

Londrina, PR / Novembro, 2024

## Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2023/2024 no Paraná

André Mateus Prando<sup>(1)</sup>, Arnold Barbosa de Oliveira<sup>(2)</sup>, Divania de Lima<sup>(3)</sup>, Edivan José Possamai<sup>(4)</sup>, Eliana Aparecida Reis<sup>(5)</sup>, Marco Antonio Nogueira<sup>(6)</sup>, Mariangela Hungria<sup>(7)</sup>, Roberta Aparecida Carnevali<sup>(8)</sup>

<sup>(1)</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR. <sup>(2)</sup> Engenheiro-agrônomo, mestre em Produção Vegetal, analista da Embrapa Soja, Londrina, PR. <sup>(3)</sup> Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR. <sup>(4)</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, extensionista do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IDR-Paraná, Pato Branco, PR. <sup>(5)</sup> Engenheira-agrônoma, mestre em Produção e Nutrição Animal, extensionista do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IDR-Paraná, Toledo, PR. <sup>(6)</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR. <sup>(7)</sup> Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR. <sup>(8)</sup> Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência Animal e Pastagens, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é um dos pilares de sustentabilidade do sistema de produção de soja no Brasil. Resulta em grandes benefícios para o produtor e para o ambiente, por dispensar o uso de fertilizantes nitrogenados na cultura, diminuindo os custos e, conseqüentemente, aumentando a competitividade do produto no mercado externo com menor impacto ambiental (Telles et al., 2023). Esse processo se dá pela simbiose entre bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e as plantas de soja, formando os nódulos radiculares, nos quais as plantas hospedeiras abrigam, protegem e nutrem as bactérias. Em troca, essas capturam o nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ) que, pela ação da enzima nitrogenase é reduzido à amônia e, na seqüência, é convertida em outros compostos nitrogenados que são exportados para a planta hospedeira.

O emprego de estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium* nos inoculantes, resultantes de pesquisas conduzidas por décadas, assegura a maior parte do suprimento do nitrogênio (N) necessário para a cultura, mesmo em altos níveis de produtividade (Hungria; Nogueira, 2019). Cabe salientar a grande exigência da soja pelo nitrogênio, cerca de 80 kg para cada tonelada de grãos produzidos (Hungria; Nogueira, 2020).

A inoculação é essencial em áreas de primeiro ano de cultivo de soja, ou onde a leguminosa não é cultivada há muito tempo, pois as bactérias fixadoras



Foto: André Mateus Prando

Ação de transferência de tecnologia da parceria Embrapa Soja e IDR-Paraná, com o objetivo de demonstrar e difundir os benefícios da coinoculação da soja.

de  $N_2$  estão em baixas populações ou ausentes no solo. Entretanto, mesmo em áreas frequentemente cultivadas com soja, é vantajoso realizar a inoculação a cada safra, durante a instalação da cultura, via sementes ou sulco de semeadura. Pesquisas

mostram ganhos médios na ordem de 8% em produtividade, resultante da inoculação anual da soja com *Bradyrhizobium*, em áreas tradicionais de cultivo (Hungria et al., 2007; Hungria; Nogueira, 2019), representando um grande retorno econômico e ambiental frente ao baixo custo do inoculante.

Além da inoculação anual com *Bradyrhizobium*, a Embrapa passou a indicar, a partir da safra 2013/2014, o uso conjunto de uma segunda bactéria para a inoculação da soja, em um processo denominado de coinoculação (Hungria et al., 2013), com duas estirpes selecionadas da espécie *Azospirillum brasilense* (Ab-V5 e Ab-V6) que já eram recomendadas para as culturas de milho, trigo e arroz desde 2009/2010 (Hungria, 2011; Hungria; Nogueira, 2019). A capacidade de FBN dessas estirpes de *A. brasilense* é modesta quando comparada à de *Bradyrhizobium* e é insuficiente para suprir a demanda das culturas. Contudo, o principal processo microbiano pelo qual elas beneficiam as plantas consiste na síntese de fitormônios, que promovem o crescimento vegetal, principalmente pelo estímulo ao sistema radicular. Esse processo favorece, inclusive, a nodulação por *Bradyrhizobium* e a FBN, pela ampliação do sistema radicular, além de aumentar o volume de solo explorado, favorecendo a absorção de água e nutrientes, incluindo maior aproveitamento dos fertilizantes químicos (Rondina et al., 2020; Barbosa et al., 2021). As plantas de soja coinoculadas com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* apresentam nodulação mais abundante e precoce (Chibeba et al., 2015; Hungria et al., 2015), com ganho médio de produtividade de 16% (Hungria et al., 2013), o dobro do proporcionado pela inoculação anual apenas com *Bradyrhizobium*.

Embora os benefícios da inoculação anual sejam comprovados, muitos agricultores ainda não utilizam tal prática, por observarem que em áreas cultivadas por várias safras consecutivas ocorre a formação de nódulos nas raízes da soja pela população estabelecida de *Bradyrhizobium* no solo, mesmo sem inocular. Entretanto, ao não usar inoculante nessas áreas, o produtor deixa de ganhar em produtividade (Hungria et al., 2007; Hungria; Nogueira, 2019). Já a coinoculação, embora seja uma tecnologia mais recente, encontra-se em franca expansão e já é empregada em 35% das áreas cultivadas com soja no Brasil, segundo a Associação Nacional de Promoção e Inovação das Indústrias de Biológicos - ANPII Bio, em pesquisa de mercado realizada pela Kynetec (ANPII Bio, 2024).

Para maximizar os benefícios da inoculação e/ou da coinoculação, recomenda-se adotar as boas

práticas que visam preservar a sobrevivência dos microrganismos, tais como:

- (i) usar inoculantes que apresentem registro para a cultura da soja no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa).
- (ii) utilizar inoculante dentro do prazo de validade, estabelecido na embalagem.
- (iii) assegurar-se de que o produto tenha sido transportado e armazenado em local protegido do sol e com temperaturas inferiores a 30 °C.
- (iv) aplicar em dose adequada conforme a condição e a modalidade recomendada de uso. Em áreas tradicionais de cultivo de soja, no mínimo, 1 dose por hectare de inoculante à base de *Bradyrhizobium* via sementes ou 2,5 a 3 doses por hectare via sulco de semeadura. Uma dose de *Bradyrhizobium* deve ser suficiente para fornecer, no mínimo, 1,2 milhão de células por semente, sendo possível aumentar o número de doses. Para *Azospirillum*, em coinoculação, somente 1 dose por hectare via sementes, que deve ser suficiente para fornecer 120.000 células por semente, ou 2 doses por hectare via sulco de semeadura, ou o que constar no rótulo do produto, conforme registro no Mapa para a cultura da soja. A dose de *Azospirillum* não deve ser aumentada sem critério, pois pode resultar em excesso de fitormônios e prejudicar o crescimento das plantas.
- (v) evitar o uso do inoculante turfoso diretamente na caixa da semeadora. O correto é preparar uma solução açucarada a 10% e usar 200 mL a 300 mL/50 kg de semente para umedecer e dar aderência. Na sequência, adicionar o inoculante turfoso, misturar bem e deixar as sementes secarem na sombra, antes de abastecer a semeadora.
- (vi) se forem empregados inoculantes “longa vida” em inoculação antecipada à semeadura (pré-inoculação), a pesquisa recomenda que devem ser recuperadas de 80 mil a 100 mil células viáveis de *Bradyrhizobium* por semente no momento da semeadura, o que deve ser garantido pelo fabricante. Nesse caso, as sementes pré-inoculadas precisam ser armazenadas sob temperaturas amenas, preferencialmente abaixo de 20 °C, até o momento da semeadura.
- (vii) quando utilizar produtos químicos no tratamento de sementes, aplicar o inoculante na última operação antes da semeadura e jamais misturar o inoculante diretamente com esses produtos. Protetores celulares auxiliam a aumentar a sobrevivência das bactérias aplicadas sobre sementes tratadas com produtos químicos.
- (viii) em área de primeiro ano de cultivo, ou há muito tempo sem cultivo de soja, o cuidado com a

compatibilidade com produtos químicos no tratamento de sementes deve ser redobrado e a dose do inoculante com *Bradyrhizobium* deve ser aumentada.

- (ix) para evitar a incompatibilidade com produtos químicos no tratamento de sementes, pode-se realizar a inoculação no sulco de semeadura, com a utilização de tanque exclusivo para o(s) inoculante(s). Nesse caso, aumentar a dose conforme especificado acima, no item (iv). *Bradyrhizobium* e *A. brasilense* são totalmente compatíveis e podem ser misturados; contudo, para outros microrganismos, deve-se verificar a compatibilidade com o fabricante.
- (x) inoculação após a emergência das plantas só deve ser feita em último caso, quando não houver boa nodulação e, ainda assim, quando houver condições de boa umidade no solo e temperatura amena no momento da aplicação. A inoculação após a emergência não substitui a inoculação via sementes ou via sulco de semeadura e exige, pelo menos, seis doses por hectare de *Bradyrhizobium*, aplicadas no final do dia para evitar os raios solares, com jato dirigido à superfície do solo úmido, com alto volume de calda (200 L/ha), com ponta de aplicação que produza gotas grossas e, preferencialmente, quando houver previsão de chuva.
- (xi) quando a inoculação for via sementes, aplicar o cobalto e o molibdênio (CoMo) via foliar, no estádio V3-V5, para diminuir o impacto negativo de produtos químicos sobre as bactérias inoculadas. Se a inoculação for via sulco de semeadura, aplicar o CoMo via sementes ou via foliar e não na calda junto com o inoculante. Atentar para as doses recomendadas, que devem ser de 2-3 g/ha de Co e 12-25 g/ha de Mo seja nas sementes ou via foliar.
- (xii) não semear “no pó”, ou seja, em solo seco, pois as bactérias morrem rapidamente nessas condições, principalmente quando as sementes são tratadas com produtos químicos, além de diminuir o vigor das sementes (Pinto et al., 2023).
- (xiii) a garantia da concentração de células, da pureza e da eficiência das bactérias presentes no inoculante é fundamental para o sucesso da inoculação. Essas condições dificilmente são alcançadas em produções caseiras de inoculantes, também conhecidas como produções *on farm*. Além disso, há grande risco de contaminação com microrganismos patogênicos nessas condições. Análises realizadas pela pesquisa têm verificado que inoculantes caseiros não apresentaram qualidade mínima para uso, além do risco sanitário, inclusive aos trabalhadores (Bocatti et al., 2022).

Esses produtos não são submetidos, como os inoculantes comerciais, a um controle de qualidade conforme estabelecido pelo Mapa, que identifica e impede a comercialização de inoculantes contendo contaminantes ou com concentração de células do microrganismo de interesse abaixo do mínimo necessário para o seu bom funcionamento, conforme estabelecido pela pesquisa. O inoculante é um insumo de baixo custo e de alto retorno econômico, portanto, não vale a pena arriscar com produtos sem a garantia da qualidade mínima necessária.

Visando divulgar os benefícios da coinoculação, a Embrapa Soja, em parceria com o Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IAPAR-EMATER (IDR-Paraná), vem realizando, desde a safra 2015/2016, ações de transferência de tecnologia com o objetivo de demonstrar e difundir os benefícios dessa tecnologia em termos da FBN e da promoção de crescimento vegetal. Com essas ações, busca-se intensificar a adoção e o uso adequado da coinoculação na cultura da soja no estado do Paraná. Esse trabalho continuado consiste em quatro etapas:

- treinamento de técnicos extensionistas.
- instalação e acompanhamento de unidades de referência tecnológica (URTs) em áreas comerciais de produção de soja de agricultores atendidos pelo IDR-Paraná.
- encontros técnicos junto aos agricultores para a divulgação dessa e de outras tecnologias sustentáveis.
- coleta, tabulação, análise e compartilhamento dos resultados obtidos (Prando et al., 2016).

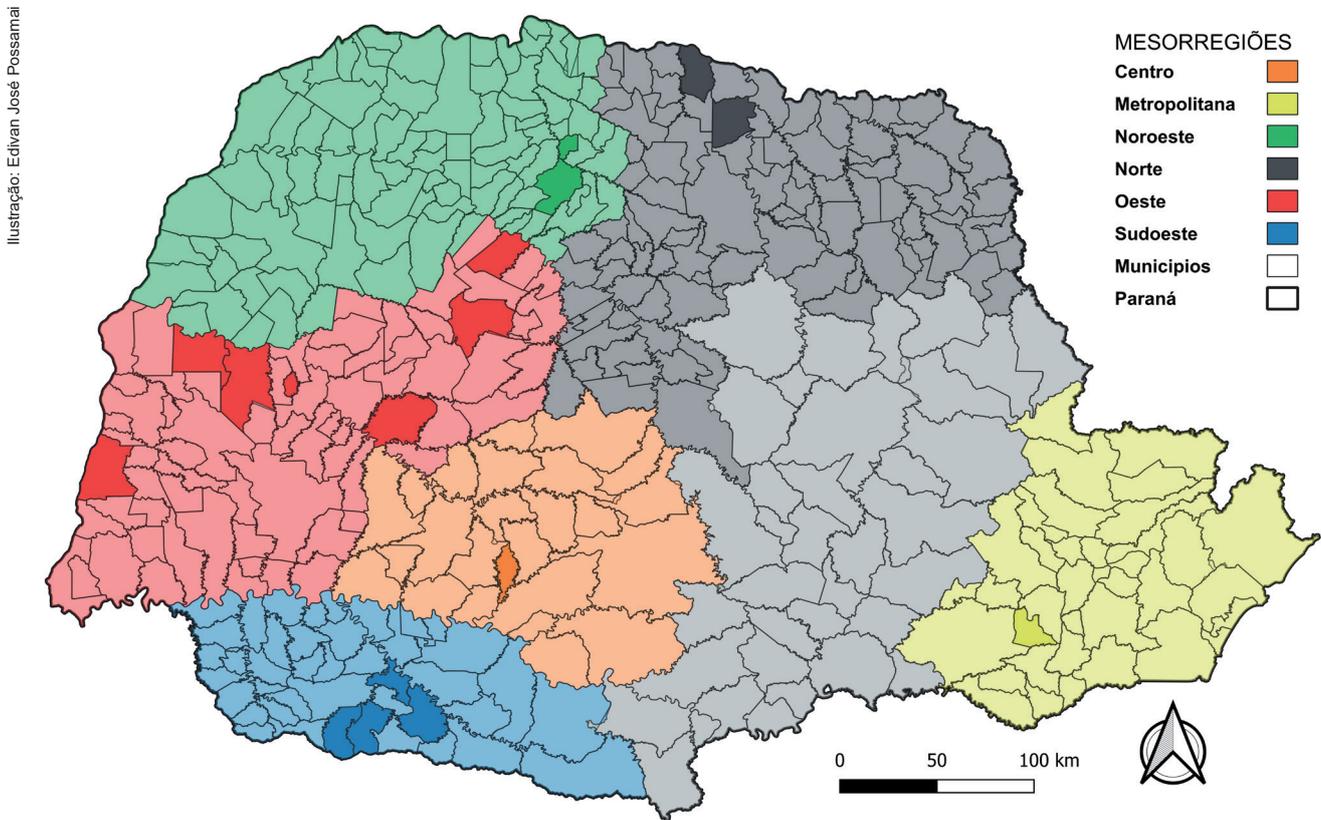
## Instalação e resultados das URTs

No início da safra 2023/2024 foi realizado um evento no qual foram apresentados os resultados do trabalho de boas práticas de inoculação e coinoculação da soja e foi feita a atualização do protocolo de implantação e avaliação das URTs para os extensionistas do Programa Grãos do IDR-Paraná. Essa ação constou de instruções sobre a instalação, as boas práticas de inoculação e coinoculação, bem como a avaliação e a coleta de dados da nodulação e da produtividade da soja, para posterior elaboração deste documento para registro e divulgação dos resultados.

Foram instaladas 23 URTs em lavouras comerciais na safra 2023/2024, no estado do Paraná, nas mesorregiões: centro, metropolitana, norte, noroeste, oeste e sudoeste, seguindo as boas práticas

de inoculação e amostradas para coleta de dados de nodulação e produtividade. Ao final da safra, foram coletados dados de 21 URTs localizadas em 17 municípios (Figura 1). Esses locais são representativos de diferentes tipos de solo, clima, sistemas

de cultivo, em sucessão a diferentes culturas (milho segunda safra, trigo, aveia, azevém, etc.), épocas de semeadura (antecipada, normal ou tardia) e níveis de tecnologias empregadas pelos produtores (Figura 2).



**Figura 1.** Localização dos municípios, em destaque, nas mesorregiões administrativas do IDR-Paraná onde foram implantadas as Unidades de Referência Tecnológica sobre coincoculação da soja na safra 2023/2024.



**Figura 2.** Aspecto de uma unidade de referência tecnológica de coincoculação de soja em Alvorada do Sul, PR, na safra 2023/2024.

No decorrer da safra 2023/2024 foram realizados encontros técnicos nas URTs de cada regional, denominados de “Giro técnico da soja: parceria IDR-Paraná/Embrapa”. No total foram realizados 17 eventos, com público de 1.084 participantes. Durante os encontros técnicos foi ressaltada a importância da coinoculação na soja e realizada coleta de plantas in loco com o intuito de avaliar o crescimento das raízes e a nodulação (Figura 3), coloração interna e a distribuição dos nódulos ativos na região da coroa das raízes, o que possibilita visualizar a efetividade da coinoculação em relação às plantas

não inoculadas. As fotos registradas in loco pelos técnicos extensionistas serviram de suporte para demonstrar aos produtores a vantagem da nodulação precoce e intensa na fase inicial de desenvolvimento da cultura da soja, quando se realiza a coinoculação.

Nos 17 eventos, foram coletadas informações com 492 produtores sobre as práticas agrícolas inerentes ao processo de inoculação da soja, cujos resultados serão apresentados e discutidos mais adiante nesta Circular Técnica.



Foto: Karina Alme Alves.

**Figura 3.** Comparação do sistema radicular e do número de nódulos na raiz principal de 10 plantas de soja sem inoculação (direita) e de plantas coinoculadas com *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* (esquerda) na Unidade de Referência Tecnológica de Andirá, obtidas na safra 2021/2022.

Em 19 URTs foram realizadas avaliações da nodulação entre 25 e 35 dias após a emergência (DAE), enquanto a produtividade de grãos foi avaliada ao final do ciclo em 18 dessas URTs (Tabela

1). Na grande maioria dos casos, foram observados incrementos tanto no número de nódulos quanto na produtividade de grãos com a coinoculação.

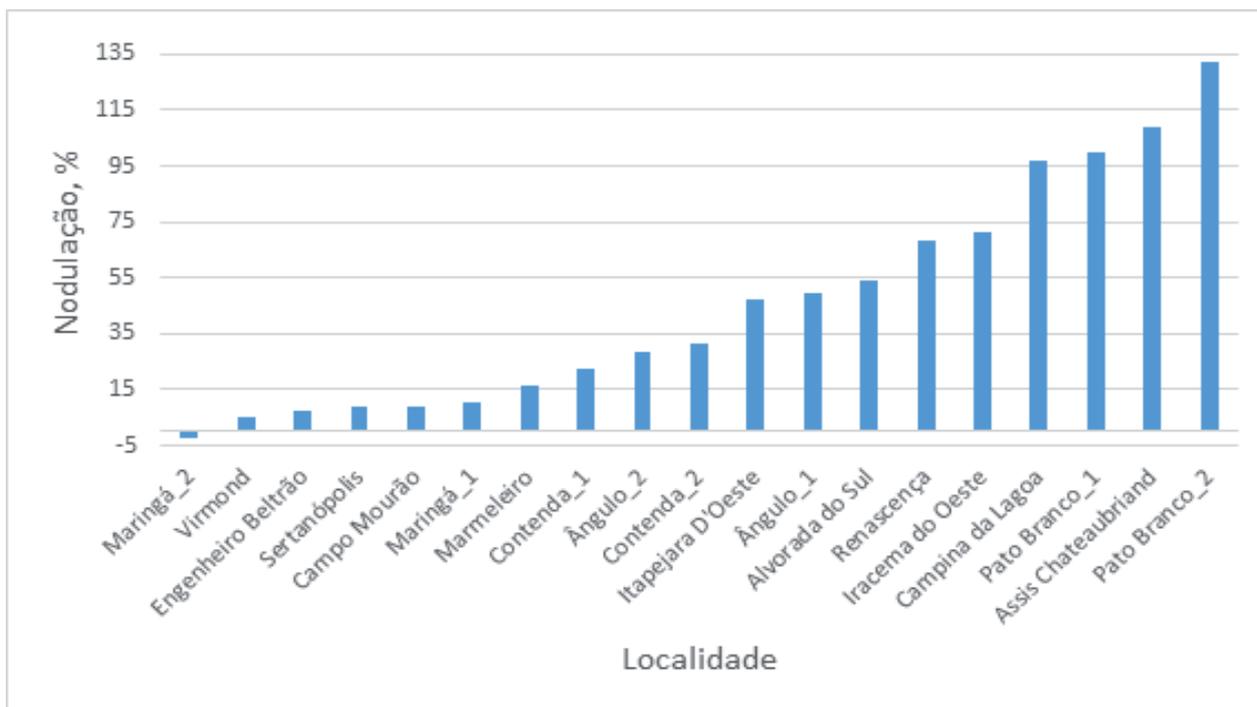
**Tabela 1.** Produtividade de grãos e número médio de nódulos por planta de soja, em áreas coinoculadas com *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* (Brady + Azo) e sem coinoculação. Dados obtidas em 21 URTs, em produtores de soja assistidos pelo IDR-Paraná, na safra 2023/2024, no estado do Paraná.

Município	Produtividade (kg/ha)		Nodulação (nº nódulos por planta)	
	Brady + Azo	Testemunha	Brady + Azo	Testemunha
Alvorada do Sul	-	-	15,7	10,2
Ângulo_1	3.189	2.749	30,8	20,6
Ângulo_2	2.799	2.556	26,1	20,23
Assis Chateaubriand	3.993	3.919	21,5	10,3
Campina da Lagoa	4.267	4.065	19,5	9,9
Campo Mourão	3.013	3.201	42,0	38,5
Contenda_1	4.759	4.595	10,9	8,9
Contenda_2	4.415	4.129	15,8	12
Engenheiro Beltrão	-	-	2,8	2,6
Iracema do Oeste	5.113	4.633	22,1	12,9
Itapejara D'Oeste	4.900	5.351	16,8	11,4
Maringá_1	2.911	2.863	21,2	19,2
Maringá_2	2.766	2.443	28,8	29,4
Marmeleiro	4.151	3.841	22,6	19,4
Palotina	3.578	2.705	-	-
Pato Branco_1	4.620	4.140	26,0	13
Pato Branco_2	5.499	4.602	12,3	5,3
Renascença	3.450	3.225	18,5	11
Santa Helena	3.810	3.715	-	-
Sertanópolis	-	-	7,4	6,8
Virmond	3.595	3.446	16,4	15,6
<b>Média</b>	<b>3.935</b>	<b>3.677</b>	<b>19,9</b>	<b>14,6</b>

A nodulação média na região da coroa e na raiz principal foi de 19,9 nódulos por planta nas áreas coinoculadas e de 14,6 nódulos por planta nas áreas não inoculadas. Portanto, houve um incremento médio de 36,0% no número de nódulos, resultado superior ao obtido na safra 2021/2022, que foi de 29,3% de aumento médio em 36 URTs (Prando et al., 2022a), mas semelhante ao da safra 2020/2021, que foi de 37% de aumento médio em 65 URTs avaliadas (Prando et al., 2022b), demonstrando o efeito positivo da coinoculação sobre a nodulação. Na safra 2017/2018, em 37 URTs implantadas em 31 municípios paranaenses, Nogueira et al. (2018) constataram aumento médio de 33% no número de nódulos por planta com a coinoculação, similar ao obtido na atual safra. Frente a esses

resultados, constata-se que a coinoculação de *Bradyrhizobium* spp. e *Azospirillum brasilense* em soja pode resultar em um aumento médio da nodulação superior a 30%.

O número de nódulos em cada URT também foi expresso em porcentagem em relação ao controle não inoculado e as respostas foram organizadas em ordem crescente, indicando variação entre -2% a 132% (Figura 4). A coinoculação aumentou o número de nódulos por planta em 95% dos locais, o que indica o favorecimento no estabelecimento da simbiose pelo uso da tecnologia, mesmo em áreas já cultivadas com soja há vários anos, em que há uma população de rizóbios já estabelecida, como foi o caso das lavouras onde as URTs foram instaladas.



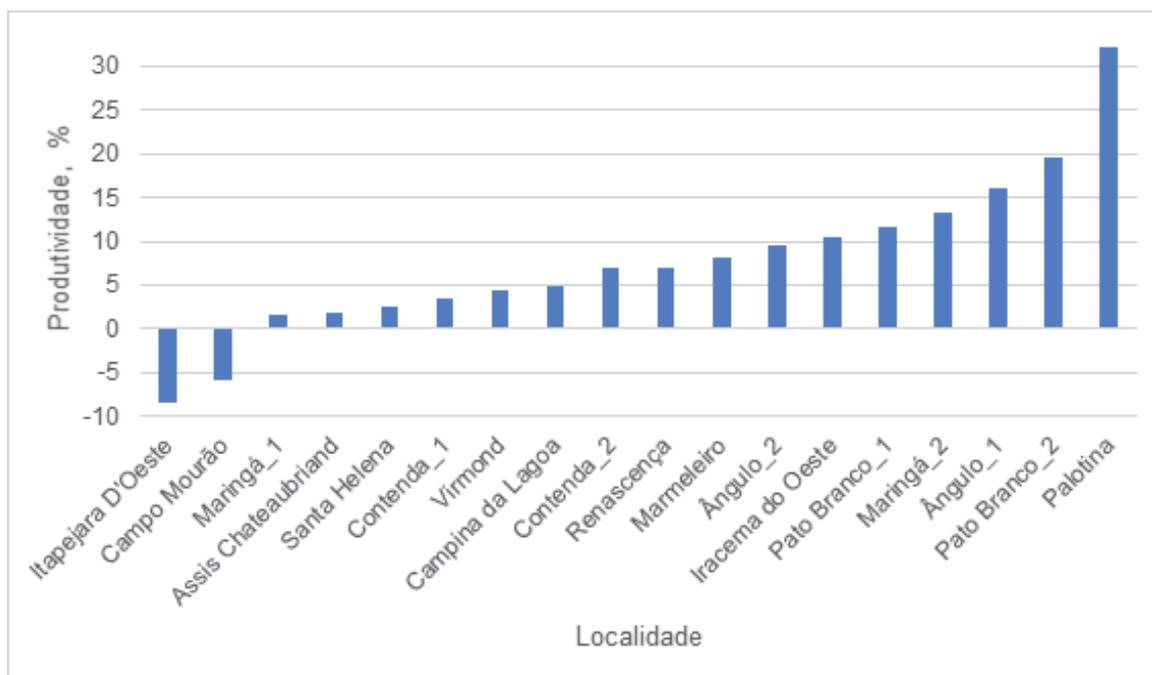
**Figura 4.** Variação da nodulação da soja (%) devido à coinoculação com *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* em relação à testemunha sem coinoculação. Resultado de 19 URTs assistidas pelo IDR-Paraná na safra 2023/2024.

A massa de nódulos não foi avaliada em razão de dificuldades logísticas para realizar a pesagem em balança de precisão em todos os locais. Contudo, ressalta-se que a coinoculação também aumenta a massa de nódulos, conforme observado na safra 2018/2019, em que houve quase 50% de aumento nas URTs coinoculadas e avaliadas entre 25 e 35 DAE (Prando et al., 2019) e de 77% quando avaliadas aos 30 DAE em condições experimentais (Chibeba et al., 2015). Em uma meta-análise de 51 estudos realizados a campo nas diversas regiões produtoras, Barbosa et al. (2021) constaram incrementos de 5,4% e 10,6% no número e na massa de nódulos da soja, respectivamente, devido à coinoculação.

A produtividade média de grãos nas áreas coinoculadas foi de 3.935 kg/ha, enquanto nas áreas não inoculadas, foi de 3.677 kg/ha (Tabela 1). A produtividade média nas URTs com coinoculação, na safra 2023/2024, foi superior à média paranaense, de 3.155 kg/ha e à média nacional, de 3.202 kg/ha (Conab, 2024), embora as URTs localizadas nas mesorregiões norte e noroeste do Paraná tenham

sido bastante prejudicadas pelas altas temperaturas e pelo déficit hídrico nessa safra.

A produtividade dos grãos foi avaliada em 18 URTs; em 16 delas, houve incremento quando foi realizada a coinoculação, com ganho médio de 7,03%. Entretanto, tais incrementos variaram entre as URTs (Figura 5). Nas URTs conduzidas em safras anteriores, também foram constatadas variações na resposta da produtividade nos diferentes locais. Houve um incremento médio de 8,01% na produtividade devido à coinoculação na média das seis safras avaliadas (Nogueira et al., 2018; Prando et al., 2019, 2020, 2022a, 2022b) (Tabela 2). Ressalta-se que o maior incremento em produtividade foi de 12,4%, constatado na safra 2021/2022, a qual foi marcada por forte estiagem na maioria das regiões sojícolas do Paraná. Em condições experimentais, constatou-se que o potencial médio de resposta da produtividade à coinoculação foi de 16% (Hungria et al., 2013). De forma similar, em 51 ensaios conduzidos em 39 locais no Brasil, foi constatado incremento médio de 3,6% na produtividade quando a soja foi coinoculada (Barbosa et al., 2021).



**Figura 5.** Variação da produtividade da soja (%) devido à coinoculação com *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* em relação à testemunha sem coinoculação; Resultado de 18 URTs assistidas pelo IDR-Paraná na safra 2023/2024.

**Tabela 2.** Resumo dos resultados das Unidades de Referência Tecnológica (URTs) sobre coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* em áreas de produtores assistidos pelo IDR-Paraná, durante seis safras agrícolas.

Variáveis	Safras						Média
	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2021/2022	2023/2024	
Nº URTs	37	61	63	62	36	21	(280) <sup>3</sup>
Coinoculação (sc/ha)	71,97	56,03	68,86	64,61	45,72	65,58	62,13
Sem coinoculação (sc/ha)	66,38	51,72	64,43	60,63	40,69	61,28	57,52
Diferença (sc/ha)	5,58	4,32	4,44	3,98	5,03	4,31	4,61
Incremento <sup>1</sup> (%)	8,41	8,35	6,89	6,56	12,35	7,03	8,01
Preço da soja <sup>2</sup> (R\$/sc)	72,00	72,00	82,78	156,96	190,63	105,72	113,35
Retorno líquido (R\$/ha)	390,00	296,00	348,23	603,03	935,64	430,00	500,48

<sup>1</sup> Incremento em relação à testemunha; <sup>2</sup> Preço médio pago pela saca de soja de 60 kg no mês de março (SEAB/PR - DERAL/DEB); <sup>3</sup> Soma das URTs nas seis safras.

A constatação acima indica que há possibilidade de aumentar as respostas à coinoculação em áreas comerciais de soja. Mas, para que esses benefícios sejam atingidos, deve-se sempre levar em conta o emprego das boas práticas de inoculação, já elencadas anteriormente, para que a sobrevivência das bactérias coinoculadas e a qualidade dos inoculantes sejam asseguradas para promover os benefícios esperados.

Tomando-se por base a média de produtividade obtida nessa safra (Tabela 1), a coinoculação promoveu um acréscimo médio de 258 kg/ha, ou seja 4,3 sacas por hectare, resultado próximo à média das seis safras, que foi de 4,6 sacas por hectare

(Tabela 2). A fim de se obter a receita em reais por hectare, foi considerado o valor médio de R\$ 105,72 por saca de 60 kg praticado no Paraná, em março de 2024, de acordo com os dados do DERAL (Paraná, 2024), bem como o custo da dose dos inoculantes à base de *Bradyrhizobium* e de *Azospirillum* a R\$ 25,65/ha. Assim, o retorno da coinoculação (valor do incremento da produtividade menos o valor do inoculante) nessa safra foi de R\$ 430,00/ha, sendo inferior aos obtidos em safras anteriores, sobretudo na safra 2021/2022 em que o retorno foi de R\$ 935,64/ha (Prando et al., 2019, 2020, 2022a, 2022b). Esse menor retorno quando comparado às safras anteriores, deve-se à diminuição do preço

da soja pago ao produtor. Contudo, a coinoculação ainda conferiu um retorno financeiro expressivo e evidenciou os benefícios tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, pois além de promover aumento da produtividade dispensou o uso de fertilizantes nitrogenados na soja (Telles et al., 2023). Tais resultados corroboram os que têm sido demonstrados pela pesquisa em condições experimentais (Hungria et al., 2013, 2015; Hungria; Nogueira, 2019; Barbosa et al., 2021), que enfatizam a viabilidade da coinoculação da cultura da soja, de modo a contribuir para aumentar a renda do produtor e a sustentabilidade do sistema de produção.

## Levantamento de adoção das tecnologias

Na safra 2023/2024, foi realizado um levantamento, durante o giro técnico, com 492 produtores participantes, a fim de avaliar o nível de adoção de

tecnologias no cultivo da soja e, entre elas, as relacionadas ao uso de inoculantes e CoMo (Tabela 3). Houve ampla variação na taxa de adoção da tecnologia nos diferentes municípios. A maior taxa de adoção da inoculação com *Bradyrhizobium* foi registrada em Guarapuava, seguida por Cruz Machado, nas mesorregiões centro e centro-sul do estado, onde 100% e 94% dos produtores consultados, respectivamente, afirmaram ter utilizado inoculante na soja. Resultados semelhantes foram encontrados em municípios dessas mesorregiões e também da mesorregião metropolitana durante o giro técnico em anos anteriores (Prando et al., 2022a). Por outro lado, apenas 52% dos produtores do município de Palotina e seu entorno afirmaram fazer a inoculação da soja com *Bradyrhizobium*. Na média estadual, 69% dos produtores consultados afirmaram ter utilizado inoculante na cultura da soja na safra 2023/2024, taxa de adoção muito similar ao levantamento da ANP/II/Kinetec, que foi de 73% na safra anterior (2022/2023).

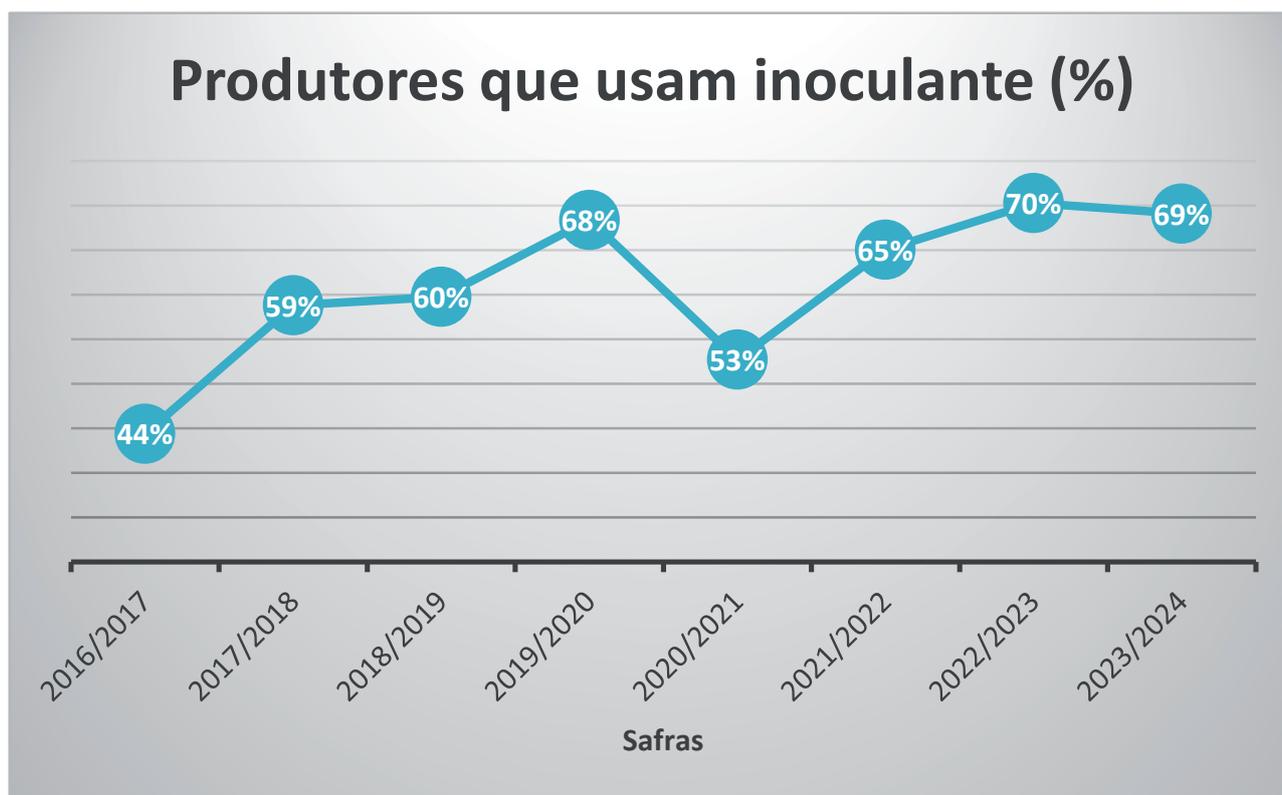
**Tabela 3.** Dados do levantamento sobre uso e forma de inoculação, uso de coinoculação com *Azospirillum* e aplicação de cobalto (Co) e molibdênio (Mo) na cultura da soja, realizado durante o giro técnico da soja em vários municípios no estado do Paraná, na safra 2023/2024.

Município	Mesorregião administrativa	Nº produtores (Nº) <sup>1</sup>	Uso de inoculante (%) <sup>2</sup>	Inoculante na caixa (%) <sup>3</sup>	Inoculação no sulco (%) <sup>4</sup>	Coinoculação (%) <sup>5</sup>	Uso de CoMo (%) <sup>6</sup>
Guarapuava	Centro	5	100	0	0	20	20
Laranjeiras do Sul	Centro	40	58	13	20	15	25
Cruz Machado	Centro-sul	32	94	0	13	16	75
Guamiranga	Centro-sul	15	53	13	13	20	33
Reserva	Centro-sul	18	67	33	17	39	50
Jussara	Noroeste	26	81	48	8	15	54
Ângulo	Norte	9	78	57	22	22	78
Cafeara	Norte	26	88	9	0	38	96
Cornélio Procópio	Norte	12	92	0	17	33	100
Faxinal	Norte	11	82	56	45	36	73
Sabáudia	Norte	14	50	14	29	43	93
Bela Vista da Caroba	Oeste	30	80	17	3	23	50
Céu Azul	Oeste	34	82	4	24	44	68
Palotina	Oeste	103	52	13	8	17	61
Quarto Centenário	Oeste	47	64	63	13	13	83
Boa Esperança do Iguaçu	Sudoeste	28	82	0	7	25	100
Mariópolis	Sudoeste	42	60	12	19	26	57
	(Total) Média	(492) <sup>1</sup>	69	19	19	23	65

<sup>1</sup>Produtores participantes do levantamento; <sup>2</sup>Produtores que usaram inoculante; <sup>3</sup>Produtores que aplicaram inoculante turfoso diretamente na caixa da semente; <sup>4</sup>Inoculação no sulco de semente; <sup>5</sup>Coinoculação com *Azospirillum*; <sup>6</sup>Produtores que usaram cobalto e molibdênio (CoMo) via sementes e/ou foliar.

No primeiro levantamento da série sobre o uso de inoculantes no Paraná em 2016/2017, a taxa de adoção foi de 44,4% (Prando et al., 2018). Nos levantamentos seguintes, nota-se um aumento da taxa de adoção, com valores em torno de 70% nos dois últimos levantamentos (Figura 6). O decréscimo observado na safra 2020/2021 (53%) pode estar associado ao método de levantamento dos dados, devido ao fato de a pesquisa não incluir agricultores assistidos pelo IDR-Paraná, em razão das restrições de mobilidade impostas pela pandemia de

Covid-19. Apesar disso, é perceptível que a taxa de uso de inoculantes tem apresentado um crescimento relevante e parte desse resultado pode ser creditado ao trabalho de divulgação da importância dessa tecnologia no sistema de produção de soja. Mesmo assim, ainda há espaço para aumento no uso da tecnologia, visto que, segundo esse levantamento e também pelo levantamento realizado pela ANPIL/Kynetec, na safra 2022/2023, a média nacional de inoculação da soja foi de 85% enquanto a da coinoculação foi de apenas 35%.



**Figura 6.** Porcentagem de produtores que inocularam a soja no estado do Paraná.

Entre os motivos alegados pelos produtores paranaenses que não fizeram uso da tecnologia, destacam-se:

- (i) falta de praticidade.
- (ii) temor em perder a garantia do tratamento industrial de sementes.
- (iii) pouco tempo para fazer uma inoculação adequada.
- (iv) insuficiente esclarecimento sobre a importância da inoculação e da coinoculação da soja.
- (v) entendimento equivocado de que não é necessário inocular todo ano em áreas onde a soja já vem sendo cultivada por anos seguidos.
- (vi) falta de recomendação de uso pela assistência técnica.

(vii) dificuldade de encontrar no mercado embalagens menores de inoculantes, para uso em pequenas propriedades.

Quanto a esse último item, cabe destacar que a grande maioria dos inoculantes no mercado brasileiro está disponível em embalagens de 1,5 L que, em geral, representa 15 doses, o que seria suficiente, na recomendação mínima, para 15 ha. Entretanto, de acordo com Moraes et al. (2024), 39% das propriedades produtoras de soja no Paraná apresentam menos de 10 ha. Dessa forma, fica clara a demanda por inoculantes em frações menores para atender os pequenos produtores.

Dentre os que realizaram a inoculação, nem todos a fizeram de forma correta ou adotaram procedimentos inadequados, tais como:

- (i) mistura do inoculante junto com agrotóxicos para o tratamento de sementes.
- (ii) aplicação de inoculante turfoso diretamente na caixa de distribuição de sementes e sem uso de solução adesiva, o que resulta em desuniformidade de aplicação e perda do inoculante, que não fica aderido às sementes e se acumula no fundo da caixa.

A aplicação de inoculante turfoso na caixa de sementes não proporciona uma boa aderência às sementes. Essa prática, na safra 2023/2024, contabilizou média estadual de 19% dos produtores que usaram inoculante, frente a 57% na safra 2017/2018 (Prando et al., 2018). Essa, provavelmente, foi a melhor evolução observada pelo levantamento (Figura 7), mas o número de produtores que adotam essa prática ainda é alto, o que evidencia que as boas práticas de inoculação precisam ser ainda mais divulgadas entre os produtores, chamando a atenção sobre a importância da homogeneidade da inoculação e da adesão dos inoculantes turfosos às sementes. O município de Quarto Centenário, da mesorregião oeste, apresentou a maior taxa de uso de inoculante turfoso na caixa da semeadora, 63%. Tal prática, normalmente, ocorre devido à falta de

informação técnica sobre a tecnologia, juntamente com a escassez de mão de obra ou a urgência em semear a soja. Já nos municípios de Guarapuava, Cornélio Procópio e Boa Esperança do Iguçu os produtores relataram não utilizar o inoculante turfoso diretamente na caixa de sementes para não prejudicar o resultado da inoculação. Em municípios das mesorregiões centro, centro-sul e metropolitana esse resultado foi também obtido nos levantamentos em anos anteriores (Prando et al., 2020, 2022a, 2022b). No entanto, pela primeira vez, municípios na mesorregião norte apresentaram esse resultado. Além disso, o levantamento feito no município de Cafeara ficou abaixo da média estadual. Segundo relato dos produtores de Cafeara, que estão em área de solos arenosos e clima mais quente e seco, a inoculação na caixa de sementes não é efetiva, contribuindo para a deficiência de N, que resulta em grandes prejuízos à produtividade de soja e, por isso, produtores que utilizaram essa prática no passado não mais a utilizam e isso também serviu de alerta para os que ainda não utilizam boas práticas para a inoculação. Contudo, é de conhecimento consolidado que mesmo em áreas de solo argiloso, onde há maior sobrevivência de *Bradyrhizobium* e o efeito da inoculação não é tão evidente na lavoura, o produtor deixa de colher mais por não fazer a inoculação adequadamente.

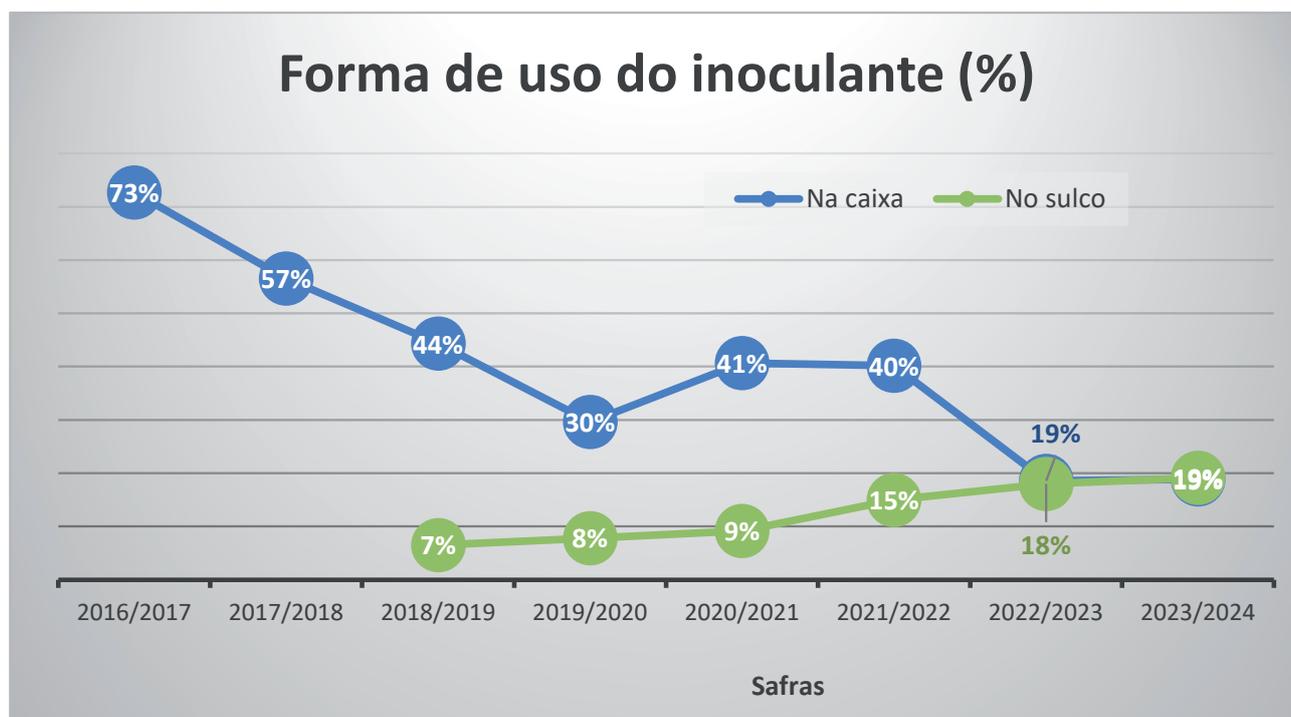
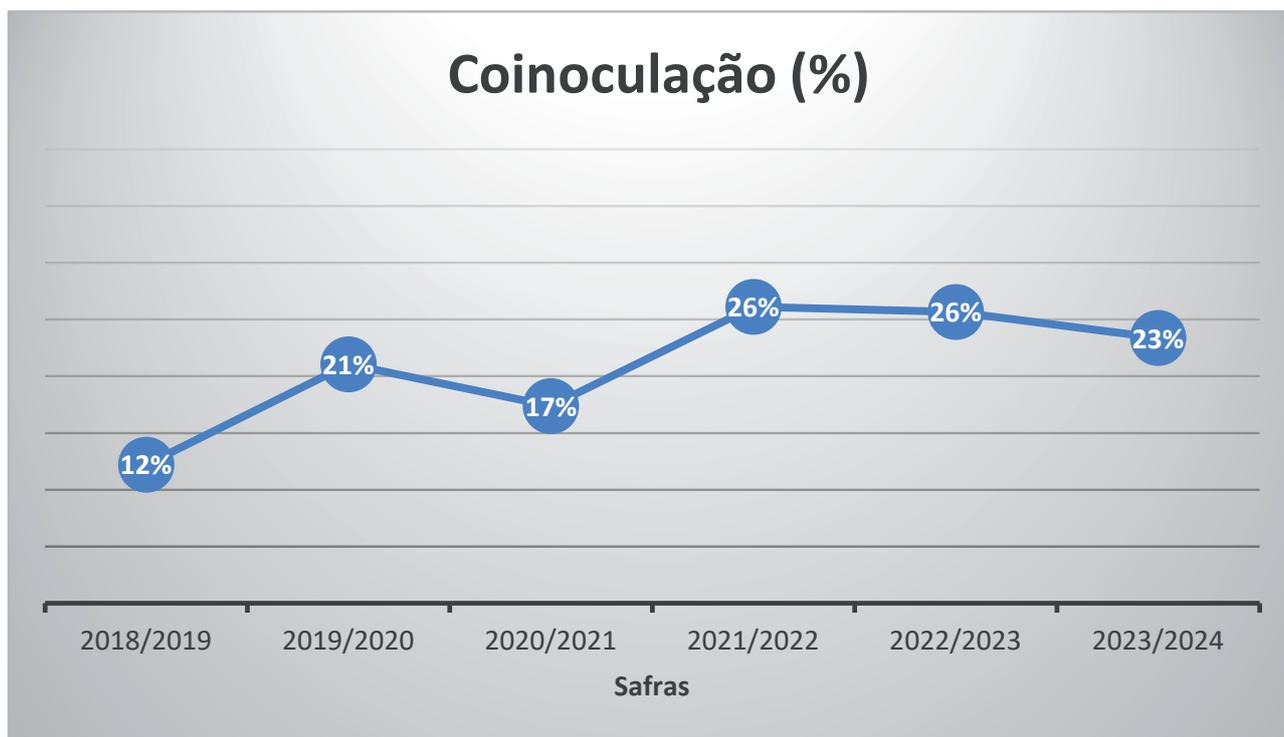


Figura 7. Forma de uso do inoculante em soja no estado do Paraná.

A média de uso da coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* tem sido registrada desde a safra 2018/2019, quando foi de 12% (Prando et al., 2019), chegando a 21% na safra 2019/2020 e 17% na safra 2020/2021. Na safra 2021/2022 e 2022/2023, o valor apurado foi de 26% e de 23% na última safra (Figura 8), abaixo do valor apurado pela ANP/II/Kynetec no Paraná na safra 2022/2023 (31%). No entanto, o campo para transferência da tecnologia ainda está aberto pois, conforme observado por Prando et al. (2020) e neste trabalho, ainda há municípios onde a porcentagem de produtores

que utilizam essa tecnologia ainda é muito baixa. Embora tenha havido um incremento na adoção dessa tecnologia nos últimos anos, espera-se para as próximas safras melhores resultados nos locais onde já foram realizados os eventos de transferência de tecnologia, como os giros técnicos, nos quais a informação foi disponibilizada. Já foi possível observar que a condução das URTs, a divulgação dos resultados e os esclarecimentos aos produtores tiveram impacto positivo na adoção da tecnologia nas safras subsequentes.



**Figura 8.** Porcentagem de produtores que coinocularam a soja com *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* no estado do Paraná.

A adoção da inoculação no sulco de semeadura, por meio de equipamentos acoplados às semeadoras, foi de 19% nessa safra, apresentando crescimento contínuo desde o primeiro levantamento realizado na safra 2018/2019 que foi de 7% (Figura 7). Entretanto, assim como observado nas últimas safras por Prando et al. (2020, 2022a, 2022b), houve grande variação entre os municípios e as mesorregiões, de 0% a 45% (Tabela 3). Dentre as principais limitações relatadas para o uso da inoculação no sulco, destacam-se: o custo do equipamento, a necessidade de outro equipamento para transporte de água, o pouco conhecimento sobre o equipamento e a preferência por utilizar o inoculante nas sementes, mesmo sob o risco de incompatibilidade com os produtos químicos empregados no seu tratamento. A inoculação via sulco de semeadura apresenta vantagens, como maior agilidade na semeadura e

menor manuseio das sementes já tratadas industrialmente com produtos químicos, além de evitar problemas de incompatibilidade pelo uso simultâneo de produtos químicos e inoculantes nas sementes. Por outro lado, há maior custo inicial para adaptação da semeadora e a necessidade de transportar água para a aplicação. A decisão da adoção de uma ou outra modalidade de inoculação deve ser tomada de acordo com a realidade do produtor, de modo a priorizar a sobrevivência das bactérias inoculadas, via sementes ou sulco de semeadura. Em alguns casos, nota-se que o produtor aproveita o equipamento de aplicação via sulco para adicionar outros produtos à calda, o que nem sempre é compatível com os inoculantes (Pinto, 2021) e pode reduzir severamente a viabilidade das bactérias na calda de aplicação.

O uso dos micronutrientes Co e Mo foi, em média, de 65% na safra 2023/2024 (Tabela 3), muito semelhante à adoção na safra 2022/2023 (Figura 9). Esses valores podem estar subestimados, uma vez que alguns produtores adquirem as sementes com tratamento industrial e nem todos verificam quais produtos foram utilizados no tratamento. Contudo, o uso de Co e Mo na cultura da soja, em alguns casos, acaba sendo negligenciado, ou substituído

pela aplicação via pulverização de outros macros ou micronutrientes, na falsa impressão de que esses poderiam substituir os primeiros. O uso de Co e Mo é essencial para a FBN, prática recomendada pela Embrapa, podendo ser aplicado via sementes ou via pulverização foliar entre os estádios V3 e V5 na quantidade de 2-3 g de Co e 12-25 g de Mo por hectare (Hungria; Nogueira, 2020).

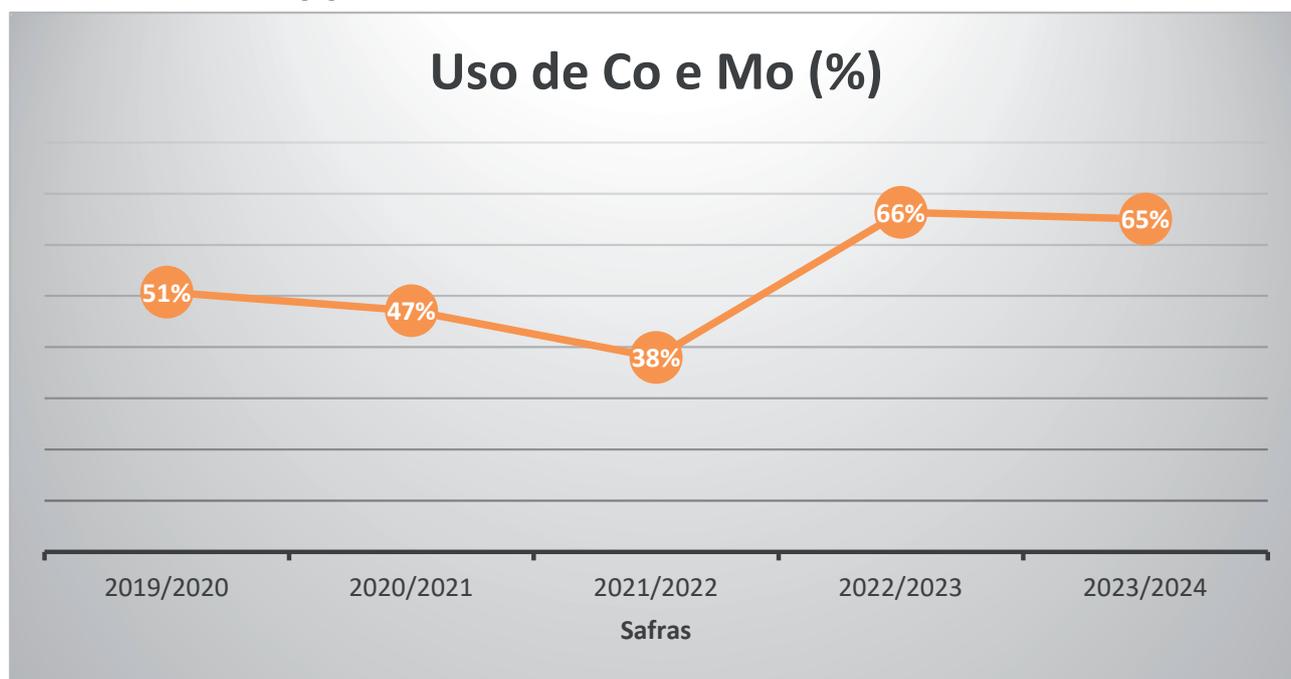


Figura 9. Uso de Cobalto e Molibdênio (CoMo) em soja no estado do Paraná.

## Considerações finais

As ações de transferência da tecnologia da coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* sp. e *Azospirillum brasilense*, na safra 2023/2024, conduzidas em 21 URTs em lavouras comerciais, em 17 municípios do Paraná indicaram que:

Em média, houve um incremento de 36,03% no número de nódulos e de 7,03% no rendimento de grãos com a coinoculação.

O retorno médio obtido pela adoção da coinoculação foi estimado em R\$ 430,00/ha.

Apesar dos avanços obtidos, muitos agricultores ainda não utilizam a coinoculação na soja e/ou não seguem as boas práticas para inoculação/coinoculação, indicando a necessidade da continuidade de ações de transferência de tecnologia para a difusão de boas práticas de produção.

## Agradecimentos

Aos extensionistas: Alberto Nerci Muller, Claudemir Luis Todescatt, Edimilson Moreira, Eduardo Vinicius Staffen Wammes, Eliézer Tierling, Everaldo

Andrade de Ávila, Gustavo Migliorini de Oliveira, Ivanderson Borelli, Joel Carneiro dos Santos Filho, Joécio de Souza Vigolo, Joelson dos Santos, Junior Dallabrida, Lari Maroli, Marco Antonio da Silva Reis, Marcos Antônio Paloschi, Marcos Rogério da Silva Alves dos Santos, Mauro Jair Alves, Reinaldo Neris dos Santos, Romeu Gair, Sandro Cesar Albrecht Sinaney Delvan de Alencar Bozelli, Vilmar Natalino Grandó, William de Brino Silva.

À analista Eduara Ferreira, do Laboratório de Biotecnologia do Solo da Embrapa Soja, pelo controle de qualidade e pelo fracionamento das doses dos inoculantes empregados nas URTs.

À Associação Nacional de Promoção e Inovação das Indústrias de Biológicos (ANPII Bio) pelo fornecimento dos inoculantes.

Ao Grupo de pesquisa apoiado pelo INCT - Microrganismos Promotores do Crescimento de Plantas Visando à Sustentabilidade Agrícola e à Responsabilidade Ambiental - MPCPAgro - (CNPq 465133/2014-4, Fundação Araucária-STI 043/2019, CAPES).

## Referências

- ANPII Bio - Associação Nacional de Promoção e Inovação das Indústrias de Biológicos. **Análises e estatísticas 2023**: Painel Interno ANPII Bio 2023. [2024]. Disponível em: <https://www.anpiibio.org.br/estatisticas/>. Acesso em: 29 out. 2024.
- BARBOSA, J. Z.; HUNGRIA, M.; SENA, J. V. S.; POGGERE, G.; REIS, A. R.; CORRÊA, R. S. Meta-analysis reveals benefits of co-inoculation of soybean with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium* spp. in Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 163, 103913, 2021. DOI: 10.1016/j.apsoil.2021.103913.
- BOCATTI, C. R.; FERREIRA, E.; RIBEIRO, R. A.; CHUEIRE, L. M. O.; DELAMUTA, J. R. M.; KOBAYASHI, R. K. T.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Microbiological quality analysis of inoculants based on *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* produced "on farm" reveals high contamination with non-target microorganisms. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 53, p. 267-280, 2022. DOI: 10.1007/s42770-021-00649-2.
- CHIBEBA, A. M.; GUIMARÃES, M. F.; BRITO, O. R.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* promotes early nodulation. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 1641-1649, 2015. DOI: 10.4236/ajps.2015.610164.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: Tabela de dados - Produção e balanço de oferta e demanda de grãos. 12 set. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 27 set. 2024.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Fixação biológica de nitrogênio. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 185-196. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Tecnologias de inoculação da cultura da soja: mitos, verdades e desafios. In: KAPPES, C. (ed.). **Boletim de Pesquisa 2019/2020**. Rondonópolis: Fundação MT, 2019. p. 50-62. (Fundação MT. Boletim, 19).
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and *Azospirillum*: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, p. 791-801, 2013. DOI: 10.1007/s00374-012-0771-5.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 811-817, 2015. DOI: 10.4236/ajps.2015.66087.
- MORAES, A. S.; FASIABEN, M. do C. R.; OLIVEIRA, O. C. de; ALMEIDA, M. M. T. B. **Perfil dos produtores de soja no sul do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2024. 1 folder. (Folder 06/2024, jun. 2024).
- NOGUEIRA, M. A.; PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; LIMA, D. de; CONTE, O.; HARGER, N.; OLIVEIRA, F. T.; HUNGRIA, M. **Ações de transferência de tecnologia em inoculação/coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura da soja na safra 2017/18 no estado do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 16 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 143).
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural - DERAL. **Relatórios de preços**. 2024. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/deral/precos>. Acesso em: 23 set. 2024.
- PINTO, D. B. B. **Sobrevivência de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* em diferentes estratégias de inoculação de soja**. 2021. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- PINTO, D. B. B.; FERREIRA, E.; HENNING, F. A.; AMARAL, H. F.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Recovery of *Bradyrhizobium* cells and effects on the physiological quality of soybean seeds sown in dry soil. **Journal of Seed Science**, v. 45, e202345001, 2023. 11 p. DOI: 10.1590/2317-1545v45259694.
- PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; HUNGRIA, M.; OLIVEIRA, F. T. de; HARGER, N. Transferência de tecnologia sobre inoculação em soja em parceria entre Embrapa e Emater. In: REUNIÃO LATINOAMERICANA DE RIZOBIOLOGIA - RELAR, 27., 2016, Londrina. Fortalecendo as parcerias Sul-Sul: anais. Curitiba: SBCS-NEPAR, 2016. p. 308.
- PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; LIMA, D. de; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M.; HARGER, N.; CONTE, O. **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2018/2019 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 19 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 156).

PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; LIMA, D. de; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M.; CONTE, O. **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2019/2020 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 21 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 166).

PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; LIMA, D. de; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2020/2021 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2022b. 24 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 181).

PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. de; LIMA, D. de; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M.; CARNEVALI, R. A. **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2021/2022 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2022a. 21 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 190).

PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B.; LIMA, D.; CONTE, O.; HARGER, N.; TEIXEIRA, F. T.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Ações de transferência de tecnologia sobre inoculação em soja, em parceria entre EMATER Paraná e Embrapa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8., 2018, Goiânia. **Inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja**: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 77-79.

RONDINA, A. B. L.; SANZOVO, A. W. S.; GUIMARÃES, G. S.; WENDLING, J. R.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Changes in root morphological traits in soybean co-inoculated with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* or treated with *A. brasilense* exudates. **Biology and Fertility of Soils**, v. 56, p. 537-549, 2020. DOI: 10.1007/s00374-020-01453-0.

TELLES, T. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Economic value of biological nitrogen fixation in soybean crops in Brazil. **Environmental Technology & Innovation**, v. 31, 103158, 2023. 11 p. DOI: 10.1016/j.eti.2023.103158.

Embrapa Soja  
Rod. Carlos João Strass, s/n, Acesso Orlando Amaral, Distrito da Warta  
CEP 86065-981 | Caixa Postal 4006 | Londrina, PR  
Fone: (43) 3371 6000  
www.embrapa.br/soja  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Roberta Aparecida Carnevalli*

Secretário-executivo: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Claudine Dinali Santos Seixas, Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Fernando Augusto Henning, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, Leandro Eugênio Cardamone Diniz, Maria Cristina Neves de Oliveira, Mônica Juliani Zavaglia Pereira e Norman Neumaier*

**Circular Técnica 212**

ISSN 2176-2864 | Novembro, 2024

Edição executiva: *Vanessa Fuzinato Dall'Agnol*

Revisão de texto: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Normalização: *Valéria de Fátima Cardoso*  
(CRB-9/1188)

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Marisa Yuri Horikawa*

Publicação digital: PDF

Apoio



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA E  
PECUÁRIA



Todos os direitos reservados à Embrapa.