REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

PRODUTIVIDADE DE ÓLEO DE SOJA PARA BIODIESEL EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA, NO CERRADO TOCANTINENSE

SOYBEAN OIL YIELD FOR BIODIESEL AT DIFFERENT SOWING DATES IN THE TOCANTINS CERRADO

PRODUCTIVIDAD DE ACEITE DE SOJA PARA BIODIÉSEL EN DIFERENTES ÉPOCAS DE SIEMBRA EN EL CERRADO TOCANTINENSE

Celso Hackenhaar
Doutor em Biotecnologia e Biodiversidade Amazônica, UFT, Brasil
Email: celso@uft.edu.br

Joênes Mucci Peluzio
Doutor em Genética e Melhoramento, UFT, Brasil
E-mail: joenesp@uft.edu.br

Neusa Hackenhaar
Mestra em Agroenergia, UFT, Brasil
E-mail: neusahack@gmail.com

Alessandra Maria de Lima Naoe
Doutora em Biotecnologia e Biodiversidade Amazônica, UFT, Brasil
Email: alima@uft.edu.br

Maria Dilma de Lima
Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia Amazônica, UFT, Brasil
E-mail: mariadilma@uft.edu.br

Douglas Martins da Costa
Doutor em Biotecnologia e Biodiversidade Amazônica, UFT, Brasil
Email: douglasbio@uft.edu.br

Giani Raquel dos Santos Resplandes Gouvêa
Mestra em Agroenergia, UFT, Brasil
Email: gianidoutorado@gmail.com

Domingos Bonfim Ribeiro dos Santos
Mestre em Agroenergia, UFT, Brasil
E-mail: migos@uft.edu.br

Resumo

O Estado do Tocantins é responsável por 70% de todo o biodiesel produzido na região Norte do Brasil, sendo a cultura da soja a matéria prima mais utilizada para este fim. A produção de biodiesel a partir da soja requer cultivares com elevado potencial de produtividade de óleo, fator influenciado por variabilidade genética, condições climáticas e época de semeadura. Assim, em virtude da escassez de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

informações sobre o desempenho de cultivares de soja, em diferentes épocas de semeadura, visando a produção de biodiesel, foram conduzidos três experimentos na safra 2023/24, na região Central do Estado do Tocantins, representados por três épocas de semeadura (17/11/2023, 18/12/2023 e 06/01/2024). O delineamento experimental utilizado, em cada época de semeadura, foi de blocos casualizados, com três repetições e 12 cultivares. Foram avaliados o teor de óleo (%), a produtividade de grãos (kg.ha^{-1}) e a produtividade de óleo (kg.ha^{-1}) A época de semeadura e as condições climáticas, sobretudo a distribuição das chuvas e temperaturas, influenciaram significativamente na produtividade de óleo. A cultivar NEO 820 IPRO (1012 kg.ha^{-1}) apresentou a maior produtividade de óleo na época tradicional de cultivo e a DM 82i78 IPRO (1041 kg.ha^{-1}) um melhor desempenho em semeadura mais tardia. O que retrata a importância da condução de ensaios envolvendo épocas de semeadura

Palavras-chave: biodiesel; época de semeadura; teor de óleo; Glycine max

Abstract

The state of Tocantins accounts for 70% of all biodiesel produced in the northern region of Brazil, with soybeans being the most widely used raw material for this purpose. The production of biodiesel from soybeans requires cultivars with high oil yield potential, a factor influenced by genetic variability, climatic conditions, and sowing season. Thus, due to the scarcity of information on the performance of soybean cultivars at different sowing seasons for biodiesel production, three experiments were conducted in the 2023/24 harvest in the central region of the state of Tocantins, represented by three sowing seasons (November 17, 2023, December 18, 2023, and January 6, 2024). The experimental design used in each sowing season was randomized blocks, with three replicates and 12 cultivars. Oil content (%), grain yield (kg.ha^{-1}), and oil yield (kg.ha^{-1}) were evaluated. The sowing season and climatic conditions, especially rainfall distribution and temperatures, significantly influenced oil yield. The cultivar NEO 820 IPRO (1012 kg.ha^{-1}) had the highest oil yield in the traditional growing season, and DM 82i78 IPRO (1041 kg.ha^{-1}) performed better in later sowing. What highlights the importance of conducting trials involving different sowing seasons.

Keywords: biodiesel; sowing season; oil content; Glycine max

Resumen

El estado de Tocantins es responsable del 70 % de todo el biodiésel producido en la región norte del país, siendo el cultivo de soja la materia prima más utilizada para este fin. La producción de biodiésel a partir de la soja requiere cultivares con un alto potencial de productividad de aceite, factor influenciado por la variabilidad genética, las condiciones climáticas y la época de siembra. Así, debido a la escasez de información sobre el rendimiento de los cultivares de soja en diferentes épocas de siembra, con vistas a la producción de biodiésel, se llevaron a cabo tres experimentos en la cosecha 2023/24, en la región central del estado de Tocantins, representadas por tres épocas de siembra (17/11/2023, 18/12/2023 y 06/01/2024). El diseño experimental utilizado en cada época de siembra fue de bloques aleatorios, con tres repeticiones y 12 cultivares. Se evaluaron el contenido de aceite (%), la productividad de granos (kg.ha^{-1}) y la productividad de aceite (kg.ha^{-1}). La época de siembra y las condiciones climáticas, sobre todo la distribución de las lluvias y las temperaturas, influyeron significativamente en la productividad del aceite. El cultivar NEO 820 IPRO (1012 kg.ha^{-1}) presentó la mayor productividad de aceite en la época tradicional de cultivo y el DM 82i78 IPRO (1041 kg.ha^{-1}) un mejor rendimiento en la siembra más tardía. Lo que refleja la importancia de realizar ensayos que tengan en cuenta las épocas de siembra.

Palabras clave: biodiésel; época de siembra; contenido de aceite; Glycine max

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

1. Introdução

Desde o início da década de 1990, a Amazônia legal brasileira, onde se inclui o Estado do Tocantins, vem sendo palco da expansão no plantio de soja. Na última década, a logística instalada pelo complexo agroindustrial sojicultor, promoveu o avanço de novas fronteiras agrícolas no interior da região (FLEXOR, 2006).

A nova fronteira agrícola conhecida como MATOPIBA, que inclui os Estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, corresponde a uma área de aproximadamente 73 milhões de hectares e abriga os biomas Cerrado, Amazônia e Caatinga (MIRANDA et al., 2014). Segundo dados da Conab (2024), esses Estados, responderam juntos, por aproximadamente 14% da produção nacional da soja na safra 2023/2024.

O Estado do Tocantins, segundo o 9º levantamento de grãos da Conab (2025), a área plantada em soja no Tocantins de 1.571 mil hectares, sendo destaque na região norte, com produção e médias de produtividade (3.728 $kg.ha^{-1}$), crescentes ano a ano. A grande disponibilidade de terras agricultáveis no Estado (50% do território) (APROSOJA, 2020), o clima propício para o cultivo e a logística de escoamento através de rodovias pavimentadas e da ferrovia Norte-Sul, são fatores estratégicos que contribuíram para a expansão da cultura. Por esses e outros aspectos, a soja lidera o ranking das exportações tocantinenses e a lista em opções de investimentos, sendo a cultura de maior importância econômica, em termos de participação do PIB (Produto Interno Bruto) do Estado (FARIA et al., 2018).

Ainda, segundo os mesmos autores, a expansão da cultura no Cerrado brasileiro, em especial no Tocantins, abre oportunidades para produção de energia renovável. Nesse contexto a soja destaca-se como uma das principais oleaginosas cultivada no Brasil, sendo a matéria prima mais utilizada na produção de biodiesel.

Os constituintes dos grãos de soja e a produtividade de grãos não são controlados apenas por fatores genéticos, mas também por fatores abióticos e bióticos, como a data de plantio, temperatura, condições de água, condições de solo e práticas agronômicas, (BORÉM et al, 2021).

A época de semeadura é um dos principais fatores que impactam o crescimento das plantas e a produtividade da soja, sendo determinada por um conjunto de fatores ambientais que interagem entre si e com a planta, ocasionando variações e influenciando suas características agronômicas. (SILVA F. et al, 2022).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

Segundo a Embrapa (2021), a escolha da época de semeadura é uma forma econômica e eficiente para mitigar efeitos adversos nas culturas cultivadas em regime de sequeiro, uma vez que a época de semeadura impacta diretamente o ciclo, a estatura, a eficiência fotossintética e, consequentemente, a produtividade de grãos e óleo (SILVA et al., 2018). Assim, semear fora da época e local recomendado, pode impactar o desenvolvimento das plantas, o ciclo e o rendimento de grãos e óleo, além de aumentar o risco de perdas na colheita. (EMBRAPA, 2021; DARONCH et al., 2018 e FARIA et al., 2018; ZANOTTO et al., 2016). Portanto, a escolha da cultivar e o momento ideal de semeadura são fundamentais para maximizar a produtividade de óleo visando a produção de biodiesel.

O presente estudo tem como objetivo gerar informações técnicas acerca do desempenho agronômico e da produtividade de óleo de cultivares de soja submetidas a diferentes épocas de semeadura, que é estratégica para subsidiar o planejamento agrícola, voltado à maximização do rendimento de óleo.

2. Metodologia

Foram realizados três ensaios de competição de cultivares no ano agrícola 2023/24 na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas (280 de altitude, 10º45'S e 48º14'W), sendo os ensaios instalados em 17/11/2023, 18/12/2023 e 06/01/2024. O solo é do tipo Latossolo vermelho amarelo distrófico, com as seguintes características químicas e físicas: pH: 5,25; K:55,5 mg.dm^{-3}; P: 11,615 mg.dm^{-3}; Ca: 1,39 mE/100 ml; Mg; 0,40 mE/100 ml; M.O.: 0,84%; CTC: 4,23% e SB: 54,81%.

Em cada ensaio foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições e 12 cultivares, quais sejam: DM 79i81 IPRO; DM 82i78 IPRO; DM 83iX84 RSF 12X; EXTREMA IPRO; FORTALEZA; M 8644 IPRO; NEO 790 IPRO; NEO 820 IPRO; OLIMPO IPRO; SOY AMPLA; SOY COMBATE; SOY MURALHA, provenientes de programas de melhoramento de empresas públicas ou privadas, convencionais ou transgênicos, e adaptados às condições de baixa latitude.

A parcela experimental foi constituída de quatro fileiras de 05 metros, espaçadas por 0,50m. Na colheita, foram desprezados 0,50m da extremidade de cada fileira central, sendo a área útil da parcela é de 4,0m^2.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

No local dos ensaios, foram realizadas as operações de calagem, aração, gradagem, sulcamento e adubação de acordo com a análise de solo. No momento da semeadura, foram realizados o tratamento das sementes com fungicida(s), seguido da inoculação das sementes com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*.

A densidade de semeadura foi realizada com o intuito de se obter 12 a 20 plantas por metro linear, dependendo da cultivar. Nas parcelas em que o número de plantas era superior ao recomendado pela empresa fornecedora da semente, foi realizado um desbaste aos 10 dias após a emergência. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foram realizadas à medida que se fizeram necessários.

As plantas, de cada parcela experimental, foram colhidas uma semana após terem apresentado 95% das vagens secas, ou seja, no estádio R_8. Após a colheita, as plantas foram trilhadas, depois secadas (a 13% de umidade) e limpas. Em seguida, foi obtido o teor de óleo (%) de cada cultivar pelo método de Soxhlet.

Foi obtido, ainda, a produtividade de Óleo (PO) de cada cultivar, oriunda do produto entre produtividade de grãos (gramas por parcela) x teor de óleo (%). Em seguida, a produtividade de óleo foi transformada em $kg.ha^{-1}$.

Para cada época de semeadura, foi realizado uma análise de variância para cada uma das características e, em seguida, análise de variância conjunta, em que o menor quadrado médio residual não diferiu em mais de sete vezes do maior (CRUZ & REGAZZI, 2012). Em seguida, as médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974) a 5% de probabilidade.

As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando o Programa Computacional GENES 2006 Versão 4.1.

O presente trabalho foi realizado em apenas um ano agrícola (2023/24). Com as frequentes mudanças climáticas, sugestiona-se um trabalho com abrangência de dois ou mais anos agrícolas para validar a recomendação desses cultivares com uma maior segurança.

3. Resultados e Discussão

A análise de variância (Tabela 1) evidenciou efeito significativo para os fatores época (teor e produtividade de grãos), cultivar (produtividade de grãos) e interação significativa para “cultivar × épocas” para todas as características avaliadas, indicando

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

resposta diferenciada das cultivares às condições ambientais em cada época sendo, assim, realizados os desdobramentos.

A interação significativa entre cultivar x época de semeadura revela que o desempenho das cultivares respondem de forma diferenciada às variações nas condições ambientais (Figura 1) associadas às distintas épocas de semeadura. (ZUFFO et al., 2021; RICCI et al., 2020).

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta de três características avaliadas em três épocas de semeadura e em 12 cultivares de soja na safra 2023/24 em Palmas -TO.

Fonte de Variação	GL	QM		
		Teor óleo %	Prod. Grãos kg.ha^{-1}	Prod. Óleo kg.ha^{-1}
Bloco/época	6	1,55	14252	3141,8
Época	2	36,64*	529168*	8028,1
Cultivar	11	3,4	1390145*	72941,8
Época*Cultivar	22	2,77*	2117133*	125161,2*
Erro	66	1,36	12196	1779,8
CV (%)		5,1	3,5	5,9
Média		22,64	3171	718,5

Os coeficientes de variação (CV) obtidos para o teor de óleo (5,1%), produtividade de grãos (3,5%) e para a produtividade de óleo (5,9%), são considerados baixos, de acordo com a classificação proposta por Scapim et al. (1995), que associa CVs inferiores a 10% a experimentos com alta precisão. Esses baixos valores dos CVs, demonstram uma boa precisão experimental e assegura a confiabilidade estatística dos resultados oriundos dos ensaios.

O clima da região onde foi conduzido o experimento é classificado, segundo Köppen-Geiger, como Aw, caracterizado como tropical úmido, com duas estações bem definidas: um verão quente e chuvoso e um inverno de temperaturas mais amenas e período seco. Essas características climáticas contribuem para a ocorrência de elevadas temperaturas ao longo do ano. (SEPLAN, 2012).

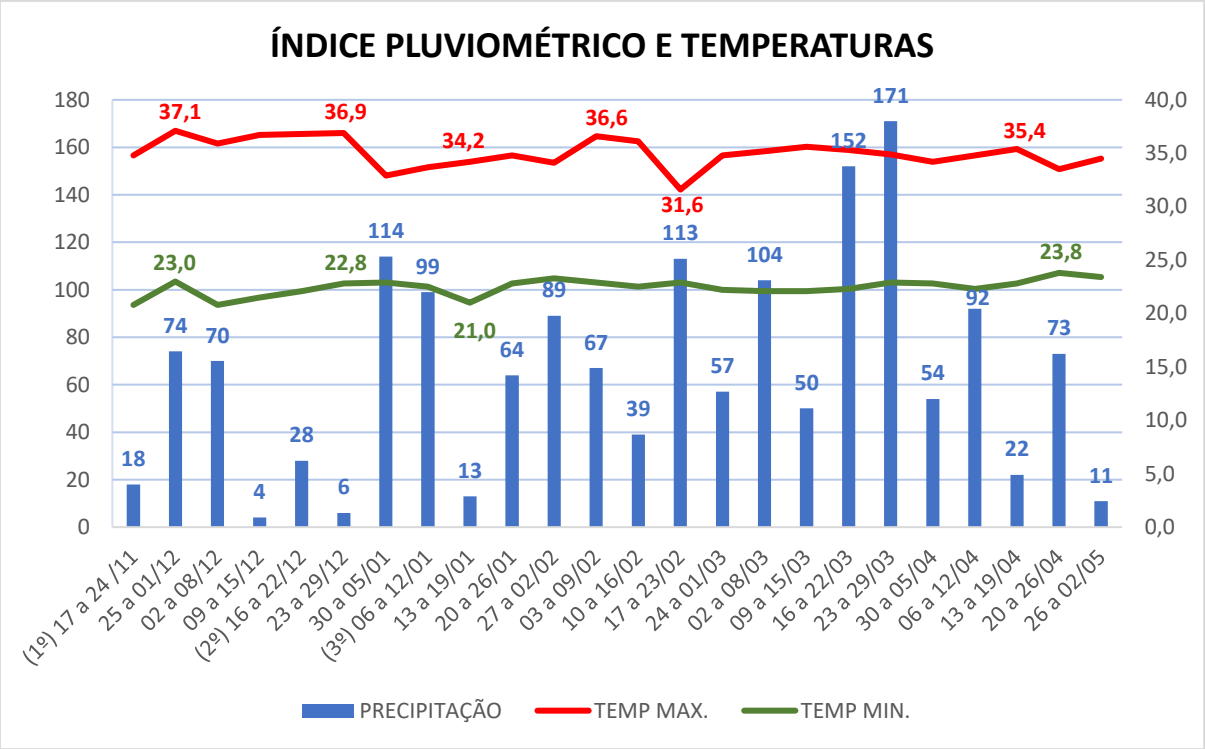
Nesse contexto de bioma Cerrado e das épocas de semeadura examinadas, os efeitos térmicos e hídricos (figura 1) sobre a produtividade e o teor de óleo em soja operam por mecanismos fisiológicos distintos, embora inter-relacionados. A variação térmica ao longo do ciclo da cultura modula a duração de fases fenológicas críticas, como o enchimento de grãos, e influencia a atividade metabólica ligada à biossíntese

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

de lipídios; temperaturas fora da faixa ótima podem acelerar o ciclo e reduzir o tempo de acumulação de fotoassimilados, com consequente impacto na formação de óleo e componentes de rendimento (STANIAK et al, 2023).

O índice de precipitações pluviométricas juntamente com as temperaturas máximas e mínimas do período está representado na figura 1.



Fonte: Temperatura (Inmet) Precipitação (coleta no local)

Figura 1. Índices de precipitação pluvial média semanal (mm) e temperaturas máximas e mínimas (°C) entre a semana 17 de novembro de 2023 e a primeira semana de maio de 2024 referente as três épocas de semeadura.

A distribuição regular de chuvas ao longo do ciclo fenológico, bem como a temperatura do ar, fotoperíodo e radiação solar, exerce influência direta sobre o desenvolvimento da planta, seu potencial produtivo (ZANON *et al*., 2022). e sobre a composição química dos grãos (EMBRAPA, 2021; DARONCH et al., 2018 e FARIA et al., 2018; ZANOTTO et al., 2016).

Segundo Zanon et al. (2018), a temperatura ótima para o período entre a semeadura e emergência é de 31,5°C. No período vegetativo (V1 a Vn) apresenta temperaturas toleráveis de 7,6ºC a 40ºC, sendo a temperatura ótima na faixa dos 31ºC. Já no período reprodutivo, a temperatura considerada ideal são temperaturas

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

mais amenas, como 17°C a 25ºC, portanto, quando a temperatura exceder os 40ºC pode levar ao abortamento de flores e legumes.

O teor médio de óleo (%), produtividade de grãos (PG) e a produtividade de óleo (PO) das cultivares de soja nas três épocas de semeadura são apresentados na tabela 2.

Para o teor de óleo (TO), quando comparadas as épocas de semeadura, pode-se observar, para a grande maioria das cultivares, uma maior percentagem de óleo nas semeaduras mais tardias (18/12 e 06/01). Ressalta-se que as cultivares DM 79i81 IPRO, DM 83IX84 RSF12x, OLIMPO IPRO, NEO 820 IPRO e SOY COMBATE não apresentaram diferenças estatísticas entre as três épocas de semeadura.

Os teores de óleo significativamente mais altos na 2ª e 3ª época, ocorreram em decorrência de temperaturas médias mais amenas e menos estresse hídrico na fase de enchimento de grãos. (Figura 1)

Para Singer, Zou & Weselake (2016) a ocorrência de variações nos teores de óleo dos grãos entre anos e locais, indicam que a biossíntese lipídica em plantas é influenciada em grande parte por vários fatores ambientais, como temperatura, água, disponibilidade de luz e nutrientes do solo.

Calçado et al. (2019) afirmam que o aumento no teor de óleo em semeaduras tardias pode estar relacionado a menores temperaturas noturnas durante o enchimento de grãos e/ou menor acúmulo de chuvas em fases reprodutivas, o que favorece a síntese e acúmulo de lipídios nas sementes.

Segundo Bruno et al (2015), as condições ambientais durante o enchimento dos grãos de soja produzem modificações na sua composição bioquímica, principalmente nas concentrações de óleo.

Quando comparadas as cultivares, dentro de cada época de semeadura, não foram detectadas diferenças entre as cultivares na semeadura mais tardia (06/01). As cultivares NEO 790 IPRO, NEO 820 IPRO e SOY COMBATE foram as que mais se destacaram nas três épocas de semeadura.

Faria et al. (2018) verificaram que o conteúdo de óleo nos grãos é afetado por fatores genéticos intrínsecos das cultivares, que podem ser alterados principalmente pelas condições ambientais durante o período de enchimento de grãos.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

Tabela 2. Médias do Teor óleo % (TO), produtividade de grãos (PG) (kg.ha^{-1}) e produtividade de óleo (PO) (kg.ha^{-1}) de doze cultivares de soja em três épocas diferentes de semeadura em Palmas – TO, na safra 2023/24.

	TEOR ÓLEO (TO)			PROD GRÃOS (PG)			PROD ÓLEO (PO)		
CULTIVARES	ÉPOCAS			ÉPOCAS			ÉPOCAS		
	17/nov	18/dez	06/jan	17/nov	18/dez	06/jan	17/nov	18/dez	06/jan
DM 79i81 IPRO	22.1aA	21.8aB	22.8aA	2973.3 bE	1658.6 cE	4372.0 aA	655bC	361cD	998aA
DM 82i78 IPRO	21.7bA	21.9bB	24.9aA	3533.3 bC	3281.3 cB	4178.6 aB	765bB	719bB	1041aA
DM83iX84 RSF12X	21.7aA	22.4aB	23.2aA	3022.6 bE	2930.6 bC	3964.0 aC	660bC	657bC	919aB
EXTREMA IPRO	21.1bB	22.7aB	23.9aA	2593.3 cF	3405.3 bB	3920.0 aC	547cD	775bB	936aB
FORTALEZA IPRO	20.5bB	23.3aA	24.3aA	3145.3 bE	3018.6 bC	3701.3 aD	644bC	698bC	901aB
M 8644 IPRO	20.0bB	22.0aB	22.7aA	3733.3 aB	3370.6 bB	1697.3 cG	747aB	741aB	384bE
NEO 790 IPRO	21.8bA	24.9aA	23.3bA	3370.6 bD	3788.0 aA	994.66 cH	736bB	941aA	232cF
NEO 820 IPRO	22.9aA	25.0aA	23.4aA	4413.3 aA	3078.6 bC	2934.6 bE	1012aA	769bB	687cC
OLIMPO IPRO	23.2aA	22.5aB	21.8aA	3148.0 bE	3462.6 aB	2266.6 cF	731aB	754aB	511bD
SOY AMPLA	20.4bB	21.9aB	23.1aA	3749.3 bB	3528.0 cB	4494.6 aA	766bB	774bB	1038aA
SOY COMBATE	22.5aA	23.4aA	23.4aA	3084.0 aE	2784.0 bD	2798.6 bE	693aB	653aC	655aC
SOY MURALHA	20.6bB	23.2aA	24.8aA	2958.6 aE	2722.6 bD	2106.6 cF	610aC	631aC	521bD

*Letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna para cada época pertencem ao mesmo grupo estatístico pelo teste de scott e knott a $p < 0,05$.

Para a produtividade de grãos (PG), a semeadura mais tardia (06/01) em relação às épocas tradicionais de cultivo na região (Nov/Dez), promoveu os maiores ganhos para a maioria das cultivares, que pode ter sido oriundo de uma melhor distribuição de chuvas e da ocorrência de temperaturas mais amenas na fase de enchimento de grãos (figura 1).

Nas épocas tradicionais de cultivo (Nov/dez), as cultivares mais produtivas foram: NEO 820 IPRO (4413,6 kg.ha^{-1}), M 8644 IPRO (3733,3 kg.ha^{-1}) e SOY AMPLA (3749,3 kg.ha^{-1}), na semeadura de novembro, e NEO 790 IPRO (3788 kg.ha^{-1}), SOY AMPLA (3528,0 kg.ha^{-1}), OLIMPO IPRO (3462,6 kg.ha^{-1}), EXTREMA IPRO (3405,3 kg.ha^{-1}), M 8644 IPRO (3370,6 kg.ha^{-1}) e DM79i81 IPRO (3281,3 kg.ha^{-1}), na semeadura de dezembro.

Os resultados obtidos no presente estudo divergem daqueles reportados por Bossolani et al. (2022), Mattos et al. (2020), os quais verificaram redução significativa na produtividade de grãos com o atraso da semeadura. Em seus trabalhos, contrariando o que ocorreu no presente estudo, as semeaduras tardias tiveram uma

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

menor disponibilidade hídrica e condições ambientais menos favoráveis durante a fase de enchimento de grãos, comprometeram o crescimento vegetativo, resultando em plantas com menor estatura, e promoveram uma redução do índice de área foliar, levando a uma queda na interceptação de radiação fotossinteticamente ativa. Essa limitação fisiológica implica em uma menor produção e translocação de fotoassimilados, refletindo negativamente na produtividade final.

Entretanto, no presente trabalho, a ausência desse comportamento pode estar associada à melhor distribuição pluviométrica observada durante o ano agrícola em que o experimento foi conduzido, o que pode ter atenuado os efeitos adversos normalmente relacionados à semeadura tardia

Segundo Proulx e Naeve (2009), a produtividade da cultura e o teor de óleo da soja está intimamente relacionado à eficiência da planta em captar e utilizar a radiação solar para a fotossíntese, esse processo é fundamental para a produção de fotoassimilados. Além disso, a capacidade da planta de interceptar luz solar, juntamente com fatores como a disponibilidade de água e nutrientes, a saúde da planta e as práticas de manejo, influenciam diretamente o rendimento de grãos e o teor de óleo que podem ser produzidos.

Para a produtividade de óleo foram detectadas diferenças significativas entre as cultivares, dentro de cada época de semeadura, e entre as épocas de semeadura, para todas as cultivares, com exceção de SOY COMBATE que não apresentou diferença entre as épocas.

Quando comparadas as épocas de semeadura, assim como o ocorrido com o teor de óleo (%) e, em parte, com a produtividade de grãos, a semeadura mais tardia resultou em uma maior produtividade de óleo para a grande maioria das cultivares. Nesta época, as cultivares DM79i81 IPRO (998 $kg.ha^{-1}$), DM 82I78 IPRO (1041 $kg.ha^{-1}$) e SOY AMPLA (1038 $kg.ha^{-1}$) foram as que mais se destacaram devido, principalmente, à maior produtividade de grãos (tabela 2), uma vez que nessa época não houve diferença entre as cultivares para o teor de óleo. Ressalta-se que a produtividade de óleo é oriunda do produto produtividade de grãos ($kg.ha^{-1}$) x teor de óleo (%).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

Na primeira (17/11) e na segunda época de semeadura (18/12), NEO 820 IPRO (1012 kg.ha^{-1}) e NEO 790 IPRO (941 kg.ha^{-1}) foram, respectivamente, as mais produtivas.

A distribuição irregular das chuvas e a ocorrência de temperaturas mais elevadas no florescimento e no enchimento de grãos, principalmente na primeira (17/11) e na segunda época de semeadura (18/12) (Figura 1), resultaram, de modo geral, em queda na produtividade de grãos, que refletiu em queda na produtividade de óleo.

Por outro lado, a terceira época de semeadura (06 de janeiro) foi caracterizada por elevados volumes de precipitação nas fases de enchimento de grãos (ex. semanas 14, 16 e 18, com até 171 mm) e temperaturas máximas levemente inferiores às demais épocas (Figura 1). Um clima mais favorável durante a fase reprodutiva para algumas cultivares mais adaptadas, com chuvas bem distribuídas e menor estresse térmico no florescimento, resultou em altas produtividades de óleo.

A disponibilidade hídrica condiciona diretamente a manutenção do dossel fotossintético e a capacidade de as plantas sustentarem a expansão foliar e a translocação de fotoassimilados aos grãos, de modo que déficit hídrico durante estádios reprodutivos compromete tanto a produtividade quanto a composição dos grãos.(AMANULLAH et al, 2025)

Naoe et al. (2017), destacam que tanto o estresse por deficiência hídrica quanto o excesso de temperatura durante o enchimento de grãos resultam em redução do conteúdo de óleo e da produtividade de sementes, com respostas fenotípicas que variam entre cultivares e dependem da época de semeadura e das condições ambientais específicas do ciclo (por exemplo, regimes de chuva e variação térmica).

Segundo Souza & Smiderle, (2024) quanto mais eficiente for uma planta em usar a luz solar, e os recursos hídricos, maior será a sua capacidade de gerar energia e, consequentemente, de aumentar o rendimento de grãos e o teor de óleo, resultando em um aumento na produtividade de óleo.

As variações observadas no teor de óleo e na produtividade de grãos ao longo das épocas refletem não apenas o efeito direto do clima, mas também a capacidade de resposta específica de cada cultivar. A análise integrada dos dados, reforça, segundo os autores Kaneko et al (2023), que o desempenho agronômico das

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

cultivares está diretamente condicionado à interação entre os fatores genéticos e ambientais.

A Embrapa (2021), aponta que a época de semeadura é uma ferramenta estratégica para mitigar efeitos climáticos adversos em culturas de sequeiro, uma vez que impacta diretamente o ciclo, a estatura, a eficiência fotossintética e, consequentemente, a produtividade de óleo.

Esses resultados reforçam a importância da escolha estratégica de cultivares, em função das épocas de semeadura, que podem representar um diferencial competitivo para a produção de biodiesel no cerrado. Ressalta-se, contudo, a necessidade de condução de trabalhos em outros anos agrícolas, em virtude das flutuações climáticas, visando validar a recomendação desses cultivares com uma maior segurança.

4. Conclusão

1. A época de semeadura impacta a qualidade dos grãos e a produtividade de óleo;
2. Na primeira (17/11) e na segunda época de semeadura (18/12), NEO 820 IPRO (1012 $kg.ha^{-1}$)e NEO 790 IPRO (941 $kg.ha^{-1}$) foram, respectivamente, as mais produtivas;
3. Em semeadura tardia (06/01), as cultivares DM79I81 IPO (998 $kg.ha^{-1}$), DM 82I78 IPRO (1041 $kg.ha^{-1}$) e SOY AMPLA (1038 $kg.ha^{-1}$) foram as que mais se destacaram;
4. O estudo da avaliação de cultivares e de épocas de semeadura, sempre que possível, devem ser realizados em anos agrícolas distintos visando aumentar a robustez nos resultados.

5. Agradecimentos

FAPT – Fundação de Apoio à Pesquisa do Tocantins,
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico,
Pela Bolsa de estudos e apoio no projeto “fixação de jovens doutores” do edital FAPT/CNPq Nº 01/2022.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

Referências Bibliográficas

AMANULLAH; KHAN, Junaid Ali; YASIR, Muhammad. Improving soybean yield and oil productivity: an integrated nutrient management approach for sustainable soybean production. BMC Plant Biology, v. 25, n. 1, p. 293, 2025.

BORÉM, Aluízio; MIRANDA, Glauco Vieira; FRITSCHE-NETO, Roberto. Melhoramento de plantas. Viçosa, MG: Oficina de Textos, 2021.

BOSSOLANI, J. W.; MENEGHETTE, H. H. A.; SANCHES, I. R.; SANTOS, F. L.; PARRA, L. F.; LAZARINI, E. Sowing date changes phenological development, plastochron index, and grain yield of soybeans under Cerrado conditions. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.26, p.488-494, 2022.

BRUNO, J. L.; SILVA, H. R.; MASSARO JUNIOR, F. L.; PRETE, C. E. C. Acúmulo de óleo em sementes de soja cultivadas in vitro e in vivo. Semina: Ciências Agrárias, v. 36, n. 5, p. 3085-3090, 2015.

CALÇADO, M. A. et al. Características agronômicas e composição química de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. Revista Nativa, Sinop, v. 7, n. 3, p. 215–220, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Portal institucional. Disponível em: https://www.conab.gov.br. Acesso em: 2 jun. 2025.

DARONCH, D. J. et al. Chemical composition of grains and environmental efficiency in soybeans grown under low latitude conditions. Científica, Jaboticabal, v. 46, n. 4, p. 359–366, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Soja: tipo de crescimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br. Acesso em: 2 jun. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Tecnologia de produção de soja – região central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2022. 267 p. (Sistemas de Produção, 25).

FARIA, L. A. et al. Oil and protein content in the grain of soybean cultivars at different sowing seasons. Brazilian Journal of Agricultural Sciences / Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 13, n. 2, p. 1–7, 2018. DOI: https://doi.org/10.5039/agraria.v13i2a5518

FLEXOR, G. G.; LEÃO, S. A. V.; LIMA, M. S. A expansão da cadeia da soja na Amazônia: os casos do Pará e Amazonas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006. Anais […]. [S.l.: s.n.], 2006.

KANEKO, H. G. H.; FONSECA JÚNIOR, N. da S.; CIRINO, V. M. Análise de métodos estatísticos para estimativas da interação genótipos por ambientes no rendimento de grãos em cultivares e linhagens de feijão. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 44, n. 5, p. 1805–1824, 2023. DOI: https://doi.org/10.5433/1679-0359.2023v44n5p1805.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

MATTOS, T. P.; et al. Effect of sowing season on soybean performance. Bioscience Journal, v. 36, n. 5, p. 1603-1616, 2020. https://doi.org/10.14393/BJ-v36n5a2020-42446

MIRANDA, E. E.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. Proposta de delimitação territorial do MATOPIBA. Campinas: Grupo de Inteligência Territorial e Estratégica (GITE/Embrapa), 2014.

NAOE, A. M. N. L.; PELUZIO, J. M.; SIQUEIRA, F. L. T.; OLIVEIRA JUNIOR, W. P. Efeito do déficit hídrico e época de semeadura sobre os teores e rendimentos de óleo e proteína em cultivares de soja no Tocantins. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, Argentina, v. 116, 2017.

PROULX, R. A.; NAEVE, S. L. Pod removal, shade, and defoliation effects on soybean yield, protein, and oil. Agronomy Journal, v. 101, n. 4, p. 971–978, 2009.

RICCI, T. T. et al. Desempenho de cultivares de soja em diferentes ambientes e épocas de semeadura. Bragantia, Campinas, v. 79, n. 2, p. 199–212, 2020.

SCAPIM, C. A. et al. Análise dialélica e parâmetros genéticos em milho-pipoca. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, v. 18, n. 3, p. 583–592, 1995.

SEPLAN – Secretária da Fazenda e Planejamento. Zoneamento. 2012. Disponível em: http://www.sefaz.to.gov.br/zoneamento/.

SILVA, F.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, T.; CÂMARA, G. Soja: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Oficina de Textos, 2022.

SILVA, D. R. O. et al. Impact of the competition duration on light and soil resources between soybean and volunteer corn. Scientia Agraria, Curitiba, v. 19, p. 78–85, 2018.

SOUZA, A. G; SMIDERLE, O.J. Cultura da soja: radiação solar, acúmulo de matéria seca e suas interações para alta produtividade. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 28, n. 6, p. 413–421, 2024.

STANIAK, M.; SZPUNAR-KROK, E.; KOCIRA, A. Responses of soybean to selected abiotic stresses—photoperiod, temperature and water. Agriculture, v. 13, n. 1, p. 146, 2023. DOI: 10.3390/agriculture13010146.

ZANON, A. J. et al. Ecofisiologia da soja: visando altas produtividades. 1. ed. Santa Maria: [s.n.], 2018. v. 1. 136 p.

ZANON, A. J. et al. Ecofisiologia da soja: visando altas produtividades. 2. ed. Santa Maria: [s.n.], 2022. v. 2. 432 p.

ZANOTTO, M. D. et al. Produtividade de grãos e de óleo de soja em diferentes densidades de semeadura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 20, n. 1, p. 47–51, 2016.

SINGER, S. D.; ZOU, J.; WESELAKE, R. J. Abiotic factors influence plant storage lipid accumulation and composition. Plant Science, v. 243, p. 1-9, 2016.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 03/02/2026 - **Accepted:** 04/03/2026
Vol: 13.01
DOI: 10.66104/vqdt3q53
Pages: 1-17

ZUFFO, A. M. et al. Interação genótipo × ambiente para produtividade de grãos e teor de óleo em soja cultivada em diferentes épocas de semeadura. Revista de Ciências Agrárias, v. 44, n. 1, p. 153–164, 2021.