente um recorde de 135,9 milhões de toneladas, o que significa um incremento de 8,8%, equivalente a 452,2 mil toneladas comparado ao ano anterior. O Estado do Rio Grande do Sul possui produção do grão de 20,164 milhões de toneladas, a área plantada é de 6,055 milhões de hectares, sendo que nesse ano o Estado alcançou uma produtividade de 3.330 kg/ha (CONAB, 2021).

A soja é cultivada em todo o território nacional, em razão da abertura de novas fronteiras agrícolas, desenvolvimento de biotecnologias de produção para as condições nacionais e da busca constante pelo melhoramento genético das espécies que proporcionem alta produtividade e rusticidade (NOGUEIRA; SEDIYAMA e GOMES, 2015). Entre os fatores que contribuíram para o estabelecimento da espécie como uma importante cultura, destaca-se a semelhança do ecossistema do sul do Brasil com o predominante no sul dos EUA, que facilitou a adoção de variedades e manejos de produção. Dois aspectos são considerados desfavoráveis para a espécie: déficits hídricos e precipitações pluviométricas intensas (VERNETTI & JÚNIOR, 2013).

Com o histórico de crescimento de cultivo dos últimos anos, o Instituto Rio Grandense do Arroz registrou na safra 2020/21 a colheita de 370,594 hectares de soja, equivalente a 39,2% da área cultivada de arroz no Estado do Rio Grande do Sul. Os dados apresentados representam um crescimento de 205,8% entre as safras 2009/10 e 2020/21 (IRGA, 2021).

O melhoramento genético de soja tem contribuído para obtenção de alta produtividade de grãos, uma vez que o desenvolvimento de material genético apropriado para as diversas regiões permite o cultivo em altas e baixas latitudes. O desenvolvimento de pesquisas para identificação de cultivares mais adaptadas é de fundamental importância na otimização do sistema produtivo desta cultura principalmente em regiões de baixa latitude (ROCHA *et al.*, 2012).

Programas de melhoramento visam solucionar as limitações de cultivares diante de fatores bióticos e abióticos limitantes aos componentes de rendimento (PÍPOLO *et al.*, 2007). Para o estabelecimento da soja em terras baixas, ajustes devem ser feitos, especialmente quanto à drenagem e ao preparo do solo. Além disso, a utilização de arranjo de plantas apropriado, e assim o potencial de produtividade da cultura será elevado.

2. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo a elaboração de uma revisão bibliográfica sistemática acerca do assunto “Melhoramento genético em soja para cultivo em terras baixas”.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer uma revisão sistemática trazendo os artigos científicos que abordem o tema melhoramento genético de soja e seu cultivo em terras baixas;
- Trazer informações e discutir quais os fatores genéticos relacionados ao melhoramento da soja para cultivo em terras baixas;
- Evidenciar através dos dados disponíveis na literatura a importância do uso do melhoramento genético para essa cultura;
- Responder a pergunta de pesquisa “*Qual a importância do melhoramento genético para soja em terras baixas?*” através da bibliografia disponível.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Soja

A soja pertencente à classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamydae, ordem Rosales, subordem Leguminosinae, família Leguminosae, subfamília Papilionaceae, gênero *Glycine* L. e espécie *Glycine max* (L.) (GAZZONI, 1994). Tem sua origem na regiões central e oeste da China e logo se espalhou para outras regiões e países como o sul da China, Coréia, Japão e sudeste da Ásia. Inicialmente a região central da China foi considerada o centro genético primário da soja. Quando a população local se deslocou para região da Manchúria, por volta de 200 a. C., esta região se tornou um centro genético secundário. Após a domesticação da soja, o seu cultivo cresceu atingindo outros países (MIRANDA, 2005; GAZZONI, 1994).

No Brasil a soja foi introduzida no século XIX na Bahia, sendo que sua produção teve início no Sudeste e expandiu-se para todo o país. Em 1914 chegou ao Rio Grande do Sul, onde apresentou boa adaptação frente as condições agroclimáticas e de latitude mais semelhantes àquelas de sua origem. Já na década de 70, a cultura expandiu à Região Central do Cerrado uma vez que novas variedades foram desenvolvidas e adaptadas às baixas latitudes (CAMPELO *et al.*, 1998; SMALING *et al.*, 2008; CASTRO *et al.*, 2015).

A soja é uma planta anual, herbácea, ereta, autógama, cleistógama e possui caracteres morfológicos variados, que podem ser influenciados pelo ambiente, como a altura das cultivares comerciais brasileiras que variam entre 0,50 e 0,90 m (BEZERRA *et al.*, 2015; NOGUEIRA *et al.*, 2013). Com flores onde os órgãos masculinos e femininos encontram-se protegidos dentro da corola, sua taxa de polinização cruzada é menor que 1% (BORÉM *et al.*, 1999).

As plantas de soja são classificadas de acordo com a região em cinco grupos de maturidade, sendo eles: precoce, semi-precoce, médio, semi-tardio e tardio. O ciclo de desenvolvimento da soja varia entre 75 dias para as mais precoces a 200 dias para as tardias, de acordo com o genótipo e as condições climáticas. As cultivares comerciais mais utilizadas no território brasileiro apresentam o ciclo variando entre 100 a 145 dias. (BEZERRA *et al.*, 2015). A duração dos diferentes estágios da cultivar está proporcionalmente associada a variação da temperatura, a temperatura vai influenciar no ciclo da planta, seja ele precoce, semi-precoce, médio, semi-tardio ou tardio (SEDIYAMA; OLIVEIRA; SEDIYAMA 2016).

O fotoperíodo corresponde ao número de horas de luz por dia e tem influência direta com a floração no ciclo da soja, sendo o fator ambiental mais relevante na mudança do período vegetativo para o reprodutivo, é o fator que implica na determinação da proporção relativa entre os estádios vegetativos e reprodutivos (NOGUEIRA, 2011). Na cultura da soja existe diversidade de exigências fotoperiódicas entre as cultivares, o que é favorável no melhoramento genético, pois garante variabilidade de respostas para cada região de cultivo. Assim, a maturidade varia de precoce a tardia dependendo o fotoperíodo crítico exigido em locais de mesma latitude (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015).

As cultivares de soja podem ser diferenciadas a partir do crescimento da haste, dividindo em crescimento determinado, semi-determinado e indeterminado. As plantas de crescimento determinado possuem inflorescência racemosa terminal e axilar, seu crescimento pode ser encerrado no início do florescimento, ou continuar em aproximadamente 10% de sua altura e matéria seca final (SEDIYAMA; OLIVEIRA; SEDIYAMA, 2016). Já as plantas de crescimento indeterminado possuem apenas a inflorescência axilar, devido ao fato de a gema apical manter a sua atividade mesmo após o florescimento, mantendo assim o desenvolvimento dos nós e alongamento do caule. Resultando então em uma planta com maior altura e número de nós na haste principal (SEDIYAMA; OLIVEIRA; SEDIYAMA, 2016; NOGUEIRA *et al.*, 2013).

4.2 Soja para cultivo em terras baixas

As áreas de várzea no Rio Grande do Sul (RS) eram em quase sua totalidade utilizadas exclusivamente para o plantio de arroz irrigado e pastagens. Nos últimos anos houve uma expansão da safra de soja para essas áreas (BORTOLUZZI, *et al.* 2020). A intensificação do cultivo de soja em terras baixas no RS se deu em torno da safra 2009/10 e hoje representa 25% da área cultivada com arroz. Surgiu com a necessidade dos produtores de controlar o arroz vermelho, além do controle de daninhas. O cultivo em terras baixas foi motivado pela oportunidade econômica e de intensificação de áreas (MARCHESAN, 2016).

Anualmente diferentes cultivares de soja são disponibilizadas por empresas de melhoramento (IRGA, 2018; LU, *et al.*, 2017). O Brasil possui um dos bancos de germoplasma de soja mais completos do mundo e possui um programa de melhoramento que contribui para o desenvolvimento de cultivares de alta

produtividade e resistentes a doenças. O programa de melhoramento de soja da Embrapa é bastante dinâmico e esse programa apresenta um ganho genético anual de aproximadamente 2%, sendo relevante para todo o território nacional (PÍPOLO *et al.*, 2007).

A implantação de programas de melhoramento de soja no Brasil foi o que possibilitou o avanço da cultura para as regiões de baixas latitudes, cultivares mais adaptados foram desenvolvidas por meio da incorporação de genes que atrasam o florescimento mesmo em condições de fotoperíodo indutor, conferindo a característica de período juvenil longo (PEREIRA *et al.*, 2007; FREITAS, 2011). Sendo assim, a justificativa desse trabalho está baseada no evidente crescimento exponencial do cultivo de soja em terras baixas o que trouxe a necessidade do desenvolvimento de estudos de melhoramento genético com o intuito de desenvolver cultivares de soja adaptadas a essas condições.

4.3 Melhoramento genético da soja para terras baixas

O objetivo básico do melhoramento genético da soja é a obtenção de cultivares com característica que permitam rendimentos mais elevados para cada região agrícola onde se cultiva soja. O rendimento da planta é afetado pelos fatores ecológicos que influenciam no crescimento das plantas e pela capacidade genética da planta para produzir. Sendo que a capacidade de produzir pode ser expressa por certos caracteres morfológicos da planta como: altura, número de vagens por ramificação, número de grãos por ramificação, número de grãos por vagem, tamanho e peso do grão (VERNETTI, 1983).

Basicamente as cultivares melhoradas podem ser obtidas pelos métodos de introdução, seleção e hibridação. A maioria das cultivares de soja foi resultante de introdução direta de outros países. A seleção consiste em escolher de uma população heterogênea as plantas as que apresentem as melhores características e estudar sua capacidade produtiva e assim adotar como cultivar melhorada aquela que supere as demais em rendimento de grãos. A teoria de índice de seleção permite combinar as múltiplas informações contidas na unidade experimental, possibilitando a seleção com base em um complexo de variáveis que reúna vários atributos de interesse econômico (CRUZ e REGAZZI, 1997). Após a variação genotípica original, disponível a partir de introduções, utiliza-se a hibridação como

forma de estimular a recombinação entre genes de diferentes materiais genéticos e com isso aumentar a variabilidade genética e permitir recombinação gênica. As hibridações são feitas na forma de cruzamentos simples, duplos e/ou múltiplos para formar as populações onde serão feitas as seleções (ROCHA; VELLO *et al.*, 1999).

Para o desenvolvimento de cultivares da soja por hibridação, a maioria dos programas de melhoramento genético seguem as seguintes etapas (BORÉM; MIRANDA, 2009):

1. Escolha de genitores complementares e contrastantes, ou que possuam características específicas;
2. Hibridação entre os progenitores e obtenção da população segregante;
3. Escolha do método de condução da população segregante mais adequado, para obter resultados esperados;
4. Teste de desempenho agrônômico e
5. Seleção das melhores linhagens

No melhoramento por hibridação, o objetivo é aumentar a variabilidade genética, introduzindo característica de importância encontrada em acessos da mesma espécie ou de espécie diferente (BESPALHOK *et al.*, 2007). Na soja, a hibridização é feita manualmente, utilizando pinça para emascular o botão floral que receberá o pólen (flor feminina). Os genitores femininos devem ser emasculados antes da antese, cortando o filete e retirando as anteras para impedir a autopolinização. Após esta operação, o pólen do genitor masculino é levado ao estigma da flor feminina. Cada flor é polinizada e identificada com os respectivos genitores feminino e masculino (MUNIZ, 2007).

A maior parte da área mundial cultivada com a cultura da soja está localizada em latitudes maiores que 30°. A maioria das cultivares são altamente sensíveis as mudanças de latitudes e época de semeadura devido às suas respostas às variações no fotoperíodo. A adaptação de um cultivar de soja depende não somente das exigências térmicas e hídricas, mas principalmente a fotoperiódica (ALMEIDA *et al.*, 1999).

Além disso, a duração das fases e do ciclo de desenvolvimento da soja vai ser regulado pela temperatura e fotoperíodo, e varia com o genótipo e com o estágio de desenvolvimento da cultura. Durante a estação de cultivo da soja no Rio Grande do Sul, a intensidade de radiação solar, o fotoperíodo e a temperatura média do ar aumentam nos meses de setembro a dezembro, e diminuem nos meses de janeiro a

abril (ZANON, *et al.* 2015). Sendo assim, a sensibilidade ao fotoperíodo é uma característica variável entre cultivares, nas quais, a faixa de adaptabilidade pode ser restrita ou ampla ao longo das latitudes (HAMAWAKI *et al.*, 2005).

Nas regiões tropicais, onde o fotoperíodo é mais curto durante a estação de crescimento da soja, ocorre a redução no período vegetativo, ocasionando o florescimento precoce, conseqüentemente, causando reduções no porte das plantas e na produtividade (ALMEIDA *et al.*, 1999).

A solução para retardar o florescimento em dias curtos foi a introdução da característica de juvenildade longa, cultivares que apresentam essa característica não são induzidas a florescer na fase juvenil mesmo quando submetida a fotoperíodo bem curto. O controle do florescimento é o fator básico para o desenvolvimento de cultivares menos sensíveis as variações de época de semeadura e com adaptação em faixas de latitudes baixas (ALMEIDA *et al.*, 1999).

No Brasil os trabalhos de adaptação da soja para os trópicos tiveram início na década de 1970 no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e no Centro Nacional de Pesquisa de Soja, na década de 1970, com o desenvolvimento de populações entre cruzamentos de cultivares americanas com genótipos possuindo característica de período juvenil longo. Inicialmente, foram utilizados os genótipos Santa Maria (Karutoby), PI 159925 e PI 240664. Posteriormente, foram identificadas e selecionadas mutações naturais, expressando grau variado de juvenildade, como IAC73-2736, OCEPAR 9, Paranagoiana, Doko-pjl, Savanão, BR-1-pjl, entre outras que ocorreram em várias cultivares, que foram utilizadas como progenitores nos cruzamentos para a geração de cultivares de diferentes grupos de maturação, em ambientes de baixas latitudes (ALMEIDA; KIIHL, 1998). As primeiras cultivares desenvolvidas e indicadas para essas áreas foram Tropical, Timbira, BR-10 (Teresina) e BR-11 (Carajás) (ALMEIDA *et al.*, 1999).

5. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi a de uma revisão sistemática de literatura que consiste em uma investigação acerca de uma questão bem definida, visando identificar, selecionar, avaliar e sintetizar evidências relevantes disponíveis nas bases de dados.

Morandi e Camargo (2015) afirmam que embora não haja um único método a ser seguido, que há um núcleo comum, em vários métodos criados por diferentes autores, que pode ser tomado como base para a realização da revisão sistemática. Esse núcleo comum englobaria as etapas das fontes e da busca, da seleção dos estudos, da avaliação da qualidade dos estudos selecionados e a apresentação dos resultados obtidos.

Sendo assim adotou-se aqui os seguintes procedimentos e etapas: (I) formulação da questão de pesquisa; (II) estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão; (III) seleção e acesso à literatura; (IV) avaliação da qualidade da literatura incluída na revisão; e (V) análise, síntese e disseminação dos resultados (GALVÃO & PEREIRA, 2014). Na tabela 1 estão apresentadas as etapas da pesquisa. O processo de seleção das publicações sobre melhoramento genético de soja cultivada em terras baixas foi realizado de acordo com os critérios apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Etapas e desenvolvimento da revisão sistemática sobre melhoramento genético de soja em terras baixas.

Etapas	Desenvolvimento
(I) Formulação da questão de pesquisa	Qual a importância do melhoramento genético para soja em terras baixas?
(II) Estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão	Os critérios de inclusão e exclusão utilizados nas buscas da literatura existente obedeceram às seguintes delimitações para obter materiais: (a) busca no título, resumo e palavra-chave; (b) palavras – chave em português utilizando o operado booleano AND: “melhoramento genético AND soja” (refinando para terras baixas e latitudes baixas), “soja AND terras baixas”, “soja AND latitudes baixas”, utilizando o filtro para ciências agrárias. (c) palavras-chave em inglês fazendo uso do operado

	<p>booleano AND:</p> <p>"genetic improvement AND soybean" (refinando para lowlands e low latitudes), "soybean AND lowlands", "soybean AND low latitudes";</p> <p>(d) período de publicação: o foco foi em artigos publicado nos últimos 10 anos;</p> <p>(e) base de dados: Periódicos Capes e Web of Science;</p> <p>(f) revisões bibliográfica em qualquer formato foram excluídas;</p> <p>(g) foram considerados artigos de acesso aberto;</p>
(III) Seleção e acesso a literatura	Considerou-se todos os resultados de busca nas bases de dados que apresentassem os termos de busca no título, resumo ou palavras-chave, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos.
(IV) Avaliação da qualidade da literatura incluída na revisão	Inicialmente foi feita a análise de duplicidade dos artigos encontrados nas bases. Depois disso foi possível avaliar os artigos em relação a aderência ao tema e à intenção de pesquisa, por meio da leitura dos resumos dos artigos. Finalmente selecionamos os artigos que tratavam especificamente do tema de pesquisa dessa revisão e, que deveriam ser lidos de forma integral.
(V) Análise, síntese e disseminação dos resultados	Os artigos selecionados foram analisados rigorosamente e uma tabela foi criada para facilitar a visualização e posterior descrição.

Fonte: Adaptado de FILIPPI, GUARNIERI E CUNHA (2019).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As buscas em inglês geraram um número maior de artigos quando comparadas as buscas em português. Seguindo todos os critérios citados, foi selecionado 10 artigos, que estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2. Informações gerais dos artigos selecionados para a revisão sistemática.

	Ano	Autores	Título	Periódico
1	2012	Peluzio, <i>et al.</i>	Genetic divergence among soybean cultivars in irrigated lowland in the State of Tocantins.	<i>Ciência Rural</i>
2	2012	Rocha, <i>et al.</i>	Desempenho agrônômico de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI.	<i>Revista Ciencia Agronomica</i>
3	2012	Watanabe, <i>et al.</i>	Genetic and molecular bases of photoperiod responses of flowering in soybean.	<i>Breeding science</i>
4	2014	Jiang, <i>et al.</i>	Allelic Combinations of Soybean Maturity Loci E1, E2, E3 and E4 Result in Diversity of Maturity and Adaptation to Different Latitudes	<i>Plos One</i>
5	2014	Kong, <i>et al.</i>	A new dominant gene conditions early flowering and maturity in soybean.	<i>Crop Science</i>
6	2015	Zanon, <i>et al.</i>	Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas.	<i>Bragantia</i>
7	2017	Li, <i>et al.</i>	Quantitative Trait Locus Mapping of Soybean Maturity Gene E6.	<i>Crop Science</i>
8	2017	Lu, <i>et al.</i>	Natural variation at the soybean <i>J</i> locus improves adaptation to the tropics and enhances yield	<i>Nature Genetics</i>
9	2020	Miranda, <i>et al.</i>	The effects and interaction of soybean maturity gene alleles controlling flowering time, maturity, and adaptation in tropical environments.	<i>BMC Plant Biology</i>
10	2020	Fang, <i>et al.</i>	A recent retrotransposon insertion of <i>J</i> caused <i>E6</i> locus facilitating soybean adaptation into low latitude.	<i>Journal of Integrative Plant Biology</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os artigos selecionados trazem informações para responder a questão de pesquisa dessa revisão sistemática. Rocha *et al.* (2012) em seu trabalho de pesquisa avaliaram o desempenho agrônomo de variedades e linhagens de soja cultivadas sob baixa latitude, nas condições da cidade de Teresina-PI. Fatores como características fenológicas, produtivas e relacionadas ao desenvolvimento das plantas de soja foram avaliadas. A partir desse estudo foram identificadas as variedades que se destacam dentre as características avaliadas nas condições de baixas latitudes, são as variedades Conquista e Valiosa RR e, as linhagens BCR892 G132, BCR651 G75 e BCR6651 G68.

A tecnologia de edição de genoma baseada em CRISPR/Cas9 foi utilizada na China para editar genes em uma variedade de baixa latitude, Huachun 6, que é uma cultivar de soja de primavera. O CRwISPR/Cas9 de GmJAG1 foi eficaz na introdução de características benéficas relacionadas a locus *In* nas variedades em latitudes baixas. A tecnologia CRISPR / Cas9 é uma ferramenta poderosa para o melhoramento de leguminosas.

Em relação às hibridações das cultivares como 'DOKO' x 'CONQUISTA' e 'DOKO' x 'FT-2000' há dados promissores para obtenção de populações segregantes com alta variabilidade, sendo as características de número de dias para maturação, altura de plantas e peso de 100 sementes as que mais contribuíram na dissimilaridade genética quando cultivadas em terras baixas (PELUZIO *et al.*, 2012).

Onze cultivares de soja, foram caracterizadas por Zanon *et al.* (2015), em relação ao desenvolvimento de cultivares de soja com diferentes grupos de maturação e tipos de crescimento em terras altas e terras baixas no Rio Grande do Sul, são elas: NS 4823 RR, BMX ENERGIA RR, BMX TURBO RR, NA 5909 RG, IAS 5, IGRA RA 518 RR, BMX POTÊNCIA RR, FEPAGRO 36 RR, BRS 246 RR, BRAGG e CD 219 RR. Apesar das cultivares apresentarem o desenvolvimento similar quando cultivada em terras altas e terras baixas, as cultivares indeterminadas apresentaram um maior período de sobreposição das fases vegetativa e reprodutiva do que as cultivares determinadas, em todas as épocas e locais de cultivo.

O conhecimento dos genes envolvidos no controle do tempo de florescimento e maturidade, que estão relacionados à determinação do ciclo da soja, juntamente com o estudo de herança, contribui para o desenvolvimento de cultivares mais precoces. Estimar parâmetros genéticos e fenotípicos, como herdabilidade e ganhos com a seleção, possibilita a escolha de métodos, caracteres e o estudo de

mecanismos, valores genéticos e variabilidade. Os genes que estão envolvidos no controle de maturidade e tempo de florescimento da soja são: E1e1, E2e2, E3e3, E4e4, E5e5, E6e6, E7e7, E8e8, E9e9 e Jj (WATANABE *et al.*, 2012; JIANG *et al.*, 2014; KONG *et al.*, 2014).

O loco E6, clássico que condiciona o traço Longo Juvenil, foi mapeado molecularmente em Gm04 próximo ao marcador de polimorfismo de nucleotídeo único HRM101. Testes de mapeamento genético e sequenciamento sugerem que os locos E6 e J podem estar intimamente ligados. A avaliação da interação genética entre E6 e E1 sugere que E6 tem um efeito supressor sobre E1 e que a função de E6 é dependente de E1. Os marcadores para E6 são muito úteis para o melhoramento molecular para ampla adaptação e produtividade estável da soja em ambientes de baixa latitude. A identificação molecular e a caracterização funcional do gene E6 facilitam muito a compreensão dos mecanismos genéticos e moleculares subjacentes ao traço Longo Juvenil (LI *et al.*, 2017)

Linhagens de soja testadas e caracterizadas em dias até o florescimento (DF), dias até a maturidade (DM) e altura da planta apresentaram diferenças significativas no genótipo para DF e DM e permitindo a comparação de diferentes alelos variantes desses genes. A mutação nos alelos J e E1 tem impacto significativo no DF e DM, e os alelos desses genes interagem entre si em DF, mas não em DM. O gene Dt1 influencia significativamente a altura da planta, mas não influencia em DF ou DM. Esses fenótipos contribuem para a adaptação a um ambiente de baixa latitude. O conhecimento do controle genético dessas características pode ajudar a produzir variedades de soja perfeitamente adaptadas para ambientes tropicais (MIRANDA *et al.*, 2020).

Em se tratando da classificação genética, o alelo j recessivo de PI 159925 carrega vários polimorfismos de nucleotídeo único e uma deleção de base única. Dentro disso, J promove a floração associando-se diretamente com o promotor do supressor de floração E1 chave para inibir sua transcrição, permitindo assim que FT2a e FT5a sejam altamente expressos. A incorporação do alelo recessivo j aumentou o rendimento da soja em 30% -50% sob condições de baixa latitude. Sabe-se que pelo menos oito alelos j de perda de função natural foram usados para desenvolver cultivares de maturação tardia para crescimento em baixas latitudes em todo o mundo, tornando J um recurso genético chave para melhorar a adaptação e

desempenho de rendimento da soja em regiões de baixa latitude (FANG, 2020; LU *et al.*, 2017).

7. CONCLUSÃO

Conclui-se com este trabalho que o melhoramento genético possui grande importância na adaptabilidade da soja a terras baixas. O desenvolvimento de cultivares mais precoces através de mudanças genéticas em genes que estão envolvidos no controle de maturidade, tempo de florescimento e rendimento, foram determinantes para inserção e sucesso da cultura em terras baixas, respondendo assim, nossa pergunta de pesquisa.

8. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Leones Alves; KIIHL, Romeu Afonso de Souza; MIRANDA, Manoel Albino Coelho; CAMPELO, Gilson Jesus de Azevedo. 1999. Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes: **In Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro.** Disponível: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livrorg/sojamelhoramento.pdf>> Acesso em 25 de agosto de 2021;
- BESPALHOK, João Carlos; GUERRA, Edson Perez; OLIVEIRA, Ricardo. **Introdução ao Melhoramento de Plantas.** Disponível em www.bespa.agrarias.ufpr.br., p.1-9. 2007. Acesso em: 01 de setembro de 2021.
- BEZERRA, A.R.G.; *et al.* Botânica e Fenologia. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Ed.) Soja: do plantio à colheita. UFV, Viçosa, 2015, p. 09-26. BORÉM, A. (Ed.) **Soja: do plantio à colheita.** UFV, Viçosa, 2015, p. 09-26.
- BORTOLUZZI, Mateus Possebon *et al.* Risk of Occurrence of Water Deficit in Soybean Cultivated in Lowland Soils. **EARTH INTERACTIONS**, v. 24, 2020.
- BORÉM, Aluízio; MIRANDA, Glauco V. **Melhoramento de plantas.** 5ª edição, Viçosa: Ed. Viçosa, 529 p, 2009.
- BORÉM, Aluízio; ALMEIDA, Leones Alves; KIIHL, Romeu Afonso de Souza. **Hibridização em soja.** In: BORÉM, A. Hibridização artificial de plantas. Viçosa: UFV, 1999, p. 443-462.
- CAMPELO, Gilson Jesus de Azevedo; KIIHL, Romeu Afonso de Souza, ALMEIDA, Leones Alves. **Soja: Desenvolvimento para regiões de baixas latitudes.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 36, 1998.
- CASTRO, Lucas Siqueira ; MIRANDA, Matheus Henrique; LIMA, João Eustáquio Indicadores sociais de desenvolvimento e a produção de soja: uma análise multivariada nos 150 maiores municípios produtores brasileiros. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 11, n. 1, p. 69-87, 2015.
- CRUZ, Cosme Damião; REGAZZI, Adair José; CARNEIRO, Paulo Crescêncio Souza. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 3. ed. Viçosa: UFV, 480 p, 2004.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Safra 2020/21, v.8, n.9 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-121, maio 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> Acesso em: 30 Jun. 2021.
- FANG, Chao, *et al.* A recent retrotransposon insertion of *J* caused *E6* locus facilitating soybean adaptation into low latitude, **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 63, p. 995–1003, 2020.

FILIPPI, Amanda Cristina Gaban; GUARNIERI, Patricia; CUNHA, Cleyzer Adrian. *Condomínios Rurais: revisão sistemática da literatura internacional*, **Estudos Sociedade e Agricultura**, v 27, n. 3, 2019.

FREITAS, Márcio de Campos Martins. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira no surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 112, 2011. Disponível em:<<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/4287>> . Acesso em: 07 de agosto de 2021.

GALVÃO, Taís Freire; PEREIRA, Mauricio Gomes. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Scielo, n. 23 (1), 2014. DOI: 10.5123/S1679-49742014000100018.

GAZZONI, Décio Luiz. **Manejo de pragas da soja: uma abordagem historica**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Soja. - Londrina: EMBRAPA-CNPSo, Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/449293>>. Acesso em: 30 jul de 2021.

HAMAWAKI, Osvaldo Toshiyuki. *et al.* Desempenho de linhagens de soja de ciclo semiprecoce/médio e 47 semitardio/tardio nas regiões do Triângulo Mineiro e Sul de Goiás. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 3, p. 7-17, 2005.

IRGA - INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Soja 6000 : manejo para alta produtividade em terras baixas**. 2. ed., revisada, atual.. - Porto Alegre : Gráfica e Editora, RJR, 96 p., 2018.

IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz Irrigado. **SAFRA 2020/2021 chega ao fim com produtividade recorde no RS**. IRGA Notícias, 2021. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/safra-2020-2021-chega-ao-fim-com-produtividade-recorde-no-rs> Acesso em: 30 de jun. de 2021.

JIANG, Bingjun. *et al.* Allelic combinations of soybean maturity loci E1, E2, E3 and E4 result in diversity of maturity and adaptation to different latitudes. **PLoS one**, v. 9, n. 8, 2014.

KONG, Fanjiang. *et al.* A new dominant gene conditions early flowering and maturity in soybean. **Crop Science**, v. 54, n. 6, p. 2529-2535, 2014.

LU, Sijia. *et al.* Natural variation at the soybean *J* locus improves adaptation to the tropics and enhances yield. **Nature Genetics**, v. 49, n.5, 2017.

MIRANDA, Zilda de Fátima Sgobero. **Base genética de cultivares de soja no Brasil**. 2005. Tese (Doutorado em Agronomia), Programa de Pós-graduação em Agronomia - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

MUNIZ, Franco Romero Silva. **Análise da variabilidade genética em populações segregantes de soja**. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

MORANDI, Maria Isabel W. Motta; CAMARGO, Luis F. Riehs. **Revisão sistemática da literatura**. In: DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel P.; ANTUNES JR, José A. Valle. Design science research: método e pesquisa para avanço da ciência e da tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015

NOGUEIRA, Ana Paula Oliveira; SEDIYAMA, Tuneo; GOMES, J. D. **Avanços no melhoramento genético da cultura da soja nas últimas décadas**. Campinas: Millennium Editora, p. 159-178, 2015.

NOGUEIRA, Ana Paula Oliveira, *et al.* **Estádio de desenvolvimento**. In SEDIYAMA, Tuneo, (Ed) Tecnologias de produção de sementes de soja. Londrina Mecenas, p. 15-44, 2013.

NOGUEIRA, Ana Paula Oliveira. **Correlações, análise de trilha e diversidade fenotípica e molecular em soja**. Tese (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) Faculdade de Ciências agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

PEREIRA, Carlos Eduardo. *et al.* Desempenho de sementes de soja tratadas com fungicidas e peliculizadas durante o armazenamento. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 656-665, 2007.

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

ROCHA, Renato Santos. *et al.* Desempenho agrônômico de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 1, p. 154-162, 2012.

ROCHA, Maurisrael de Moura; VELLO, Natal Antônio. Interação genótipos e locais para rendimento de grãos de linhagens de soja com diferentes ciclos de maturação. **Bragantia**, v.58, p. 69-81, 1999.

SEDIYAMA, Tuneo; OLIVEIRA, R.C.T.; SEDIYAMA, H.A. A soja. In: SEDIYAMA, T. **(Ed.) Produtividade da Soja**. Mecenas: Londrina, 2016. p. 11-18.

SEDIYAMA, Tuneo; SILVA, Felipe; BORÉM, Aluizio. **Soja do plantio à colheita**, Editora UFV, Viçosa: UFV, ISBN: 9788572695190, 149-167p, 2015.

SMALING, E. M. A.; ROSCOE R. C.; LESSCHEN, J. P.; BOUWMANE, A. F.; COMUNELLO, E. From forest to waste: Assessment of the Brazilian soybean chain, using nitrogen as a marker. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 128, p. 185–197, 2008.

VERNETTI, Francisco de Jesus ; JÚNIOR, Francisco de Jesus Verneti. **Soja na Região Sudeste do Rio Grande do Sul: Várzeas e Coxilhas (do IAS à ETB)**. Embrapa clima temperado, Pelotas, 2013, 137p. (Documento, 372).

VERNETTI, Francisco de Jesus. **Soja: genética e melhoramento. Campinas.** Fundação Cargill, Embrapa Agrobiologia; Embrapa Meio Ambiente, São Paulo. v.2, 1983.

WATANABE, Satoshi; HARADA, Kyuya; ABE, Jun. Genetic and molecular bases of photoperiod responses of flowering in soybean. **Breeding science**, v. 61, n. 5, p. 531-543, 2012.

ZANON, Alencar Junior, *et al.* Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **SciELO, Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 4, p.400-411, 2015.