

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 04/07/2025.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP CÂMPUS
JABOTICABAL**

**NOVA ABORDAGEM PARA O ESTUDO DA RELAÇÃO
FONTE-DRENO NA PRODUÇÃO DE SOJA SOB DÉFICIT
HÍDRICO**

Valéria Escaio Bubans

Engenheira Agrônoma; Mestre em Agronomia (Produção vegetal)

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP CÂMPUS JABOTICABAL

**NOVA ABORDAGEM PARA O ESTUDO DA RELAÇÃO FONTE-
DRENO NA PRODUÇÃO DE SOJA SOB DÉFICIT HÍDRICO**

Discente: Valéria Escao Bubans

Orientador: Prof. Dr. Rogério Falleiros Carvalho

Coorientadores: Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Alves e

Prof. Dr. Ivan Ricardo Carvalho

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte
das exigências para a obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Produção Vegetal)**

B917n

Bubans, Valéria

Nova abordagem para o estudo da relação fonte-dreno na produção de soja sob déficit hídrico / Valéria Bubans.-- Jaboticabal, 2025
59 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Rogério Falleiros Carvalho

1. Glycine max. 2. Estresse abiótico. 3. Realocação de
fotoassimilados. 4. Enxertia. 5. Enchimento de grãos. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Diante da importância da soja para a economia agrícola e dos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela variabilidade hídrica, torna-se essencial compreender os mecanismos envolvidos na relação fonte-dreno e os impactos do déficit hídrico sobre esse processo. O entendimento dessas interações poderá fortalecer a ciência, ampliando o conhecimento sobre a fisiologia do estresse e a dinâmica fonte-dreno em soja, além de orientar novas hipóteses e investigações em condições controladas.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

Given the importance of soybean for agricultural economics and the challenges imposed by climate change and water variability, it is essential to understand the mechanisms involved in the source–sink relationship and the impacts of water deficit on this process. Understanding these interactions may strengthen science by expanding knowledge on stress physiology and source–sink dynamics in soybean, as well as guiding new hypotheses and investigations under controlled conditions.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: NOVA ABORDAGEM PARA O ESTUDO DA RELAÇÃO FONTE-DRENO NA PRODUÇÃO DE SOJA SOB DÉFICIT HÍDRICO

AUTORA: VALÉRIA ESCAIO BUBANS

ORIENTADOR: ROGÉRIO FALLEIROS CARVALHO

COORIENTADOR: PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES

COORIENTADOR: IVAN RICARDO CARVALHO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **ROGERIO FALLEIROS CARVALHO**
Data: 18/07/2025 17:48:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. ROGÉRIO FALLEIROS CARVALHO (Participação Virtual)
Departamento de Biologia / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 **LUCAS APARECIDO GAION**
Data: 11/07/2025 08:46:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. LUCAS APARECIDO GAION (Participação Virtual)
Universidade de Marília (UNIMAR) / Marília/SP

Documento assinado digitalmente
 **GILMAR DA SILVEIRA SOUSA JUNIOR**
Data: 11/07/2025 09:39:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. GILMAR DA SILVEIRA DE SOUSA JÚNIOR (Participação Virtual)
Ensino Superior de Bebedouro Victório Cardassi (Imesb) / Bebedouro/SP

Documento assinado digitalmente
 **ALLAN LOPES BACHA**
Data: 11/07/2025 11:37:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pós-doutorando ALLAN LOPES BACHA (Participação Virtual)
Departamento de Biologia / FCAV UNESP Jaboticabal

Pós-Doutorando FELIPE GIROTTTO CAMPOS
(Participação Virtual) IB UNESP / Rio Claro

Jaboticabal, 04 de julho de 2025

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

VALÉRIA ESCAIO BUBANS - Agrônoma, filha de Cirio Bubans e Lurdes Maria Escaio Bubans, agricultores, nasceu em Ijuí, interior do Estado do Rio Grande do Sul, no dia 4 de novembro de 1994. Coursou o Ensino Fundamental na Escola “Madre Stanislá”, o Ensino Médio e Técnico em Agropecuária no Instituto “Imeab”. Em 2015, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, foi bolsista de iniciação científica por seis meses do PIBIC/CNPq com o projeto intitulado “Crescimento e desenvolvimento de *Pinus elliotti* em sistema silvipastoril”, foi bolsista por um ano do PIBIC/UNIJUÍ com o projeto intitulado "Fatores de manejo para potencializar a produtividade da canola" e foi bolsista por seis meses do PROFAP com o projeto intitulado “Avaliação de bioestimulantes foliares aplicados nas culturas da soja e milho”. Fez estágio obrigatório na Cooperativa Central Gaúcha Ltda - CCGL de Cruz Alta/RS, na área de sementes. Foi voluntária por um ano do programa de melhoramento genético da UNIJUÍ linha grãos, trabalhando com as culturas: soja, aveia branca e linhaça sob orientação do prof. Dr. Ivan Ricardo Carvalho. Em agosto de 2019, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia com ênfase na área de Produção Vegetal junto a Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Câmpus de Santa Maria. Atuou no grupo de experimentação agrícola da UFSM, desenvolvendo trabalhos voltados a experimentação agrícola com culturas de cobertura de solo, com conclusão em julho de 2021 com a dissertação intitulada “Tamanho ótimo de parcela e número de repetições para avaliar a massa de matéria fresca em trigo forrageiro” orientada pelo Prof. Dr. Alberto Cargnelutti Filho. Em agosto de 2021, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia com ênfase na área de Produção vegetal junto a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV), Câmpus Jaboticabal. Atualmente integra o grupo de pesquisa de fisiologia vegetal pertencente ao departamento de Biologia da FCAV, sob a orientação do Prof. Dr. Rogério Falleiros Carvalho. Em maio de 2025, submete-se à banca examinadora para a obtenção do título de Doutora em Agronomia (Produção Vegetal).

Dedico...

A minha família pelo amor e incentivo, em especial aos meus pais que nunca mediram esforços para me ajudar e sempre apoiam as minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por tudo que aconteceu e vem acontecendo durante toda minha trajetória acadêmica.

Agradeço imensamente a minha família, pelo amor, incentivo, apoio e por sempre acreditarem no meu potencial. Principalmente aos meus pais Círio e Lurdes, por sempre acreditarem em mim e em meio as dificuldades nunca me deixarem desistir. E a minha irmã Vanessa que sempre me motivou mandando videos da tequila (minha dog de estimação).

Agradeço ao meu namorado Maurício de Vitto, por todo amor, paciência e companheirismo durante esse processo.

Ao Prof. Dr. Rogério Falleiros Carvalho pela orientação, pelos ensinamentos, paciência e contribuição no meu crescimento profissional e pessoal.

Aos meus Coorientadores Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Alves e Prof. Dr. Ivan Ricardo Carvalho, pela orientação, atenção, disponibilidade, paciência e pela contribuição no meu crescimento profissional e pessoal.

Agradeço a toda a equipe do Laboratório de Fisiologia vegetal, em especial a Mara, Mirela, Eduarda, Laura e Allan, que estavam sempre a disposição para ajudar nos experimentos e análises de laboratório. E a Soninha, nossa técnica do laboratório e uma segunda mãe por todos os momentos compartilhados durante esse período, que foram fundamentais, para meu crescimento profissional e pessoal.

Agradeço também a Rafaela, Geissiane, Milena, Laura, Isabela e Eurypedes pela amizade construída durante o doutorado, pela ajuda nas avaliações dos experimentos e por fazer dessa caminhada mais fácil. E a todos que de uma forma ou outra me deram força e coragem para concluir essa etapa da minha trajetória acadêmica.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - FCAV/UNESP, juntamente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Produção Vegetal pela oportunidade da realização do curso de Doutorado, por toda infraestrutura e recursos recebidos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro para realização desse projeto.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos que contribuíram de forma direta e indiretamente, o meu muito obrigado e os meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - Produção de soja sob déficit hídrico: aspectos dependentes da relação fonte-dreno	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Soja, déficit hídrico e a relação fonte-dreno.....	4
1.3 Efeito do déficit hídrico durante o estágio vegetativo	6
1.4 Efeito do déficit hídrico durante o estágio reprodutivo	10
1.5 Considerações.....	14
Referências.....	14
CAPÍTULO 2 - Enxertia, uma nova abordagem para o estudo da relação fonte-dreno na soja sob déficit hídrico	18
2.1 Introdução.....	18
2.2 Objetivos.....	20
2.2.1 Geral.....	20
2.2.2 Específicos.....	20
2.3 Material e métodos.....	20
2.3.1 Cultivares, enxertia, delineamento experimental.....	20
2.3.2 Déficit hídrico	22
2.3.3 Análises de crescimento.....	22
2.3.4 Conteúdo relativo de água na folha.....	22
2.3.5 Eficiência quântica do PSII (Fv/Fm)	23
2.3.6 Teores de clorofilas e carotenoides	23
2.3.7 Caracteres agrônômicos.....	23
2.3.8 Análises estatísticas.....	24
2.4 Resultados e discussão.....	24
2.4.1 Análises de crescimento.....	24
4.4.1.1 Altura de planta e área foliar.....	24
4.4.1.2 Massa seca do caule e dos trifólios.....	26
4.4.1.3 Raiz: massa seca e comprimento	27
4.4.1.4 Diâmetro do caule.....	29
2.4.2 Conteúdo relativo de água na folha.....	30
2.4.3 Eficiência quântica do PSII (Fv/Fm)	30
2.4.4 Teores de clorofilas e carotenoides	31

2.4.5 Caracteres agronômicos avaliados	32
2.4.5.1 Número de nós reprodutivos na haste principal e nas ramificações laterais em R5 e R8..	32
2.4.5.2 Número total de legumes localizados na haste principal e ramificações laterais em R5 e R8.....	34
2.4.5.3 Número de legumes com 1, 2 e 3 grãos localizados na haste principal da soja em R5 e R8	36
2.4.5.4 Número de legumes com 1, 2 e 3 grãos localizados nas ramificações laterais da soja em R5 e R8	37
2.4.5.5 Massa seca de legumes com 1, 2 e 3 grãos localizados na haste principal da soja em R5 e R8.....	39
2.4.5.6 Massa seca de legumes com 1, 2 e 3 grãos localizados nas ramificações laterais da soja em R5 e R8.....	41
2.4.5.7 Massa total de grãos, haste principal e ramificações laterais em R8	42
2.5 Conclusão	44
Referências.....	44

NOVA ABORDAGEM PARA O ESTUDO DA RELAÇÃO FONTE-DRENO NA PRODUÇÃO DE SOJA SOB DÉFICIT HÍDRICO

RESUMO GERAL

Esta tese de doutorado investigou o uso da enxertia como uma nova abordagem para o estudo da relação fonte-dreno na produção de grãos de soja sob condição de déficit hídrico. Considerando a relevância econômica da cultura e os desafios impostos pelas mudanças climáticas, torna-se essencial aprofundar o entendimento dos mecanismos envolvidos na relação fonte-dreno e os impactos do déficit hídrico sobre esse processo. O Capítulo I, uma revisão de literatura, discutiu a importância da relação fonte-dreno na soja sob déficit hídrico, com ênfase nos estádios vegetativo e reprodutivo. Verificou-se que, durante o estágio vegetativo, o déficit hídrico restringe o crescimento e o acúmulo de biomassa, enquanto no estágio reprodutivo compromete a formação e o enchimento de grãos, resultando em menor produtividade. O Capítulo II abordou experimentalmente o uso da enxertia para o estudo da relação fonte-dreno da soja sob diferentes condições hídricas durante o enchimento de grãos (R5). Os resultados demonstraram que a remobilização de fotoassimilados variou conforme a combinação enxertada e a disponibilidade de água. Plantas com enxerto não tolerante (NT/NT e NT/T) priorizaram a alocação para legumes de maior complexidade (três e dois grãos), enquanto aquelas com enxerto tolerante (T/NT e T/T) favoreceram a manutenção de legumes com menor número de sementes (dois e um grão). Esses achados indicam que a soja ajusta a dinâmica fonte-dreno de acordo com a disponibilidade hídrica e a competitividade dos drenos reprodutivos, priorizando estruturas de menor custo energético em condições de estresse, e revelam o potencial da enxertia como ferramenta científica para avançar no entendimento da fisiologia da soja sob déficit hídrico.

Palavras-chave: *Glycine max*, Estresse abiótico, Realocação de fotoassimilados, Enxertia, Enchimento de grãos

CAPÍTULO 1 - Produção de soja sob déficit hídrico: aspectos dependentes da relação fonte-dreno

Resumo: O déficit hídrico é um dos principais desafios para produção de soja (*Glycine max* L.), impactando diretamente em processos fisiológicos essenciais, como a fotossíntese, o transporte de fotoassimilados e a partição desses entre os órgãos da planta. A relação fonte-dreno controla a alocação dos fotoassimilados entre órgãos produtores (fonte) e consumidores (drenos), sendo crucial para o crescimento e desenvolvimento da cultura. No entanto, o estresse hídrico pode comprometer essa dinâmica, reduzindo a capacidade fotossintética das folhas, a pressão de turgor no floema, alterando a distribuição dos fotoassimilados. Durante o estágio vegetativo, a limitação de água pode restringir o crescimento e acúmulo de biomassa nas plantas. No estágio reprodutivo, afeta negativamente a formação e o enchimento de grãos, resultando em menor produtividade. O impacto do déficit hídrico é agravado em estádios críticos, como R3 e R5, podendo induzir senescência precoce e aumentar a taxa de abortamento de legumes e grãos. Dado o exposto, o déficit hídrico induz na soja alterações em seus aspectos fisiológicos e morfológicos, influenciando no crescimento e desenvolvimento das plantas e resultando em menor produção de grãos. Assim, a melhor compreensão dos processos fisiológicos que envolvem a assimilação e alocação de fotoassimilados entre a fonte e seus respectivos drenos sob déficit hídrico é essencial para otimizar a produção de grãos. Portanto, esta revisão de literatura tem como objetivo discutir a importância da relação fonte-dreno na produção da soja em condições de déficit hídrico, com ênfase nos estádios vegetativo e reprodutivo dessa cultura.

Palavras-chaves: *Glycine max*; estresse abiótico; partição de fotoassimilados; produção de grãos.

1.1 Introdução

A soja (*Glycine max* L.) é uma das principais culturas agrícolas do mundo, desempenha um papel essencial na economia global e na segurança alimentar. Amplamente utilizada na produção de óleo vegetal e como fonte de proteína para alimentação humana e animal, a cultura destaca-se pela sua relevância econômica (Li *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2022). O Brasil é um dos maiores produtores mundiais da oleaginosa, contribuindo significativamente para o mercado internacional e para a balança comercial do país (CONAB, 2024). No entanto, a produção da soja está diretamente relacionada às condições ambientais, sendo a disponibilidade hídrica um fator crítico para o seu crescimento e desenvolvimento. Previsões indicam que a frequência e a severidade de fenômenos como o déficit hídrico, tendem a aumentar devido às mudanças climáticas associadas ao aquecimento global (Li *et al.*, 2020; Vital *et al.*, 2022). Segundo o levantamento realizado pela Conab, na safra 23-24 em comparação a safra 22-23,

há uma redução significativa na produção de grãos da cultura, em decorrência, principalmente do déficit hídrico (CONAB, 2024).

O déficit hídrico caracterizado pela redução do suprimento de água no solo abaixo dos níveis ótimos para a cultura, é um dos principais estresses abióticos que afetam a soja. Esse estresse pode ocorrer em diferentes estádios fenológicos da cultura, comprometendo processos fisiológicos fundamentais como a fotossíntese, o transporte de fotoassimilados e a partição desses recursos entre órgãos vegetativos e reprodutivos (Silva *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2019). E a severidade do impacto sobre a planta, depende da duração e intensidade do déficit hídrico, bem como, do estágio fenológico afetado, podendo diminuir significativamente a produção de grãos da cultura (Wei *et al.*, 2018; Cui *et al.*, 2021; Elsalahy & Reckling 2022).

Embora a produção de grãos seja fortemente dependente das práticas agronômicas, como a escolha da cultivar, fertilizantes, controle de pragas e doenças, disponibilidade hídrica, entre outras, ela também depende da capacidade das plantas em captar luz, assimilar dióxido de carbono (CO₂) e alocá-lo em órgãos de interesse econômico (os grãos) (Smith *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2019). Dessa forma, a assimilação de CO₂ da atmosfera pelas plantas, ocorre através do processo chamado fotossíntese, no qual as folhas maduras, atuam como órgãos fonte, convertendo o CO₂ em glicose e outros açúcares e transportando-os para os órgãos drenos (raízes, caule, flor, legumes e grãos) onde podem ser armazenados e/ou utilizados (Yu *et al.*, 2015; Smith *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2019).

A relação fonte-dreno na soja é um mecanismo fisiológico fundamental que regula a distribuição de fotoassimilados entre os órgãos produtores e consumidores, a qual irá depender da proximidade entre as fontes e seus respectivos drenos (Yu *et al.*, 2015; Rodrigues *et al.*, 2019). Em condições de déficit hídrico, essa relação pode ser significativamente afetada, pois a limitação na absorção de água induz a percepção do estresse pelas raízes da planta, que desencadeiam vias de sinalização entre a raiz e a parte aérea (Tramontini *et al.*, 2013; Martorell *et al.*, 2015), diminuindo a capacidade fotossintética das folhas (Wei *et al.*, 2018; Pinnamaneni *et al.*, 2021) e consequentemente, o fornecimento de fotoassimilados para os drenos (Kapoor *et al.*, 2020) resultando na diminuição da produção de biomassa e no rendimento de grãos da soja (Wijewardana *et al.*, 2018; Elsalahy & Reckling 2022). Além disso, o estresse hídrico pode induzir a priorização da alocação de fotoassimilados para os órgãos que garantam a sobrevivência da planta (Tramontini *et al.*, 2013; Martorell *et al.*, 2015).

Dessa maneira, a ocorrência de déficit hídrico durante o estágio vegetativo da soja (Figura 1) pode diminuir a altura das plantas, o comprimento dos entrenós, o diâmetro do caule e a expansão da área foliar, resultando em uma menor massa da matéria seca total (raiz e parte aérea). Por outro lado, quando o estresse ocorre no estágio reprodutivo (Figura 1) há o comprometimento dos componentes de rendimento, ou seja, diminuição do número de legumes por planta, do número de grãos por legume e da massa de 100 grãos, que afetam negativamente a produtividade do mesmo. Além disso, pode também, acelerar a senescência e abscisão das folhas (Jumrani & Bhatia 2018; Silva *et al.*, 2018; Wijewardana *et al.*, 2018; Giordani *et al.*, 2019; Báez *et al.*, 2020; Elsalahy & Reckling 2022; Gebre *et al.*, 2022).

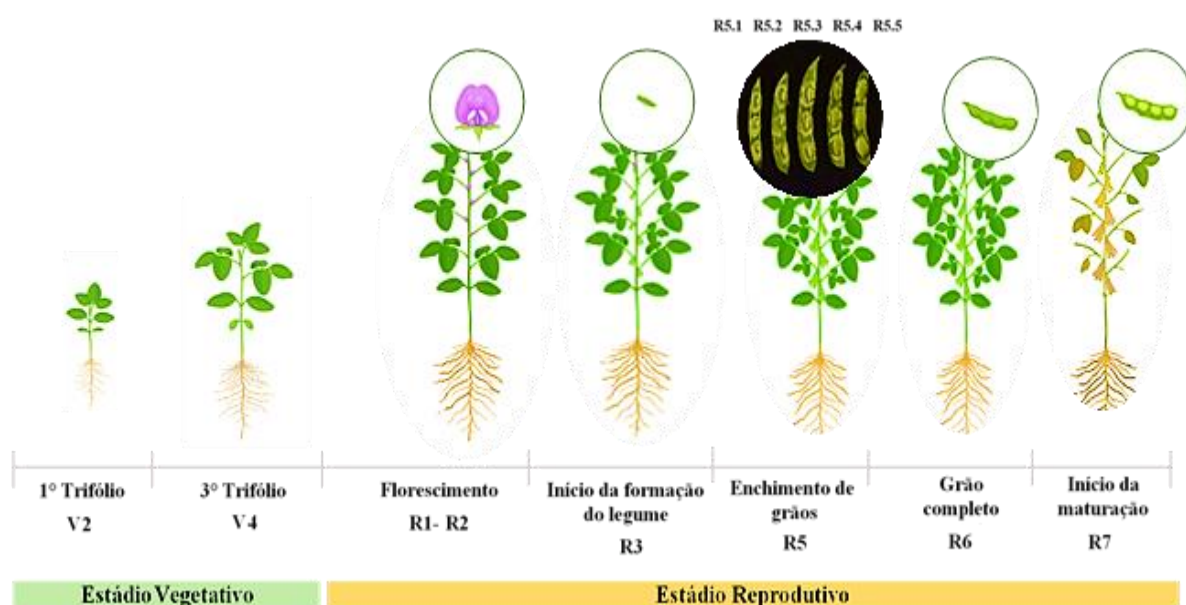


Figura 1: Resumo gráfico dos principais estádios de desenvolvimento da soja (vegetativo e reprodutivo), adaptado da escala fenológica proposta por Fehr & Caviness (1977). Em evidência estão as estruturas da planta que poderão ser afetadas pela ocorrência do déficit hídrico no respectivo estágio de desenvolvimento da cultura. Na fase vegetativa: V2-V4: altura, área foliar e biomassa da planta. Na fase reprodutiva em R1-R2: o número de flores por planta; R3: o número de legumes por planta e em R5: o número e peso de grãos por planta.

Dado o exposto, o déficit hídrico induz na soja alterações em seus aspectos fisiológicos e morfológicos, influenciando no crescimento e desenvolvimento das plantas e resultando em menor produção de grãos. De fato, a soja, responde ao déficit de diversas formas, que vão desde a diminuição da produção fotossintética até a remobilização dos fotoassimilados armazenados

nas folhas, caule e raízes para os órgãos reprodutivos. A melhor compreensão dos processos fisiológicos que envolvem a assimilação e alocação de fotoassimilados entre a fonte e seus respectivos drenos sob déficit hídrico é essencial para otimizar a produção de grãos. Portanto, esta revisão de literatura tem como objetivo discutir a importância da relação fonte-dreno na produção da soja em condições de déficit hídrico, com ênfase nos estádios vegetativo e reprodutivo dessa cultura.

2.5 Conclusão

Os resultados deste estudo demonstram que a técnica da enxertia se mostrou uma abordagem promissora para investigar a relação fonte-dreno na soja sob déficit hídrico, possibilitando a observação dos efeitos do enxerto e porta-enxerto NT e T na alocação e redistribuição de fotoassimilados. As análises realizadas no enchimento de grãos (R5) e na colheita (R8) evidenciaram que o déficit hídrico impactou significativamente a remobilização de fotoassimilados, resultando em menor número de nós reprodutivos, menor número de legumes e massa de grãos.

A relação fonte-dreno difere entre os tratamentos de enxertia, destacando-se a maior realocação de fotoassimilados para legumes contendo dois e um grãos, assim como maior massa desses grãos, nas combinações com enxerto tolerante ao déficit hídrico, como observado nas combinações T/NT e T/T. Por outro lado, as combinações de enxertia NT/NT e NT/T apresentaram maior peso total de grãos, sugerindo uma maior realocação dos fotoassimilados, priorizando a alocação para um maior número de legumes contendo três e dois grãos, bem como para a massa desses grãos.

Os resultados deste estudo corroboram com pesquisas anteriores que demonstram que a remobilização dos fotoassimilados é um fator chave para a produtividade da soja sob déficit hídrico. A técnica de enxertia permitiu elucidar padrões das combinações de enxertia na priorização de fotoassimilados entre a haste principal e as ramificações laterais, evidenciando que, sob déficit hídrico, a planta tende a favorecer a alocação para estruturas reprodutivas de menor custo energético e maior proximidade com a fonte.

Referências

- ALI, E. et al. A transmissão do sinal de silenciamento de RNA através do enxerto confere resistência ao vírus de porta-enxertos de tabaco silenciados transgenicamente a tomates não transgênicos e descendentes de tabaco. *Jornal de Bioquímica e Biotecnologia Vegetal*, Nova Delhi, v. 25, n. 3, p. 245-52, 2016.
- BÁEZ, M. et al. Balanço hídrico e produtividade da soja cultivada sob diferentes níveis de déficit hídrico no sul do Brasil. *Investigación Agraria*, v. 22, p. 03-12. 2020.
- CAMPOS, A. et al. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15, 2021.

- DESCLAUX, D. et al. Identificação de características da planta de soja que indicam o momento do estresse hídrico. *Crop Science*, v. 40, p. 716-722, 2000.
- DONG, H. et al. Um estudo sobre as respostas da soja ao estresse hídrico e à reidratação. *Saudita J. Biol. Ciência*, v. 26, p. 2006-2017, 2019.
- ELSALAHY, HH. & RECKLING, MA. Resiliência da soja à seca é apoiada pela recuperação parcial das características fotossintéticas. *Front. Plant Sci*, v. 13, p. 971893, 2022.
- GEBRE, MG. & EARL, HJ. Déficit hídrico do solo e efeitos da colocação de fertilizantes na distribuição de biomassa de raízes, extração de água do solo, uso de água, rendimento e componentes de rendimento da soja [*Glycine max* (L.) merr.] cultivada em colunas de enraizamento de 1 m. *Front. Plant Sci*, v. 12, p. 581127, 2021.
- GIORDANI, W. et al. Identificação de características agronômicas e morfológicas que contribuem para a tolerância ao estresse hídrico na soja. *Aust. J. Crop Sci.* v. 13, p. 35, 2019.
- HASAN, MM. et al. Movimentos estomáticos induzidos por ABA em plantas vasculares durante a desidratação e reidratação. *Environmental and Experimental Botany*, v. 186, p. 104436, 2021.
- HUNTER, MC. et al. Efeitos da cultura de cobertura no estresse da seca e na produtividade do milho. *Agricultura, Ecossistemas e Meio Ambiente*, v. 311, p. 107294. 2021.
- JUMRANI, K. & BHATIA, VS. Impacto do estresse combinado de alta temperatura e déficit hídrico no crescimento e na produtividade de sementes de soja. *Physiol Mol Biol Plants*, v. 24, p. 37-50, 2018.
- KAPOOR, D. et al. O Impacto da Seca no Metabolismo das Plantas: Como Explorar Mecanismos de Tolerância para Aumentar a Produção das Culturas. *Applied Sciences*, v. 10, p. 1-19, 2020.
- KEZAR, W. et al. Resposta da produtividade da soja e de certos parâmetros de crescimento à remoção simulada da estrutura reprodutiva. *Agronomy*, v. 13, p. 927, 2023.
- LI, S. et al. Contribuição de diferentes raízes genotípicas para a resistência à seca em soja por meio de experimento de enxertia. *Plant production science*, p.317-325, 2020.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, New York, v. 148, p. 350-382, 1987.

- LIU, F. et al. Sinal raiz controla o crescimento das vagens na soja estressada pela seca durante a fase crítica e sensível ao aborto do desenvolvimento das vagens. *Campo Pesquisa de Culturas*, v. 85, p. 159-166, 2004.
- NOTAGUCHI, M.; OKAMOTO, S. Dinâmica de sinalização de longa distância através de tecidos vasculares vegetais. *Fronteiras na ciência das plantas*, v. 6, 2015.
- PINNAMANENI, SR. et al. Efeitos da irrigação e da geometria de plantio na nutrição de sementes de soja (*Glycine max* L.) em climas úmidos. *Internacional J. Agron*, v. 9, 2021.
- RODRIGUES J. et al. Regulação fonte-dreno em culturas sob déficit hídrico. *Review*. v. 24, p. 7, 2019.
- SARWAT, M; & TUTEJA, N. Sinalização hormonal para controlar o movimento estomático durante o estresse hídrico. *Plant Gene*, v.1, p. 1-51, 2017.
- SHAFFIQUE S. et al. Modulação fito-hormonal do estresse hídrico na soja: perspectivas, progresso da pesquisa e interação. *Front. Plant Sci*. v. 14, p. 1237295, 2023.
- SILVA. et al. Relações fonte-dreno em duas cultivares de soja com crescimento indeterminado sob déficit hídrico *Bragantia*, v. 77, p. 23-35, 2018.
- SMITH, MR. et al. Relações fonte-dreno em plantas cultivadas e sua influência no desenvolvimento da produção e na qualidade nutricional. *Frente. Ciência das Plantas*, v. 9, 2018.
- TURNER, N. C. Técnicas e abordagens experimentais para a medição do estado hídrico das plantas. *Planta e Solo*, Haia, v. 58, n. 3, p. 339-366, 1981.
- VITAL, RG. et al. Respostas metabólicas, fisiológicas e anatômicas de plantas de soja sob condição de déficit hídrico e temperatura elevada. *Sci Rep*. v. 12, p. 16467, 2022.
- WANG, X. et al. Resposta fisiológica de plantas de soja ao déficit hídrico. *Frente. Ciência das Plantas*, v.12, 2022.
- WEI, Y. et al. Resposta quantitativa do desenvolvimento e rendimento da soja ao estresse da seca durante diferentes estágios de crescimento na planície de Huaibei, China. *Agronomy*, v. 8, p. 97, 2018.
- WIJEWARDANA, C. et al. Efeitos do déficit hídrico na morfologia da raiz da soja e no vigor no início da temporada. *Agronomy*. v. 9, p. 836, 2019.

WIJewardana, C. et al. Quantificação dos efeitos do déficit de umidade do solo no rendimento da soja e nos padrões de distribuição dos componentes do rendimento. *Irrig. Sci.* v. 36, p. 241-255, 2018.

YU, SM. et al. Comunicação fonte-dreno: regulada por sinalização cruzada de hormônios, nutrientes e estresse. *Tendências Plant Sci.* v. 20, p. 844-857, 2015.