



COMO ALTERNATIVA A FERTILIZANTES
QUÍMICOS EM GRAMÍNEAS: UMA ANÁLISE
SOBRE ASPECTOS DE INOVAÇÃO DO SETOR

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA
E PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA - MAPA
INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA - IICA
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BIOINOVAÇÃO - ABBI

BIOINSUMOS COMO ALTERNATIVA A FERTILIZANTES QUÍMICOS
EM GRAMÍNEAS: UMA ANÁLISE SOBRE ASPECTOS DE INOVAÇÃO
DO SETOR

BRASÍLIA – DISTRITO FEDERAL – BRASIL
SETEMBRO DE 2024



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA
E PECUÁRIA





MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA - MAPA
CARLOS HENRIQUE BAQUETA FÁVARO

Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Sustentável, Irrigação e Cooperativismo - SDI

Pedro Alves Corrêa Neto

Departamento de Apoio à Inovação para Agropecuária - DIAGRO

Alessandro Cruvinel Fidelis

Coordenação-Geral de Bioeconomia e Recursos Genéticos - CGBRG

Valéria Burmeister Martins

Coordenação de Bioinsumos e Novas Tecnologias - CORBIO

Marcus Vinícius Segurado Coelho

Serviço de Tecnologia e Bioinsumos - SEVBIO

Camila Alves Rodrigues - Edição e Revisão de Texto

Maria Cecília Dias Moraes - Edição e Revisão de Tabelas e Ilustrações

Joaquim Dias Nogueira

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA - IICA

Gabriel Delgado

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BIOINOVAÇÃO - ABBI

Thiago Falda Leite

Luiza Helena da Matta Ribeiro

INSTITUTO SENAI DE INOVAÇÃO EM BIOSINTÉTICOS E FIBRAS - SENAI CETIQT

Leonardo Vieira Teixeira

Fernanda Neumann

Rodrigo Felipe Cano

Luana Beatriz dos Santos Nascimento

Todos os direitos reservados

Direitos autorais de propriedade do MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, proibida a reprodução total ou parcial, sem autorização (Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998).

APRESENTAÇÃO

O presente 'Estudo Estratégico' é fruto de uma parceria entre o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e a Associação Brasileira de Bioinovação (ABBI), com o relevante apoio do Instituto SENAI de Inovação em Biossintéticos e Fibras, do Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil (SENAI-CETIQT) e do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), formalizada no âmbito do projeto: "Modernização da Gestão Estratégica do MAPA para aperfeiçoar as políticas públicas de promoção do desenvolvimento sustentável, segurança alimentar e competitividade do agronegócio" (PCT/BRA/IICA/16/001).

O objetivo do estudo foi analisar, dentro do setor de bioinsumos brasileiros, possíveis alternativas a fertilizantes químicos para gramíneas, identificando, entre outros aspectos, as principais tecnologias consolidadas e inovadoras, com vistas a oferecer subsídios para a implementação de estratégias e políticas públicas destinadas à ampliação, desenvolvimento e adoção do uso de bioinsumos associados à fixação biológica de nitrogênio (N) e solubilização de fósforo (P) e potássio (K) no país. O estudo também buscou apresentar informações que contribuam com o estabelecimento de projetos que visem ou estimulem a redução da dependência nacional por fertilizantes importados e que contribuam para o desenvolvimento de uma agricultura de baixo carbono (redução de emissões de CO² equivalente, incluindo de N²O – óxido nitroso).

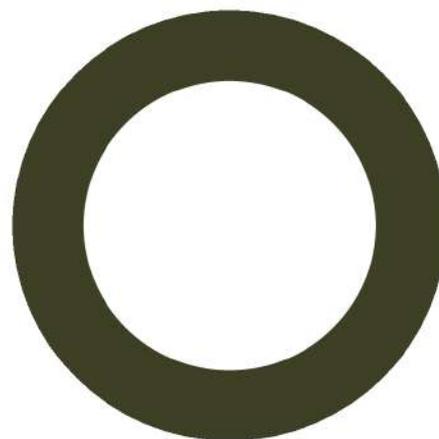
Nesse sentido, foram realizados os seguintes levantamentos: 1) principais bioinsumos produtos (à base de microrganismos) comercializados atualmente no Brasil, com função de fixação de nitrogênio ou solubilização de fósforo (P) e potássio (K) em gramíneas; 2) patentes de bioinsumos de mesma natureza depositadas no país; e 3) artigos científicos publicados por grupos de pesquisa brasileiros e também de mesma natureza.

Como resultados são apresentados: a classificação dos bioinsumos levantados, os principais atores envolvidos, as aplicações e formas de utilização, benefícios, estimativas de redução do uso de fertilizantes nitrogenados (kg/ha) e reduções absolutas na emissão de gases do efeito estufa (em kg de N₂O e CO² equivalente/ha); estas últimas calculadas com base em indicadores do IPCC (2006 e 2014). O documento apresenta, ainda, fichas das principais tecnologias levantadas e uma lista restrita dos bioinsumos de interesse para investimento em desenvolvimento tecnológico, bem como cenários da aplicação de bioinsumos no cultivo de gramíneas e seu potencial de diminuição de emissão de GEE e redução de custos advindos do uso da tecnologia.

Ademais, o documento apresenta, ainda, as principais informações obtidas em eventos de divulgação da pesquisa que originou o presente estudo e, também os resultados de questionários e entrevistas conduzidos com atores da área de bioinsumos (acadêmicos, empresários e produtores rurais), ambas atividades realizadas com o objetivo de validar e complementar os dados levantados durante a pesquisa.

Cumprir destacar que o MAPA coordena desde 2020 a principal política pública de Bioinsumos instituída no Brasil: 'Programa Nacional de Bioinsumos (PNB)' (Decreto nº 10.375/2020) e, desde então, tem trabalhado em conjunto com outros ministérios, agências, empresas, Universidades Federais, Institutos Federais, CNPq, associações, consultores, bolsistas, dentre outras representações do setor, na busca pela ampliação e fortalecimento da produção e utilização de produtos, processos e tecnologias de base biológica no país.

Tendo em vista o aprimoramento contínuo das ações deste Programa, o Ministério espera receber contribuições e/ou sugestões daqueles que fizerem uso deste manuscrito.



LISTA DE ILUSTRAÇÕES GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – PRODUÇÃO MUNDIAL DAS PRINCIPAIS GRAMÍNEAS ALIMENTÍCEAS, SAFRA 2021/2022 (MILHÕES DE TONELADAS).....	09
GRÁFICO 2 – PRINCIPAIS MICRORGANISMOS UTILIZADOS COMO INOCULANTES NOS PRODUTOS ANALISADOS.....	38
GRÁFICO 3 – PRINCIPAIS AÇÕES ATRIBUÍDAS AOS PRODUTOS ANALISADOS.....	41
GRÁFICO 4 – PRINCIPAIS CULTURAS ÀS QUAIS SÃO DESTINADOS OS PRODUTOS ANALISADOS.....	42
GRÁFICO 5 – PRINCIPAIS DEPOSITANTES DE PATENTES RELACIONADAS A BIOINSUMOS NO BRASIL (2018 - 2023).....	53
GRÁFICO 6 – PAÍSES DE ORIGEM DOS DEPOSITANTES DAS PATENTES NO ESCRITÓRIO BRASILEIRO.....	54
GRÁFICO 7 – PRINCIPAIS TECNOLOGIAS COMBINADAS AOS BIOINSUMOS (INOCULANTES, BIOFERTILIZANTES E BIOESTIMULANTES) DESENVOLVIDOS PARA GRAMÍNEAS.....	56
GRÁFICO 8 – VARIEDADE DE GRAMÍNEAS ASSOCIADAS ÀS PATENTES LEVANTADAS.....	59
GRÁFICO 9 – PRINCIPAIS FUNÇÕES ATRIBUÍDAS AOS BIOINSUMOS TRATADOS NOS ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS POR GRUPOS DE PESQUISA BRASILEIROS.....	76
GRÁFICO 10 – PRINCIPAIS ENSAIOS REALIZADOS NOS ESTUDOS (COM BIOINSUMOS EM GRAMÍNEAS) PUBLICADOS POR GRUPOS DE PESQUISA BRASILEIROS.....	80
GRÁFICO 11 – POTENCIAL DE DESCARBONIZAÇÃO (EM REDUÇÃO DE KG CO ² EQUIVALENTE POR HECTARE) A PARTIR DO USO DE BIOINSUMOS (INOCULANTES) ASSOCIADOS À FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO	81
GRÁFICO 12 – CULTURAS TRATADAS COM BIOINSUMOS E MENCIONADAS NAS RESPOSTAS AOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS.....	91
GRÁFICO 13 – PRINCIPAIS MOTIVOS PARA A ESCOLHA DO USO DE BIOINSUMOS NA PRODUÇÃO.....	92
GRÁFICO 14 – PRINCIPAIS FONTES DE INSTRUÇÕES DE USO DE BIOINSUMOS PELOS PRODUTORES.....	93
GRÁFICO 15 – DESAFIOS ENFRENTADOS PELOS PRODUTORES QUANTO AO USO DE BIOINSUMOS.....	94
GRÁFICO 16 – ASPECTOS POSITIVOS RELACIONADOS AO USO DE BIOINSUMOS, RELATADOS DURANTE AS ENTREVISTAS.....	95

FIGURAS

FIGURA 1 – PRODUÇÃO MUNDIAL DE CEREIAS NO ANO DE 2020.....	10
FIGURA 2 – ÁREAS DE PASTAGENS NO TERRITÓRIO BRASILEIRO.....	11
FIGURA 3 – CONCEITOS PROPOSTOS PARA FINS DO PROGRAMA NACIONAL DE BIOINSUMOS (PNB).....	15
FIGURA 4 – ETAPAS DE ELABORAÇÃO DO PRESENTE ESTUDO.....	18
FIGURA 5 – LOGO (A) E PÁGINA INICIAL (B) DO APLICATIVO BIOINSUMOS.....	20
FIGURA 6 – DADOS REFERENTES AOS ORGANISMOS ASSOCIADOS ÀS PATENTES LEVANTADAS.....	55
FIGURA 7 – DEMAIS TECNOLOGIAS COMBINADAS AOS BIOINSUMOS (INOCULANTES, BIOFERTILIZANTES E BIOESTIMULANTES) DESENVOLVIDOS PARA GRAMÍNEAS.....	58
FIGURA 8 – PRINCIPAIS MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE BIOINSUMOS E INFORMAÇÕES SOBRE USO COMBINADO AOS FERTILIZANTES NITROGENADOS.....	60
FIGURA 9 – PRINCIPAIS ÁREAS RELACIONADAS AOS ARTIGOS CIENTÍFICOS LEVANTADOS E TERMOS MAIS RECORRENTES.....	62
FIGURA 10 – PRINCIPAIS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS (ENSINO E/OU PESQUISA) E EMPRESAS PRIVADAS RESPONSÁVEIS PELA PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS NA ÁREA DE BIOINSUMOS.....	63
FIGURA 11 – PRINCIPAIS TIPOS DE BIOINSUMOS (MICROORGANISMOS OU OUTROS) IDENTIFICADOS NOS ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS POR GRUPOS DE PESQUISA BRASILEIROS.....	78
FIGURA 12 – PRINCIPAIS GRAMÍNEAS IDENTIFICADAS NOS ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS POR GRUPOS DE PESQUISA BRASILEIROS.....	79
FIGURA 13 – POTENCIAL DE REDUÇÃO DE FERTILIZANTES MINERAIS E EMISSÃO DE CO ₂ A PARTIR DA ADOÇÃO DE BIOINSUMOS (INOCULANTES) EM PASTAGENS E CANA DE- AÇÚCAR.....	86
FIGURA 14 – NUVEM DE PALAVRAS COM OS NOMES DOS ATIVOS OU PRODUTOS CITADOS PELOS ENTREVISTADOS.....	92
FIGURA 15 – NUVEM DE PALAVRAS COM OS DESAFIOS ENFRENTADOS PELOS PRODUTORES QUANTO AO USO DE BIOINSUMOS.....	95

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PALAVRAS-CHAVE UTILIZADAS NAS BUSCAS DE PATENTES E ARTIGOS CIENTÍFICOS.....	22
TABELA 2 – ESTRATÉGIAS DE BUSCA USADASNA BASE PATBASE.....	23
TABELA 3 – ESTRATÉGIAS DE BUSCA USADASNA BASE DERWENTINNOVATION.....	25
TABELA 4 – ESTRATÉGIA DE BUSCA DE ARTIGOS NAS BASES DE DADOS SCOPUS E WEB OF SCIENCE.....	27
TABELA 5 – BIOINSUMOS COMERCIALIZADOS E/OU REGISTRADOS PELO MAPA.....	33
TABELA 6 – DOCUMENTOS PATENTÁRIOS DEPOSITADOS NO BRASIL SOBRE BIOINSUMOS (INOCULANTES, BIOFERTILIZANTES E BIOESTIMULANTES) EM GRAMÍNEAS, 2018 - 2023.....	43
TABELA 7 – PATENTES PESQUISADAS E DADOS DE REDUÇÃO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS.....	61
TABELA 8 – ARTIGOS CIENTÍFICOS COM FOCO EM BIOINSUMOS (BIOESTIMULANTES, BIOFERTILIZANTES E INOCULANTES) PUBLICADOS POR GRUPOS DE PESQUISA BRASILEIROS.....	64
TABELA 9 – PRINCIPAIS MICRORGANISMOS E OUTRAS TECNOLOGIAS IDENTIFICADOS NOS ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS POR GRUPOS DE PESQUISA BRASILEIROS.....	77
TABELA 10 – CENÁRIOS ATUAL, FUTURO E POTENCIAL RELACIONADOS AO USO DE BIOINSUMOS E CONSEQUENTE REDUÇÃO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS, EMISSÃO DE GEE E CUSTOS.....	83
TABELA 11 – ÁREAS DAS PRINCIPAIS GRAMÍNEAS CULTIVADAS NO BRASIL.....	84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	09
2 METODOLOGIA.....	18
2.1 LEVANTAMENTO DE BIOINSUMOS (PRODUTOS) PARA GRAMÍNEAS (ETAPA 1).....	19
2.2 LEVANTAMENTO DE TECNOLOGIAS INOVADORAS (ETAPAS 2 E 3).....	21
2.2.1 Estratégias de Busca e Análise de Patentes (Etapa 2).....	21
2.2.2 Estratégias de Busca e Análise de Artigos Científicos (Etapa 3).....	26
2.3 SISTEMATIZAÇÃO DOS RESULTADOS.....	28
2.4 INFORMAÇÕES E DADOS COMPLEMENTARES AO ESTUDO.....	30
2.4.1 Levantamento de impressões em eventos de divulgação do estudo.....	30
2.4.2 Questionários.....	31
2.4.3 Entrevistas com atores do setor de bioinsumos.....	31
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
3.1 LEVANTAMENTO DE BIOINSUMOS PARA GRAMÍNEAS (ETAPA 1).....	33
3.2 LEVANTAMENTO DE TECNOLOGIAS INOVADORAS (ETAPAS 2 E 3).....	43
3.2.1 Lista e Análise de Patentes Depositadas no Brasil (Etapa 2).....	43
3.2.2 Análise de Artigos Científicos Publicados por Grupos Brasileiros (Etapa 3).....	61
3.3 CENÁRIOS DE DESCARBONIZAÇÃO E ESTIMATIVAS DE REDUÇÃO DE CUSTOS A PARTIR DA ADOÇÃO DE BIOINSUMOS (PARA GRAMÍNEAS).....	81
3.4 COMPLEMENTAÇÃO AOS DADOS LEVANTADOS.....	88
3.4.1 Percepções levantadas durante eventos de divulgação do estudo.....	88
3.4.2 Análise dos questionários.....	90
3.4.3 Análise das entrevistas.....	96
3.4.4 Principais vantagens e dificuldades relacionadas ao uso de bioinsumos em gramíneas no Brasil.....	108
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	112
5 REFERÊNCIAS.....	113
ANEXO.....	119
APÊNDICES.....	120

LISTA DE SIGLAS

ABBI - Associação Brasileira de Bioinovação

ANPII - Associação Nacional de Produtores e Importadores de Inoculantes

CGEN - Conselho de Gestão do Patrimônio Genético

CTNBio - Comissão Técnica Nacional de Biossegurança

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (em inglês, Food and Agriculture Organization)

INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (em inglês, Intergovernmental Panel on Climate Change)

ISI - Instituto SENAI de Inovação

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária

PGPB - Bactérias promotoras de crescimento de plantas (em inglês, Plant Growth-Promoting Bacteria)

RNAi - RNAinterferente

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

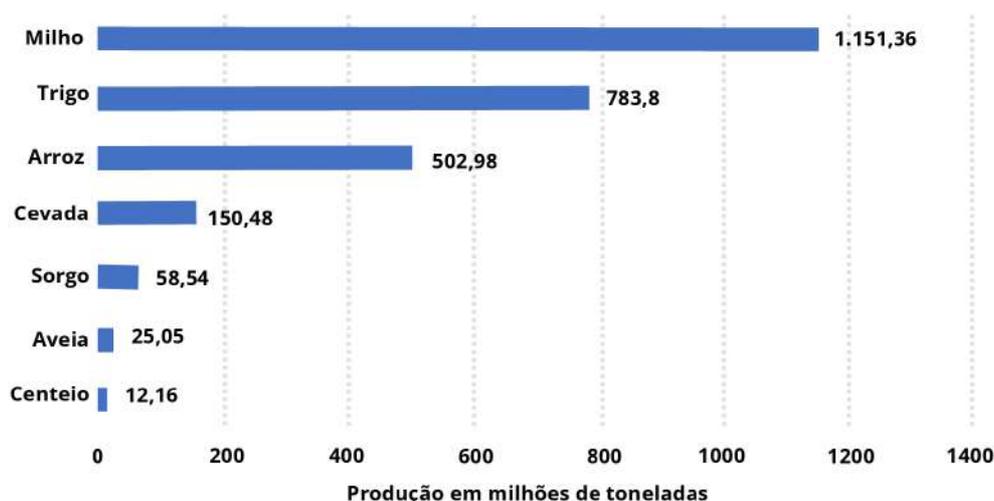
SPSABC - Sistemas, práticas, produtos e processos de produção sustentáveis

1. INTRODUÇÃO

As gramíneas compreendem diferentes espécies vegetais pertencentes à família botânica *Poaceae* (anteriormente Gramineae), que são comumente utilizadas na alimentação humana ao redor do mundo, tais como milho (*Zea mays*), trigo (*Triticum sp.*), arroz (*Oryza sativa*), cevada (*Hordeum vulgare*), e outras espécies genericamente conhecidas como cereais, bem como espécies que compõem pastos, sejam estas forrageiras locais ou introduzidas (AWIKA, 2011). Compõem ainda este grupo, espécies aplicadas à geração de energia, como por exemplo, a cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*).

A principal aplicação mundial dos representantes da família *Poaceae* consiste na alimentação humana e animal, com mais de 80% das terras cultivadas no mundo estando cobertas por gramíneas (BOVAL; DIXON, 2012). De fato, as três culturas alimentares mais produzidas em escala global são: arroz, trigo e milho (GRÁFICO 1), que contribuem com mais da metade de todas as calorias consumidas pela humanidade. Além disso, grande parte da produção de gramíneas destina-se a alimentação animal, contribuindo para a nutrição humana de maneira indireta.

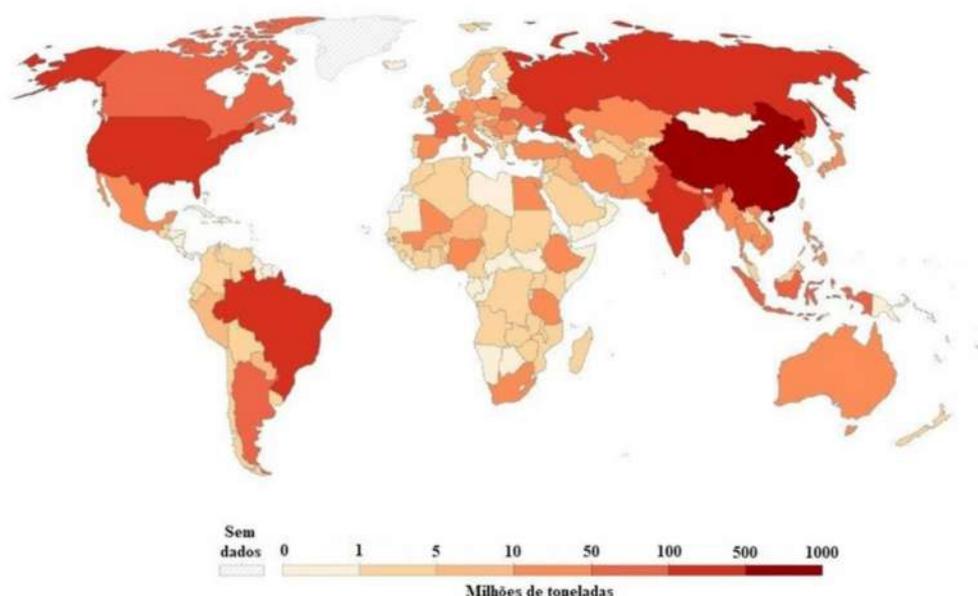
GRÁFICO 1 – PRODUÇÃO MUNDIAL DAS PRINCIPAIS GRAMÍNEAS ALIMENTÍCIAS, SAFRA 2021/2022 (MILHÕES DE TONELADAS)



FONTE: Adaptado de Statista. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/263977/world-grain-production-by-type/>> Acesso em: abr. 2023.

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de cereais (FIGURA 1) e segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o país é o terceiro maior produtor mundial de milho, com exportações que ultrapassaram 45 milhões de toneladas no ano de 2022 (CONAB, 2023). As projeções da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), indicam ainda que o Brasil alcançará a segunda posição até 2030 (FAO, 2021). Trigo e arroz são também importantes gramíneas no país, com produtividade média de 10 milhões de toneladas obtida no último ano (CONAB, 2023).

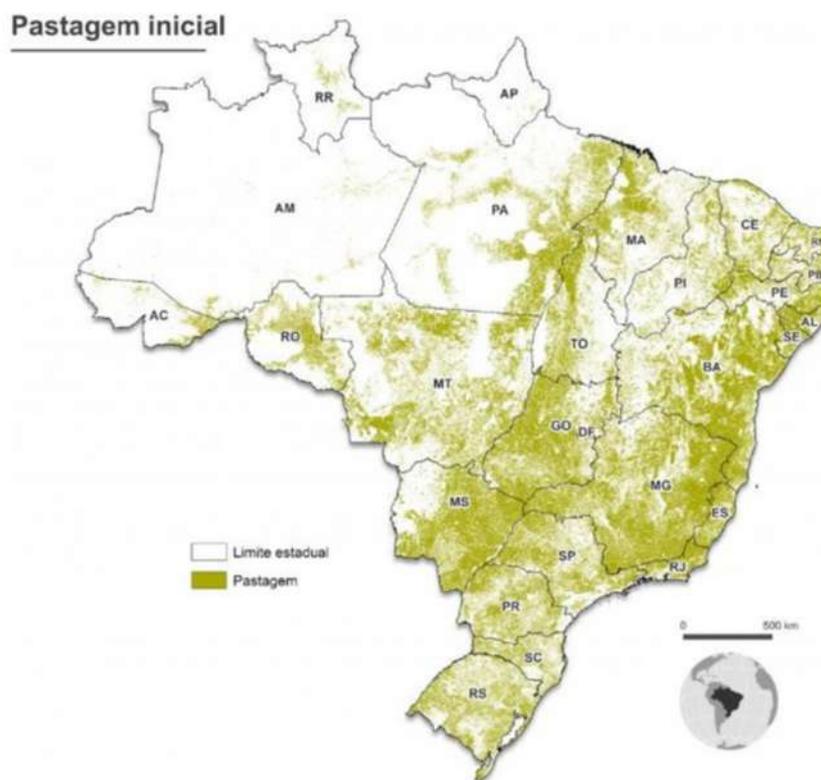
FIGURA 1 – PRODUÇÃO MUNDIAL DE CEREAIS NO ANO DE 2020



FONTE: Adaptado de OWID e FAO. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/grapher/cereal-production>> Acesso em: abr. 2024.

As gramíneas, também conhecidas popularmente como pastagens, são importantes para a agropecuária brasileira (GUIMARÃES et al., 2022) e, além daquelas naturais, presentes em grande parte do território nacional (FIGURA 2), milhões de hectares são semeados com as chamadas forrageiras, visando a formação de pastos, destacando-se, para tal, espécies introduzidas da África, como as pertencentes aos gêneros *Brachiaria* (syn. *Urochloa*), *Panicum* (syn. *Megathyrsus*) e *Andropogon* (EMBRAPA, 2013).

FIGURA 2 – ÁREAS DE PASTAGENS NO TERRITÓRIO BRASILEIRO



FONTE: CSR/UFMG, 2020. Disponível em: <<https://csr.ufmg.br/brasilpec/pastagem/>> Acesso em: abr. 2023.

Considerando-se a importância das gramíneas para o setor agropecuário brasileiro e, conseqüentemente, para a economia nacional, o aumento da produção de cereais e pastagens no país, bem como a melhoria da qualidade de produção são de extrema importância, sobretudo quando se analisa o aumento populacional e a maior demanda por alimentos, sejam eles grãos, carnes ou laticínios. Nesse sentido, o uso de tecnologias diversas, incluindo aquelas relacionadas ao manejo de culturas, ao uso de sementes de qualidade genética, bem como à correção e fertilização do solo, se tornam essenciais para aumento de produtividade (MAURI et al., 2022). Nesse contexto, o uso de fertilizantes ganha destaque, uma vez que sua comercialização representa um mercado global bilionário. De acordo com a análise realizada (amostra grátis) pela empresa Mordor Intelligence (2024), o mercado de fertilizantes para 2024 é estimado em US\$ 381,7 bilhões, com previsão de crescimento de cerca de 5,99% para o período compreendido entre 2024 e 2030 (MORDOR INTELLIGENCE, 2024).

Segundo a legislação brasileira, um fertilizante é definido como “substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes vegetais”¹. Desse modo, macronutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), bem como outros macros e micronutrientes necessários ao bom desenvolvimento da planta, compõem os fertilizantes. A maioria dos fertilizantes usados no Brasil e no mundo são de origem mineral, sendo os principais a ureia, os sulfatos e os nitratos de amônia, alguns compostos fosfatados, sulfato e cloreto de potássio. No que se refere à quantidade, o potássio é o principal nutriente utilizado no Brasil (38%), seguido por fósforo (33%), e nitrogênio (29%) (BRASIL, 2022).

Mais de 70% das aplicações de fertilizantes no ano de 2020 ocorreram em cultivos de soja, milho e cana-de-açúcar (BRASIL, 2022), culturas que configuram as principais commodities do país. Especialmente em pastagens, o uso de fertilizantes se configura como uma estratégia de manejo essencial, inclusive ao aumento de produtividade do gado (BRASIL, 2021).

Em contrapartida, o uso de fertilizantes é responsável pelo aumento dos custos de produção. Para o cultivo de milho, por exemplo, os gastos com esses insumos representam cerca de 30% ou mais do custo total (MAURI et al., 2022).

Além do impacto financeiro, é necessário considerar o impacto ambiental causado pela obtenção e uso de fertilizantes minerais, que estão ligados, dentre outros, às reservas finitas dos nutrientes, à emissão de gases de efeito estufa (GEE) e ao gasto energético envolvido no processo. De acordo com Rockström et al. (2009); Kumar & Kumar (2024), a agricultura moderna, apesar de essencial para a alimentação global, é um dos maiores contribuintes da poluição ambiental, desequilíbrios ecológicos e mudanças climáticas. Logo, os fertilizantes são responsáveis por cerca de 2,5% do total de emissões de GEE, resultantes do processo de síntese, processamento e transporte, bem como de reações no solo depois da aplicação.

Problemas ambientais como eutrofização de corpos d’água e aumento das emissões de óxido nitroso (N²O) e dióxido de carbono (CO²), são algumas das consequências do uso intenso de fertilizantes minerais (ROCKSTRÖM et al., 2009). Apenas no Brasil, no ano de 2021, as emissões de N₂O provenientes de fertilizantes

¹ Alínea a, Art. 3º da Lei nº 6.894/1980, que dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura.

nitrogenados somaram cerca de 37,5 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (ORTIZ, 2023).

É importante destacar também que grande parte dos nutrientes aplicados é perdida, fato que pode ser explicado em parte à inadequação tecnológica e de uso, o que acarreta baixa eficiência do uso desses insumos na agricultura (BRASIL, 2021). Em se tratando de gramíneas e outras culturas que não possuem fixação biológica de nitrogênio (FBN) por meio de bactérias formadoras de nódulos, como aquelas típicas de leguminosas (p.e. soja), parte do fertilizante nitrogenado aplicado pode ainda ser perdida via lixiviação no solo ou como N₂O diretamente para a atmosfera. Esse fenômeno tem expressividade variável, indo de 1% a 15%, ou mesmo atingindo mais de 50% do nitrogênio aplicado. Assim, aspectos relacionados à obtenção e ao uso sustentável de fertilizantes urgem dos sistemas de produção, aplicação e aproveitamento (BRASIL, 2022b).

Ainda em relação ao uso de fertilizantes no Brasil, destaca-se a grande dependência do mercado externo, já que atualmente o país é o quarto colocado em consumo global, ficando atrás apenas de China, Índia e Estados Unidos. Em resumo, mais de 80% dos fertilizantes utilizados em território brasileiro são de origem estrangeira (FARIAS et al., 2021), principalmente provenientes da Rússia, Canadá, Bielorrússia, China, Israel, Marrocos, Argélia, Egito, Alemanha e Estados Unidos (BRASIL, 2021). A dependência, aliada aos preços variáveis do dólar e inconstância do mercado internacional, denotam a importância do avanço do mercado nacional, afim de diminuir a vulnerabilidade do país às variações do mercado externo, o que, em última instância, poderia significar crises de desabastecimento.

À vista disso, o governo brasileiro tem estabelecido diversas ações para expandir a produção nacional de fertilizantes, sobretudo de forma mais sustentável, incluindo-se autorizações de pesquisa e mineração para fosfato e potássio e expansão da produção de amônia a partir do gás natural (FARIAS et al., 2021). O Plano Nacional de Fertilizantes 2050, por exemplo, visa “fortalecer políticas de incremento da competitividade da produção e da distribuição de fertilizantes no Brasil de forma sustentável”. Neste, a produção interna de fertilizantes é estimulada, tendo ciência, tecnologia, inovação e sustentabilidade como planos de fundo, e centrando-se não apenas em fertilizantes minerais, mas em cadeias emergentes, o que inclui, dentre outros, bioinsumos, biomoléculas e bioprocessos (BRASIL, 2021).

² Art. 1º, Parágrafo Único Decreto 10.605, 22/01/2021.

Neste cenário, cumpre registrar o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB), o qual tem como objetivo estimular o uso de insumos de base biológica e atender à crescente demanda do setor produtivo e da sociedade por alternativas mais sustentáveis aos sistemas agropecuários (BRASIL, 2020). Em última instância, essas ações têm ainda relação com as tendências modernas de agricultura regenerativa (CROPLIFE BRASIL, 2019c), bem como com o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, o Plano ABC (BRASIL, 2023). No contexto do Plano ABC+, os “bioinsumos” passam a compor um dos sistemas, práticas, produtos e processos de produção sustentáveis (SPSABC) do plano, reiterando a importância de tal tecnologia no país (BRASIL, 2023).

Para os fins do Programa Nacional de Bioinsumos (BRASIL, 2020), bioinsumo é definido como:

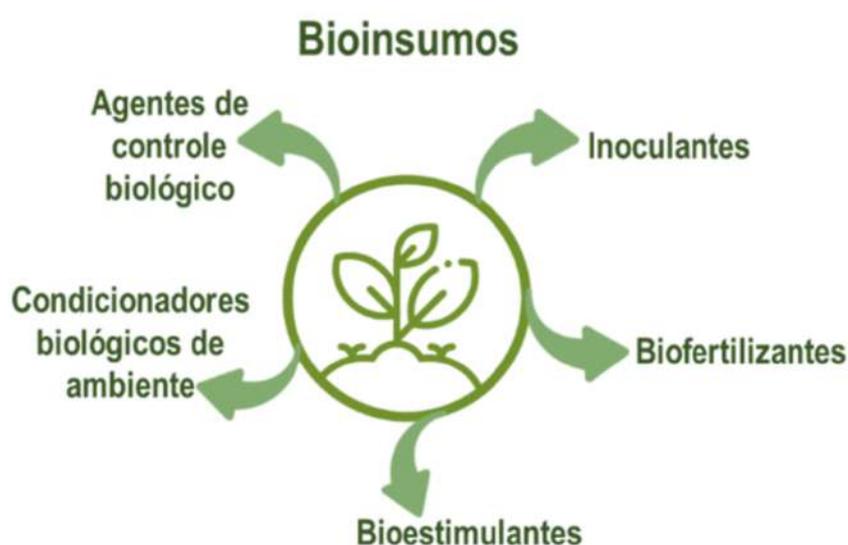
“todo produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinados ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção agrícolas, pecuários, aquícolas e florestais, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas, que interagem com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos”³.

Com base no anterior, os bioinsumos podem ser compreendidos não apenas como produtos utilizados para combater pragas e/ou doenças, mas também como aqueles destinados a aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, estimular o crescimento vegetal e melhorar a fertilidade do solo, incluindo bioestimulantes, biofertilizantes, condicionadores biológicos de ambientes e inoculantes microbianos (AIRES, 2022) (FIGURA 3). Estes insumos biológicos consistem em tecnologias verdes de alta eficiência, de menor custo e toxicidade ambiental, além de grande potencial para produção interna, contribuindo para o desenvolvimento da agricultura sustentável e do mercado agropecuário do país (REDAÇÃO AGRISHOW, 2023).

³ Art. 2º Decreto 10.375, de 26/05/2020.

O Brasil representa um mercado de destaque no que diz respeito aos bioinsumos agrícolas. O setor de formulação biológica do país é um dos que mais se desenvolve na agricultura moderna, com mais de mil insumos biológicos registrados (segundo dados do aplicativo “Bioinsumos”) para as mais diversas culturas, metade dos quais inoculantes. O grande potencial de desenvolvimento e aplicação desses produtos no país têm atraído a atenção de empresas fabricantes e distribuidoras de todo o mundo, que têm expandido o uso, as pesquisas de novos produtos, as aplicações e as tecnologias no mercado brasileiro (YUAN, 2023). Atualmente, cerca de dez milhões de hectares de áreas cultivadas no país recebem algum tipo de bioinsumo para controle biológico de pragas e 40 milhões de hectares são cultivados com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BRASIL, 2020). No ano de 2021, os bioinsumos utilizados no país movimentaram cerca de três bilhões de reais, sendo 78% deste valor relacionado ao uso de bionematicidas, bioinseticidas e biofungicidas, enquanto 22% foram relativos ao uso de inoculantes para melhora de crescimento (ANPII, 2023).

FIGURA 3 – CONCEITOS PROPOSTOS PARA FINS DO PROGRAMA NACIONAL DE BIOINSUMOS (PNB)



FONTE: MAPA, 2024. Adaptado de Programa Nacional de Bioinsumos. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos>> Acesso em: abr. 2023.

Dessa maneira, percebe-se um crescimento significativo no uso de bioinsumos no país, em particular inoculantes contendo microrganismos que promovem a fixação biológica de N (no caso de leguminosas), o crescimento e desenvolvimento

⁴ Software lançado no ano de 2020, desenvolvido pela Embrapa Agricultura Digital. Acesso em dezembro de 2023.

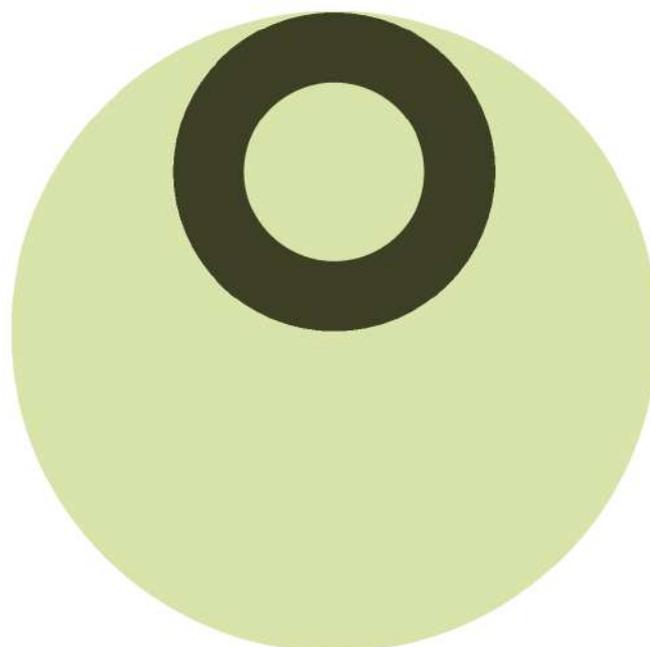
de plantas, ou maior solubilização de P e K (HUNGRIA et al., 2022; SANTOS; NOGUEIRA; HUNGRIA, 2019). Com destaque para o uso de inoculantes em soja, bem como as aplicações de insumos para a substituição parcial e consequente diminuição de fertilizantes para o cultivo de outros grãos, cana e pastagens, que também tem sido uma realidade no país. Alguns exemplos são microrganismos para aumento da fixação de nitrogênio em milho, trigo, arroz e pastagens, principalmente do gênero *Azospirillum sp.* Duas cepas de *Azospirillum brasilense*, Ab-V5 e Ab-V6, são as mais utilizadas como inoculantes comerciais no Brasil, sendo aplicadas desde 2009 e representando um mercado de mais de dez milhões de doses anualmente (HUNGRIA et al., 2022; SANTOS; NOGUEIRA; HUNGRIA, 2019). Ademais, bactérias promotoras de crescimento e ligadas à solubilização de nutrientes, como as do gênero *Bacillus* e *Pseudomonas*, além do fungo *Trichoderma sp.*, são também utilizados, apesar deste último ser mais aplicado como agente de controle biológico (DI BENEDETTO et al., 2017; SUN et al., 2020).

Segundo dados da Associação Nacional de Produtores e Importadores de Inoculantes (ANPII), o setor de inoculantes biológicos tem apresentado média de crescimento acima de 14% ao ano, sendo que a cultura da soja lidera a utilização com 77%, seguida pela cultura do milho (16%) e cana-de-açúcar (2%) ao ano (ANPII, 2024). De acordo com o que consta no “Plano Nacional de Fertilizantes 2050”, existe a necessidade de expansão do uso de bioinsumos e tecnologias relacionadas à fixação biológica de nitrogênio e ao aumento da eficiência e solubilização de outros nutrientes para outras culturas, além da soja (BRASIL, 2021). Espera-se, neste sentido, um aumento acentuado do uso e oferta de novos produtos, com as maiores novidades a médio prazo, contando com consórcios microbianos mais complexos (BRASIL, 2021).

Outro aspecto a ser mencionado é a recuperação de pastagens degradadas com o apoio advindo do uso de bioinsumos, permitindo otimizar processos microbianos e a ciclagem de nutrientes (BURAK et al., 2021). De fato, estima-se que cerca de 49% dos ecossistemas de pastagem estão sob algum nível de degradação (GUIMARÃES et al., 2022), e o uso de bioinsumos torna-se uma alternativa promissora na recuperação das mesmas. Entretanto, assim como ocorre para outras gramíneas, há lacunas de conhecimento para permitir o uso mais difundido dos insumos de base biológica em diferentes variedades de forragens e

sob condições adversas, que podem gerar respostas inconsistentes à aplicação dos mesmos (BURAK et al., 2021). Considerando o exposto acima, o conhecimento sobre o uso e as possibilidades da aplicação de bioinsumos na agropecuária brasileira necessita de expansão, a fim de que o país prossiga na vanguarda do emprego dessas tecnologias.

O objetivo do estudo foi analisar, dentro do setor de bioinsumos brasileiros, possíveis alternativas a fertilizantes químicos para gramíneas, identificando, entre outros aspectos, as principais tecnologias consolidadas e inovadoras, com vistas a oferecer subsídios para a implementação de estratégias e políticas públicas destinadas à ampliação, desenvolvimento e adoção do uso de bioinsumos associados à fixação biológica de nitrogênio (N) e solubilização de fósforo (P) e potássio (K) no país. O estudo também buscou apresentar informações que contribuam com o estabelecimento de projetos que visem ou estimulem a redução da dependência nacional por fertilizantes importados e que contribuam para o desenvolvimento de uma agricultura de baixo carbono (redução de emissões de CO² equivalente, incluindo de N²O – óxido nitroso).

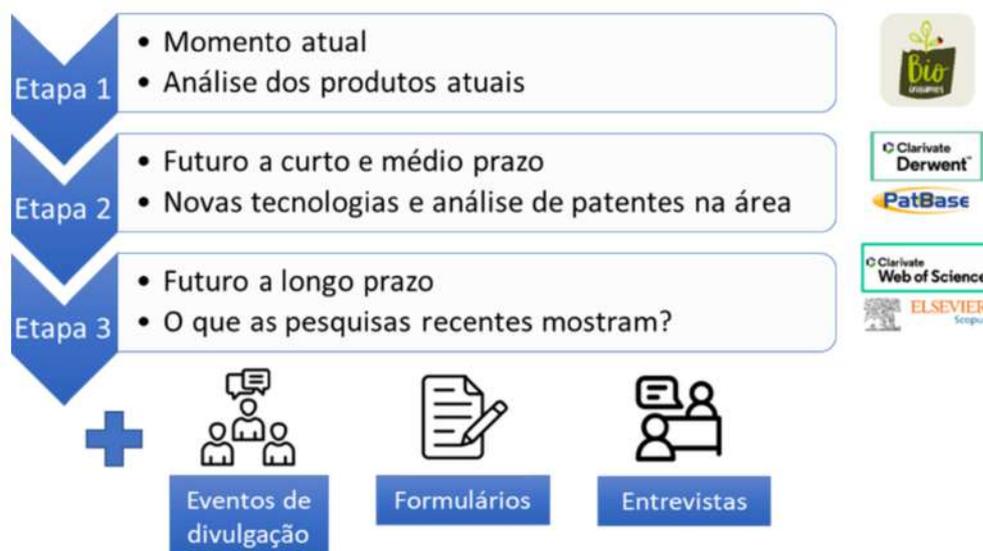


2. METODOLOGIA

A estratégia para a elaboração da análise do mercado de bioinsumos, com ênfase em alternativa à fertilizantes químicos para gramíneas e seu potencial para redução de emissões de GEE, se baseou em etapas distintas, esquematicamente apresentadas na FIGURA 4 e descritas nos subitens a seguir. Além das etapas conduzidas para o levantamento de dados de mercado interno, patentes depositadas no país e artigos científicos publicados por autores brasileiros, foram levantadas as opiniões de diferentes atores do setor de bioinsumos no Brasil, por meio de formulários e entrevistas.

Após o levantamento dos dados, em cada uma das etapas, foram realizadas análise se elaborados gráficos, figuras e tabelas com os resultados do detalhamento das tecnologias identificadas. Com relação às entrevistas, foram descritas, detalhadas e discutidas as respostas apresentadas pelos entrevistados

FIGURA 4 – ETAPAS DE ELABORAÇÃO DO PRESENTE ESTUDO



Antes de apresentar cada etapa desenvolvida, cumpre-se necessário detalhar as premissas consideradas neste estudo. Sabendo-se que a definição de bioinsumos é ampla e o estudo tem como foco insumos biológicos alternativos à fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos em gramíneas, foram consideradas para a busca as seguintes categorias: inoculantes, biofertilizantes e bioestimulantes.

Não foram considerados ou utilizados: condicionadores biológicos de ambiente ou agentes biológicos de controle (controladores de pragas e bio defensivos).

Dentre as categorias de bioinsumos aqui consideradas, as seguintes definições são apresentadas, de acordo com os conceitos propostos para fins do Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) (BRASIL, 2020):

- **Inoculante:** “produto, processo ou tecnologia que contém microrganismos com atuação favorável ao desenvolvimento de plantas”;
- **Biofertilizante:** “produto que contém componentes ativos ou substâncias orgânicas, obtido de microrganismos ou a partir da atividade destes, bem como seus derivados de origem vegetal e animal, capaz de atuar direta ou indiretamente sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, no aumento de sua produtividade ou na melhoria de sua qualidade, incluídos os processos e tecnologias derivados desta definição”;
- **Bioestimulante:** “produto que contém substância natural com diferentes composições, concentrações e proporções, que pode ser aplicado diretamente nas plantas, nas sementes e no solo, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade de sementes, estimular o desenvolvimento radicular, favorecer o equilíbrio hormonal da planta e a germinação mais rápida e uniforme, interferir no desenvolvimento vegetal, estimular a divisão, a diferenciação e o alongamento celular, incluídos os processos e as tecnologias derivados do bioestimulante”.

2.1 LEVANTAMENTO DE BIOINSUMOS (PRODUTOS) PARA GRAMÍNEAS (ETAPA 1)

A etapa inicial de identificação de tecnologias consolidadas, envolveu primeiramente a busca ativa por artigos e notícias de mídia publicados em veículos especializados sobre o uso de bioinsumos para fixação de nitrogênio e solubilização de fósforo e potássio em gramíneas no país.

Em seguida, realizou-se um levantamento dos produtos já disponíveis no mercado brasileiro ou em vias de liberação, por meio de consultas aos sites de diferentes empresas produtoras, totalizando 38 e ao aplicativo “Bioinsumos” (FIGURA 5), do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), desenvolvido em parceria com a Embrapa Agricultura Digital, no âmbito do Programa Nacional de Bioinsumos (PNB).

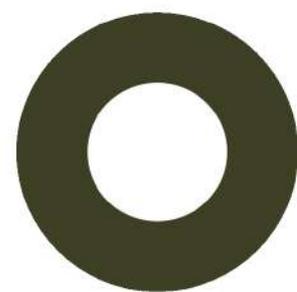


FIGURA 5 – LOGO (A) E PÁGINA INICIAL (B) DO APLICATIVO BIOINSUMOS



FONTE: MAPA, 2024. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=br.embrapa.bioinsumos>> e <<https://apps.apple.com/br/app/aplicativo-bioinsumos/id1511601228>> Acesso em: ago. 2024.

Segundo informações do próprio desenvolvedor, “*este aplicativo é resultado do Programa Bioinsumos do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), que busca consolidar um Catálogo Nacional de Bioinsumos para facilitar e promover o acesso à informação sobre os produtos disponíveis para uso e onde encontra-los*” (EMBRAPA, 2020). O aplicativo apresenta uma lista de bioinsumos para duas categorias: “Controle de pragas” e “Inoculantes”. Neste estudo, apenas os **inoculantes** foram pesquisados.

As buscas nos sites de empresas e no referido aplicativo foram realizadas no período compreendido entre 3/3/2023 e 17/3/2023, sendo considerados apenas os produtos desenvolvidos e/ou comercializados para gramíneas (milho, trigo, arroz, cana-de-açúcar, braquiária e outras pastagens, ou ainda gramíneas não especificadas). Nesta etapa do estudo, a última atualização do aplicativo datava de 23/01/2023, com 555 registros de inoculantes. No entanto, este número foi atualizado pela Coordenação de Bioinsumos e Novas Tecnologias (CORBIO/MAPA), em 29/08/2024 (700 registros de produtos inoculantes), conforme FIGURA 4.

As pesquisas conduzidas em sites de fabricantes tiveram como foco empresas conhecidas do ramo do agronegócio, além de dados fornecidos por produtores e especialistas durante eventos de divulgação do estudo.

A partir das buscas, foram compilados dados sobre os produtos, incluindo sempre que possível, **o nome das empresas, os nomes comerciais** bem como **detalhes dos produtos, número de registro no MAPA, o tipo de gramínea** à qual o produto é indicado, **potencial de redução de fertilizante nitrogenado**, entre outros.

2.2 LEVANTAMENTO DE TECNOLOGIAS INOVADORAS (ETAPAS 2 E 3)

2.2.1 Estratégias de Busca e Análise de Patentes (Etapa 2)

Com a finalidade de avaliar as tecnologias inovadoras do setor de bioinsumos como alternativa a fertilizantes químicos para gramíneas no país, foram utilizados os dados dos documentos de patentes extraídos das bases de dados PatBase® (Minesoft®) e Derwent Innovation® (Clarivate®), depositados no Brasil, com datas de prioridade do período entre 2018 e 2023, e com Classificação Internacional de Patentes (IPC) do setor de fertilizantes (C05), agricultura (A01) ou microbiologia (C12).

Dessa maneira, ao realizar uma busca mais ampla dos documentos depositados no país, as diferentes palavras-chave foram sistematizadas (TABELA 1) e ressaltou-se que esses termos foram também aplicados durante as buscas por artigos científicos (item 2.2.2). A escolha das palavras-chave utilizadas baseou-se no levantamento inicial dos bioinsumos (item 2.1).

TABELA 1 – PALAVRAS-CHAVE UTILIZADAS NAS BUSCAS DE PATENTES E ARTIGOS CIENTÍFICOS

OBJETO DE BUSCA	PALAVRAS-CHAVE*
Bioinsumos	Inoculantes, inoculantes microbianos, biofertilizantes, fertilizantes microbianos, bioestimulantes, fitoestimulantes
Microrganismos	<i>Azospirillum</i> , <i>Azotobacter</i> , <i>Cyanobacteria</i> , <i>Azolla</i> , Alga, <i>Bacillus</i> , <i>Gluconacetobacter</i> , bactéria diazotrófica, <i>Bejerinkia</i> , <i>Pseudomonas</i> , micorriza arbuscular, <i>Clostridium</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Sclerotium</i> , bactéria promotora de crescimento, microorganismo promotor de crescimento, bactéria solubilizadora de fosfato/potássio, microorganismo solubilizador de fosfato/potássio
Gramíneas	Trigo, milho, arroz, cevada, sorgo, cana-de-açúcar, aveia, centeio, cereal, gramínea, não-leguminosa, grão, <i>Brachiaria</i> , <i>Panicum</i> , <i>Andropogon</i>
Fixação e solubilização	Nitrogênio, fósforo, potássio

O levantamento de patentes ocorreu entre os dias 27 de fevereiro e 2 de março de 2023, usando estratégias detalhadas nas tabelas abaixo (TABELA 2 e TABELA 3), baseadas nas palavras-chave listadas na TABELA 1. Em ambas as bases de dados, seguiu-se as regras de operadores booleanos e símbolos de truncagem de cada base. As buscas foram realizadas no título, resumo e reivindicações (TAC) e/ou apenas nas reivindicações (CL), para um melhor direcionamento da busca da tecnologia. Para o caso da base Derwent Innovation®, a ferramenta “*Smart Search*” (SSTO) foi também empregada em uma das estratégias. Segundo os desenvolvedores, a ferramenta consiste em “uma ferramenta de pesquisa semântica que dá resultados significativos a partir de termos simples de busca” (livre tradução).

TABELA 2 – ESTRATÉGIAS DE BUSCA USADAS NA BASE PATBASE

BUSCAS	ESTRATÉGIAS DE BUSCA	Nº DE DOCUMENTOS ENCONTRADOS
1	SPUB=(ATAC=(((BIOSTIMUL* OR bio_estimul* OR "MICROBIAL INOCUL*" OR "inoculantes microbianos" OR INOCUL* OR BIO_INOCUL* OR BIO_FERTILIZ* OR PHYTO_STIMUL* OR fito_estimulantes OR "MICROBIAL FERTILIZ*" OR "fertilizantes microbianos"))) AND (((wheat OR trigo) OR (maize OR milho) OR (rice OR arroz) OR (cevada OR barley) OR (sorghum OR sorgo) OR (cana_de_açúcar OR cana OR sugarcane) OR (aveia OR oat) OR (centeio OR rye) OR Brachiaria OR Panicum OR Andropogon)))) and PRD>=2018 and CC=(BR) and SC=(A01))	23
2	SPUB=(ACL=(((BIOSTIMUL* OR bio_estimul* OR "MICROBIAL INOCUL*" OR "inoculantes microbianos" OR INOCUL* OR BIO_INOCUL* OR BIO_FERTILIZ* OR PHYTO_STIMUL* OR fito_estimulantes OR "MICROBIAL FERTILIZ*" OR "fertilizantes microbianos"))) AND (((wheat OR trigo) OR (maize OR milho) OR (rice OR arroz) OR (cevada OR barley) OR (sorghum OR sorgo) OR (cana_de_açúcar OR cana OR sugarcane) OR (aveia OR oat) OR (centeio OR rye) OR Brachiaria OR Panicum OR Andropogon)))) and PRD>=2018 and CC=(BR) and SC=(A01))	16
3	SPUB=(ACL=((bio_stimul* OR bio_estimul* OR "microbial inocul*" OR "inocul* microbial*" OR inocul* OR bio_inocul* OR bio_fertiliz* OR phyto_stimul* OR fito_estimul* OR "microbial fertiliz*" OR "ertile* microbial*") AND (Azospirillum OR Azotobacter OR Cyanobacteria OR Azolla OR Bacillus OR Gluonacetobacter OR diazotroph* OR Bejerinkia OR Pseudomonas OR Arbuscular mycorrhizal OR Clostridium OR Klebsiella OR Anabaena OR Nostoc OR Aspergillus OR Fusarium OR Penicillium OR Sclerotium OR "growth promoting bacteria" OR "growth promoting bacteria" OR "growth promoting microorganism*" OR "bacteria* promotora* de crescimento" OR "phosphate solubilization bacteria" OR "potassium solubilization bacteria" OR "Phosphorus solubilizing microorganisms" OR "potassium-solubilizing microorganisms") AND (wheat OR trigo OR maize OR milho OR rice OR arroz OR cevada OR barley OR sorghum OR sorgo OR cana_de_açúcar OR cana OR sugarcane OR aveia OR oat OR centeio OR rye OR Brachiaria OR Panicum OR Andropogon OR cereal* OR grass* OR gramin* OR non-leguminous)) and PRD>=2018 and CC=(BR) and SC=(A01 OR C12))	60

TABELA 3 – ESTRATÉGIAS DE BUSCA USADAS NA BASE DERWENT INNOVATION

BUSCAS	ESTRATÉGIAS DE BUSCA	Nº DE DOCUMENTOS ENCONTRADOS
1	<p>CL=(bio_stimul* OR bio_estimul* OR "microbial inoculant" OR "inocule microbiano" OR inocul* OR bio_inocul* OR bio_fertiliz* OR phyto_stimul* OR fito_estimul* OR "microbial fertilizer" OR "fertilizante microbiano") AND CL=(Azospirillum OR Azotobacter OR Cyanobacteria OR Azolla OR Bacillus OR Gluconacetobacter OR diazotroph* OR Bejerinkia OR Pseudomonas OR Arbuscular ADJ mycorrhizal OR Clostridium OR Klebsiella OR Anabaena OR Nostoc OR Aspergillus OR Fusarium OR Penicillium OR Sclerotium OR "growth promoting bacteria" OR "growth promoting bacteria" OR "growth promoting microorganism*" OR "bacteria promotora de crescimento" OR "phosphate solubilization bacteria" OR "potassium solubilization bacteria" OR "Phosphorus solubilizing microorganisms" OR "potassium-solubilizing microorganisms") AND CL=(wheat OR trigo OR maize OR milho OR rice OR arroz OR cevada OR barley OR sorghum OR sorgo OR cana_de_acúcar OR cana OR sugarcane OR aveia OR oat OR centeio OR rye OR Brachiaria OR Panicum OR Andropogon OR cereal* OR grass* OR gramin* OR non-leguminous) AND AC=(BR) AND ACP=(A01 OR C05 OR C12) AND PRDS>=(20180101)</p>	46
2	<p>SSTO=bio_stimul* OR bio_estimul* OR "microbial inoculant" OR "inoculante microbiano" OR inocul* OR bio_inocul* OR bio_fertiliz* OR phyto_stimul* OR fito_estimul* OR "microbial fertilizer" OR "fertilizante microbiano") AND SSTO=(Azospirillum OR Azotobacter OR Cyanobacteria OR Azolla OR Bacillus OR Gluconacetobacter OR diazotroph* OR Bejerinkia OR Pseudomonas OR Arbuscular ADJ mycorrhizal OR Clostridium OR Klebsiella OR Anabaena OR Nostoc OR Aspergillus OR Fusarium OR Penicillium OR Sclerotium OR "growth promoting bacteria" OR "growth promoting bacteria" OR "growth promoting microorganism" OR "bacteria promotora de crescimento" OR "phosphate solubilization bacteria" OR "potassium solubilization bacteria" OR "Phosphorus solubilizing microorganisms" OR "potassium-solubilizing microorganisms") AND SSTO=(wheat OR trigo OR maize OR milho OR rice OR arroz OR cevada OR barley OR sorghum OR sorgo OR cana_de_acúcar OR cana OR sugarcane OR aveia OR oat OR centeio OR rye OR Brachiaria OR Panicum OR Andropogon OR cereal* OR grass* OR gramin* OR non-leguminous) AND AC=(BR) AND ACP=(A01 OR C12 OR C05) AND PRDS>=(20180101)</p>	48

BUSCAS	ESTRATÉGIAS DE BUSCA	Nº DE DOCUMENTOS ENCONTRADOS
3	<p>CL=(bio_stimul* OR bio_estimul* OR "microbial inoculant" OR "inoculante microbiano" OR inocul* OR bio_inocul* OR bio_fertiliz* OR phyto_stimul* OR fito_estimul* OR "microbial fertilizer" OR "fertilizante microbiano") AND CL=(wheat OR trigo OR maize OR milho OR rice OR arroz OR cevada OR barley OR sorghum OR sorgo OR cana_de_acúcar OR cana OR sugarcane OR aveia OR oat OR centeio OR rye OR Brachiaria OR Panicum OR Andropogon OR cereal* OR grass* OR gramin* OR non-leguminous) AND AC=(BR) AND ACP=(A01 OR C12) AND PRDS>= (20180101) NOT CL (Azospirillum OR Azotobacter OR Cyanobacteria OR Azolla OR Bacillus OR Gluconacetobacter OR diazotroph* OR Bejerinkia OR Pseudomonas OR Arbuscular ADJ mycorrhizal OR Clostridium OR Klebsiella OR Anabaena OR Nostoc OR Aspergillus OR Fusarium OR Penicillium OR Sclerotium OR "growth promoting bacteria" OR "growth promoting bacteria" OR "growth promoting microorganism" OR "bacteria promotora de crescimento" OR "phosphate solubilization bacteria" OR "potassium solubilization bacteria" OR "Phosphorus solubilizing microorganisms" OR "potassium-solubilizing microorganisms")) AND AC=(BR) AND ACP=(A01 or C12) AND PRDS>= (20180101)</p>	60
4	<p>CL=(bio_stimul* OR bio_estimul* OR "microbial inoculant" OR "inoculante microbiano" OR inocul* OR bio_inocul* OR bio_fertiliz* OR phyto_stimul* OR fito_estimul* OR "microbial fertilizer" OR "fertilizante microbiano") AND CL=(wheat OR trigo OR maize OR milho OR rice OR arroz OR cevada OR barley OR sorghum OR sorgo OR cana_de_acúcar OR cana OR sugarcane OR aveia OR oat OR centeio OR rye OR Brachiaria OR Panicum OR Andropogon OR cereal* OR grass* OR gramin* OR non-leguminous) AND CL=(nitrogen OR phosphorus OR potassium) AND ACP=(A01 OR C05 OR C12) AND AC=(BR) AND PRDS>= (20180101)</p>	40

Finalizados os levantamentos, os documentos encontrados foram então reunidos e filtrados, primeiramente eliminando aqueles repetidos, seguida da leitura não detalhada (título e resumo) para a verificação dos documentos e descarte dos que não se relacionavam exatamente ao objeto da busca (bioinsumos como alternativa a fertilizantes em gramíneas) e, por fim, a seleção dos documentos relacionados à fixação biológica de nitrogênio e/ou solubilização de fósforo e potássio.

Posteriormente, realizou-se uma análise detalhada dos documentos pertinentes e, para tanto, foram levantadas, além dos dados relativos às patentes (título; depositante e país de origem; datas e números de depósito, prioridade e publicação; situação legal da patente), informações referentes à tecnologia em si. Assim, para cada um dos documentos, foram detalhados: descrição de uso, classificação do uso (inoculante, biofertilizante e/ou bioestimulante), dados de fixação ou solubilização de nutrientes, menção sobre potencial de descarbonização (quando presente), gramínea à qual é destinada, microrganismo envolvido ou outra tecnologia, formas de aplicação na planta, menção do uso da tecnologia com fertilizante mineral ou efeito adicional da tecnologia como biodefensivo.

2.2.2 Estratégias de Busca e Análise de Artigos Científicos (Etapa 3)

Além dos levantamentos de patentes, realizou-se também buscas por artigos científicos com temática de bioinsumos para gramíneas e que foram publicados por grupos de pesquisa brasileiros, usando duas bases de dados: Scopus® (Elsevier®) e Web of Science® (Clarivate®). Nesse sentido e, visando limitar o número de trabalhos para um contingente possível de análise detalhada, foram utilizados termos similares àqueles empregados nas buscas de patentes (seção 2.2.1, TABELA 1), com ênfase nas principais tipos de gramíneas do Brasil (milho, trigo e cana-de-açúcar) e gramíneas empregadas em pastagens (TABELA 4). As buscas ocorreram nos dias 28 de fevereiro e 13 de março de 2023 e foram considerados somente os artigos publicados nos últimos 5 anos. Os termos foram identificados no título, resumo, palavras-chave e no Keywords Plus (Web of Science®).

TABELA 4 – ESTRATÉGIA DE BUSCA DE ARTIGOS NAS BASES DE DADOS SCOPUS E WEB OF SCIENCE

ESTRATÉGIA DE BUSCA	NÚMERO TOTAL DE ARTIGOS	
	<i>Web of Science®</i>	<i>Scopus®</i>
(biostimulant OR "microbial inoculant" OR inoculant OR bioinoculant OR biofertilizer OR biofertilizante OR phytostimulants OR "microbial fertilizer") and (maize OR wheat OR Brachiaria OR pasture OR grassland OR forage OR Panicum OR Pennisetum OR Festuca OR Lolium OR sugarcane) and Nitrogen OR Phosphorus OR potassium + Últimos 5 anos (Data de publicação)	576	518
Total de artigos brasileiros sobre a temática	55	66

Um filtro inicial foi utilizado para exclusão de artigos cujo tema não fosse espécies gramíneas, aplicação de inoculantes em silos, resíduos, ou que tratassem de tecnologias para produção ou uso de biochar.

Concluída a etapa acima, foram analisados os estudos realizados por grupos brasileiros (autores com filiação brasileira), totalizando 80 artigos. Foram detalhadas e sistematizadas as seguintes informações: o periódico, os autores, o ano de publicação e as instituições envolvidas. Para mais, após a leitura criteriosa dos trabalhos, foram levantadas informações sobre os microrganismos ou outras tecnologias envolvidas, cepas (quando pertinente), classificação do uso (inoculante, biofertilizante e/ou bioestimulante), menção sobre fixação ou solubilização de nutrientes, tipo de gramínea com a qual foi realizado o estudo, local de realização do estudo (campo ou casa de vegetação), forma de aplicação do bioinsumo na planta e outras observações relevantes.

Além disto, foram levantados dados referentes ao potencial de descarbonização do bioinsumo, com cálculos de redução de emissão de N^2O e de CO^2 equivalente por hectare, a partir da quantidade de nitrogênio economizada (kg/ha) para o uso de bioinsumos, relacionados à fixação de nitrogênio ou que atuam na diminuição do uso de fertilizante nitrogenado. Estes dados foram calculados com base no Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006 e 2014) e o cálculo de redução de emissão de N^2O baseou-se no IPCC (2006), o qual para cada 100 kg de N aplicado ao solo, 1 kg é emitido diretamente para a atmosfera na forma de óxido nítrico (N^2O). A partir deste, foi calculada a redução em CO^2 equivalente, baseando-se no Potencial de Aquecimento Global (GWP)-100 para o N^2O que é de 265 (AR5 - IPCC, 2014). Assim, segundo o fator de conversão utilizado, cada quilo de nitrogênio mineral corresponde a 0,01 kg de N^2O , que por sua vez corresponde a 265 kg de CO^2 equivalente.

Cabe ressaltar que estudos mostram que os fatores de conversão aqui adotados, apesar de estipulados e amplamente utilizados para cálculos desse tipo, são muito variáveis de acordo com aspectos inerentes ao solo e ao seu manejo. Para os fatores de conversão do cálculo de CO^2 equivalente, no que tange à aplicação de N fertilizante, por exemplo, os valores para cada quilo de N chegam a variar de 0,09 a 38,44 kg de CO^2 eq. Essa variação está atrelada não apenas ao tipo de cultura, mas ao tipo de solo, e região do mundo (WALLING E VANEECKAUTE, 2020). O mesmo acontece para as emissões de N^2O , com estudos indicando, por exemplo, que as emissões em solos brasileiros, incluindo solos do cerrado, são menores do que o estipulado pelo IPCC (SOARES, 2016). Para fins de cálculos no presente estudo, foram considerados os valores mencionados acima, desconsiderando-se as possíveis variáveis relacionadas ao tipo ou manejo do solo e das referidas culturas.

2.3 SISTEMATIZAÇÃO DOS RESULTADOS

A partir dos dados levantados acerca de produtos, patentes e artigos científicos, foram elaboradas fichas das principais tecnologias de bioinsumos levantadas, contendo as informações essenciais dos bioinsumos de interesse para investimentos em desenvolvimento tecnológico.

Ademais, foram propostos três cenários de descarbonização (atual, futuro e potencial) para o uso de insumos biológicos (biofertilizantes/inoculantes) em culturas de gramíneas no Brasil, bem como as estimativas de redução de custos com a aplicação destes. Algumas premissas foram consideradas para o cálculo dos valores relativos à redução de nitrogênio, redução correspondente de GEE e diminuição de custos, para cada um dos cenários propostos.

Com relação ao 'cenário atual', foram considerados os dados de adoção atual de biofertilizantes (correspondentes a inoculantes) pelos agricultores brasileiros (36%), levantados pela pesquisa da McKinsey & Company (2022). Cabe ressaltar que a informação apresentada na referida pesquisa faz menção ao valor médio total de produtores que utilizam inoculantes atualmente no país, sem especificação das culturas associadas. Entretanto, sabe-se que este se relaciona principalmente às lavouras de soja do país. O 'cenário futuro' aqui apresentado, considerou o anseio de adoção de biofertilizantes pelos produtores, de acordo com a mesma pesquisa (42%). Finalmente, para o 'cenário potencial', considerou-se o potencial de 100% de uso de bioinsumos pelos agricultores do Brasil.

Para os cálculos dos cenários mencionados, considerou-se as áreas atuais totais de produção das principais gramíneas no país (milho, cana-de-açúcar, trigo, arroz e pastagens cultivadas), segundo dados da CONAB e Embrapa, safra 2022/2023. Foram também apreciados os valores médios apresentados nos estudos analisados aqui para a redução de nitrogênio (-45 kg/ha) aplicados e decorrentes do uso de inoculantes a base de *A. brasilense* em tais culturas, de acordo com os dados apresentados nos estudos científicos mapeados no presente relatório técnico.

Para os cálculos de potencial de descarbonização, assim como especificado no item 2.2.2, foram apresentados cálculos de redução de emissão de N²O e de CO² equivalente, para cada um dos cenários propostos, baseando-se na quantidade de nitrogênio economizada (-45 kg por hectare) com o uso de *A. brasilense*. A redução de emissão de N²O baseou-se no IPCC (2006), onde cada 100 kg de N aplicado ao solo corresponde a 1 kg N²O emitido; enquanto a redução em CO² equivalente baseou-se no Potencial de Aquecimento Global(GWP)-100 para o N²O que é de 265 (IPCC, 2014). Cumpre registrar que os cenários propostos foram ainda discutidos no âmbito dos Planos ABC e ABC+5.

Para o cálculo da redução de custos em razão do uso de inoculantes (no caso A. brasileiro), considerou-se em dólares, o valor de importação do quilograma de ureia em 2023, a partir dos dados obtidos sobre gastos com importação deste fertilizante pelo Brasil (FOB), segundo a base trademap.org (1kg de ureia = U\$ 0,36; Valor importação Brasil, 2023, FOB). Considerando ainda que a ureia apresenta em média 46% de N, tal valor foi corrigido, de forma a se obter um valor monetário mais real do quilo de N (1 kg de N = U\$ 0,78).

Foram também apresentados esquematicamente cenários calculados, como acima descrito, do potencial de redução de GEE (expressos em CO² eq.) para duas gramíneas de interesse no Brasil: pastagens e cana-de-açúcar. A representação esquemática e seus dados foram baseados naqueles já propostos pela Embrapa para milho e soja (ANPII, 2023b), e calculados com base nas informações levantadas no presente estudo (a partir da análise de produtos, patentes e artigos científicos, de acordo com os valores apresentados nos documentos em questão). Além disso, o total de redução de CO² equivalente, fundamentou-se na área total de tais culturas no Brasil, segundo dados disponibilizados pela CONAB e Embrapa em 2023 (cana-de-açúcar = 8,3 milhões de hectares; pastagens cultivadas = 120 milhões de hectares).

2.4 INFORMAÇÕES E DADOS COMPLEMENTARES AO ESTUDO

2.4.1 Levantamento de impressões em eventos de divulgação do estudo

Os resultados obtidos durante o desenvolvimento do presente estudo estratégico foram divulgados em três eventos do setor agropecuário brasileiro: 1)

⁵ <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais>

Tecnoshow Comigo (Rio Verde - GO, em março de 2023), 2) Agrishow (Ribeirão Preto - SP, em maio de 2023) e 3) Expointer (Esteio - RS, em agosto 2023). Nestes foram efetuadas apresentações e/ou discussões envolvendo membros de diferentes setores relacionados ao tema de Bioinsumos, tais como acadêmicos, membros de empresas/startups e produtores rurais. Ainda, o estudo foi divulgado em reuniões e comitês da Associação Brasileira de Bioinovação (ABBI), do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e ao Comitê de Bioinsumos do Mercosul. Cumpre registrar que durante esse processo de divulgação, foram coletadas e compiladas as principais impressões dos diferentes setores no que concerne ao uso, aplicações, principais resultados obtidos em diferentes tipos de gramíneas, novas tecnologias, inovações, potencialidades, dificuldades e aspectos a serem trabalhados sobre o tema.

2.4.2 Questionários

Com o objetivo de ampliar o levantamento de opiniões acerca do uso de bioinsumos no Brasil, sobretudo em gramíneas, foi elaborado um questionário, como auxílio do software Microsoft Forms® (APÊNDICE 1), contendo 27 perguntas, destinadas diferencialmente a pesquisadores, produtores rurais e membros de empresas. O formulário, de livre participação e opcionalmente anônimo, foi enviado aos participantes dos eventos de divulgação do estudo e contou com o consentimento e livre escolha dos mesmos, no que diz respeito ao preenchimento de listas de presença dos eventos realizados. Ademais, o questionário foi divulgado para empresas parceiras, bem como para o público geral, via rede social LinkedIn (ANEXO 1), ficando disponível por um período de 5 meses. As respostas coletadas foram sistematizadas em gráficos e tabelas.

2.4.3 Entrevistas com representações do setor de bioinsumos

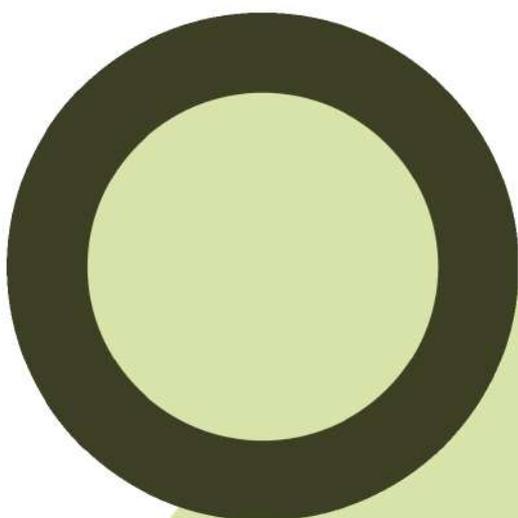
Com o propósito de ampliar o entendimento sobre aspectos relativos ao mercado de bioinsumos de uso agrícola no país, foram realizadas entrevistas (duração média de 40 minutos) com representantes e membros de empresas que atuam com produção e comercialização destes insumos. Para tanto, foram enviados 20 convites via correio eletrônico (E-mail) e rede social LinkedIn, sendo que destes, apenas sete responderam com o aceite de participação. Os entrevistados pertenci-

am a diferentes entidades de atuação no mercado de biológicos no país: 4 grandes empresas produtoras de bioinsumos e soluções agrícolas, 1 pequena empresa do setor e 2 empresas de assessoria, consultoria e/ou gestão na área.

Com relação às questões, foram elaboradas perguntas em quatro temáticas principais sobre a produção e/ou comercialização de produtos biológicos pelas empresas: 1) desafios, barreiras e gargalos enfrentados; 2) aspectos técnicos, biotecnologia e inovações; 3) adesão e aceitação de produtores rurais a novas tecnologias; e 4) cenário atual e tendências do mercado do setor do mercado (APÊNDICE 2).

Os entrevistados forneceram opiniões e responderam a cada pergunta, sem intervenções do entrevistador, com a menor interação possível durante a emissão das respostas. As entrevistas foram gravadas com o consentimento dos entrevistados e esclarecimento adicional de que o uso das informações no presente estudo estratégico seria efetuado de forma anônima, evitando-se desse modo, a inibição dos entrevistados no fornecimento das respostas e a exposição dos mesmos.

As informações coletadas durante as entrevistas, foram analisadas de maneira a reconhecer tendências, para cada uma das quatro temáticas principais, sendo que algumas falas foram transcritas na íntegra ou minimamente ajustadas, quando identificados como importantes de serem destacadas.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 LEVANTAMENTO DE BIOINSUMOS PARA GRAMÍNEAS (ETAPA 1)

Dos levantamentos referentes ao panorama brasileiro atual de bioinsumos para uso em gramíneas, com função de fixação de nitrogênio ou solubilização de fósforo e potássio, por meio da análise de produtos já comercializados e/ou registrados pelo MAPA, foram identificados 54 produtos, produzidos e/ou comercializados por 39 diferentes empresas no Brasil (TABELA 5). Cabe ressaltar que não foram considerados os produtos especificados pelos fabricantes ou registrados apenas para outras culturas que não gramíneas (por exemplo soja), assim como produtos biológicos usados como defensivos ou condicionadores de solo.

Alguns dos produtos listados foram registrados por apenas uma instituição, vendidos a outras empresas (B2B) e não diretamente ao consumidor (B2C). Para alguns dos produtos registrados no aplicativo “Bioinsumos”, não foi encontrado um correspondente no site da empresa que solicitou o registro junto ao MAPA, o que pode indicara venda direta do produto ao consumidor por uma empresa parceira ou pertencente ao mesmo grupo empresarial.

TABELA 5 – BIOINSUMOS COMERCIALIZADOS E/OU REGISTRADOS PELO MAPA.

EMPRESAS	BIOINSUMOS PRODUTOS - INOCULANTE, BIOFERTILIZANTE, BIOESTIMULANTE (NÚMERO DE REGISTRO NO MAPA ^a)	DETALHES DO PRODUTO
1- AGRIVALLE	AMINOCARB	Bioestimulante de aminoácidos vegetais
	ALGON	Extratos de algas e aminoácidos
	WELT	Inoculante líquido à base de <i>Azospirillum brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)
2- AGROCERES BINOVA	AGFX-AZOS	Inoculante líquido à base de <i>A. brasilense</i> Bioestimulante proveniente de algas marinhas vermelhas
3- ALGAS BRAS	BRASPO	Bioestimulante proveniente de algas marinhas vermelhas
4- AGROCETE	GRAP NOD AL	Inoculante líquido à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)

EMPRESAS	BIOINSUMOS PRODUTOS - INOCULANTE, BIOFERTILIZANTE, BIOESTIMULANTE (NÚMERO DE REGISTRO NO MAPA ^a)	DETALHES DO PRODUTO
5- ANDERMATT	PHOSBAC	Inoculante líquido contendo <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (FZB45)
6- BALLAGRO	HOBER AZOS	Composto por bactérias fixadoras de nitrogênio pertencentes à espécie <i>A. brasilense</i>
	HOBER PHOS	Inoculante líquido solubilizador de fósforo à base de <i>Pseudomonas fluorescens</i> (ATCC 13525)
7- BASF	APRINZA	Criado e desenvolvido pela Embapa e licenciado para a Basf, inoculante com <i>Nitrospirillum amazonense</i> (BR11145)
	Produto registrado sob número SP002768523	Inoculante fluido à base de bactéria fixadora de nitrogênio <i>A. brasilense</i>
8- BIOCROSS	ASCOMAXX CANA-DE-AÇÚCAR	Fertilizante mineral misto que possui o nutriente potássio, associado ao extrato da alga <i>Ascophyllum nodosum</i>
	ULTRABOR SWALLOW	Contém o nutriente Boro complexado com o extrato da alga <i>A. nodosum</i> Nutrientes fósforo e potássio, associados ao extrato da alga <i>A. nodosum</i>
9- BIOFORT	GRAMMY CROP	Inoculante líquido/sólido composto por bactérias <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)
10- BIOMA	BIOMAPHOS	É um inoculante líquido à base de <i>Bacillus megaterium</i> (CNPMS B119) e <i>B. subtilis</i> (CNPMS B2084)
	Produto registrado sob números PR000497941/ PR000497961/ PR000497962	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i>

EMPRESAS	BIOINSUMOS PRODUTOS - INOCULANTE, BIOFERTILIZANTE, BIOESTIMULANTE (NÚMERO DE REGISTRO NO MAPA ^a)	DETALHES DO PRODUTO
11- BIOSPHERA	AZOSPHERA GRAMÍNEAS	Inoculante líquido à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)
	AZOSPHERA GRAMÍNEAS TURFA	Inoculante sólido à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)
12- BIOTECLAND	PRIMAFERT	Biofertilizante e bioestimulante de <i>Chlorella</i> sp.
13- BIOTROP	AZOTROP	Inoculante líquido à base de <i>A. brasilense</i>
	PASTOMAX	Inoculante à base de <i>P. fluorescens</i> (CNPSO 2719) e <i>A. brasilense</i> (CNPSO 2083 e 2084)
14- BRASILQUÍMICA	QUALYFIX GRAMÍNEAS	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)
15- COMDEAGRO	Produto registrado sob número MT0024532	Inoculante líquido composto de <i>A. brasilense</i>
16-CORTEVA/SYMBORG	UTRISHA N ou BLUE N	Inoculante/bioestimulante em pó, contendo a bactéria <i>Methylobacterium symbioticum</i> (SB23)
17- ELO SOLUÇÕES AGRÍCOLAS	ONIX	Inoculante à base de uma cepa de <i>B. methylophilicus</i>
	AZOS	Inoculante líquido à base de <i>A. brasilense</i>
18- FERTBIO DO BRASIL	AZOS SIEMBRA	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)
	SIEMBRA PHOSPRO	Inoculante à base de <i>P. fluorescens</i> (ATCC 13252)
19- GÊNICA	FIXARON AZOS	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)
20- GEOCLEAN	NITROGEO AZ	Inoculante líquido à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)
21- GRUPO NITRO	RIZOPLANT AZOS	Inoculante líquido à base de <i>A. brasilense</i>
22- INDIGO AGRICULTURA	BIOTRINSIC SIMPLEX	Inoculante e bioestimulante à base de <i>Bacillus simplex</i>
23- INNOVA AGROTECNOLOGIA	AZONIT	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i>
24- KOPPERT	AZOKOP	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)

EMPRESAS	BIOINSUMOS PRODUTOS - INOCULANTE, BIOFERTILIZANTE, BIOESTIMULANTE (NÚMERO DE REGISTRO NO MAPA ^a)	DETALHES DO PRODUTO
25- LALLEMAND	LALRISE AZOS LC	Inoculante/bioestimulante à base de <i>A. brasilense</i> (Az39)
	AZOS	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i> (Az39)
26- NITRO1000	NITRO1000 GRAMÍNEAS	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i>
27- LABORAGRO SOLUÇÕES BIOLÓGICAS	NITROBACTER AZP	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)
28- NODUSOJA	NODUGRAM L	Inoculante líquido à base de <i>A. brasilense</i>
29- NOOA	AURAS CAMPO	Inoculante à base de <i>Bacillus aryabhatai</i> (CMAA 1363)
	AUFIX	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5)
30- NOVOZYMES	AZOMAX	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)
31- SIMBIOSE	SIMBIOSE MAIZ	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)
	Produto registrado sob número RS003401033	
32- SOLUBIO	Manejo Biológico ONFARM®	-
	Produto registrado sob número TO00048472	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i>
33- STOLLER	MASTERFIX GRAMÍNEAS	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i>
34- SUMITOMO	Produto registrado sob números SP00343983/SP00343982 SP00343981/SP00538482/SP00538481	Produtos à base de <i>Rhizoglyphus intraradices</i> , <i>Claroideoglyphus claroideum</i> e associações
35- SUPERBAC	SMARTGRAN	-
	ORGANFOS	Sua composição combina condicionador biológico de solo (SMARTGRAN), rico em bactérias, com macro e micronutrientes

EMPRESAS	BIOINSUMOS PRODUTOS - INOCULANTE, BIOFERTILIZANTE, BIOESTIMULANTE (NÚMERO DE REGISTRO NO MAPA ^a)	DETALHES DO PRODUTO
	AZOTOTAL	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)
36- TOTAL BIO	ACCELERATE FERTILITY	Inoculante composto pela combinação de <i>P. fluorescens</i> (CNPS02719) e <i>A. brasilense</i> (Ab-V6)
	ACCMAX	Inoculante à base de <i>B. subtilis</i> (CCTB04), <i>B. amyloliquefaciens</i> e <i>Bacillus pumilus</i> (CCTB05)
37- TRADECORP/ ROVENSA NEXT	AZZOFIX	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5 e Ab-V6)
38- VITTIA	BIOMAX AZUM	Inoculante à base de <i>A. brasilense</i> (Ab-V5)

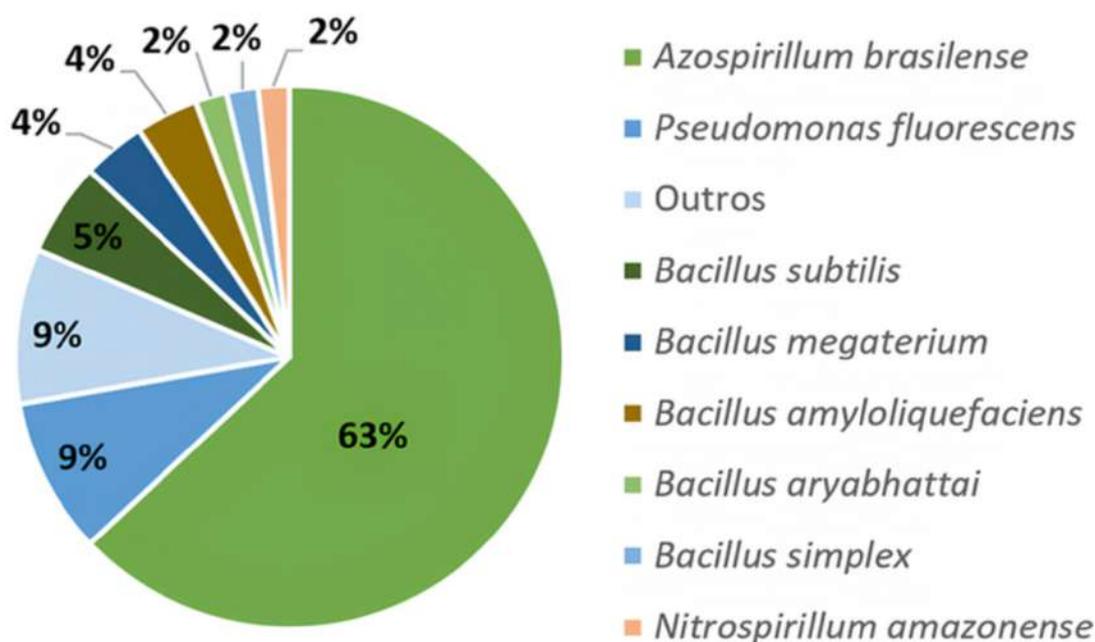
O setor de bioinsumos em nosso país vem crescendo e uma pesquisa recente (McKINSEY & COMPANY, 2022) mostrou que os agricultores brasileiros são os mais adeptos ao uso desta tecnologia, principalmente os biodefensivos. Os biofertilizantes (no Brasil, referentes a inoculantes), por sua vez, são utilizados por 36% dos agricultores no país (McKINSEY & COMPANY, 2022).

Em geral, os inoculantes são classificados genericamente como biofertilizantes em muitos casos de produtos. Os biofertilizantes são divididos em diversas categorias e diferentes microrganismos são considerados inoculantes ou biofertilizantes, incluindo fixadores de nitrogênio, solubilizadores de potássio, solubilizadores de fósforo e bactérias promotoras de crescimento vegetal (do inglês *plant growth promoting bacteria*, PGPB) (KUMAR et al., 2022; NOSHEEN; AJMAL; SONG, 2021). Esses diferentes organismos podem ser simbióticos, de vida livre, ou associativos às raízes das plantas, podendo consistir em bactérias (maioria), mas também em fungos micorrízicos (KUMAR et al., 2022; NOSHEEN; AJMAL; SONG, 2021).

Para o caso dos produtos aqui analisados, a maior parte (45) consiste em inoculantes, sobretudo contendo a bactéria *Azospirillum brasilense*, seguido de *Pseudomonas fluorescens* e diversas espécies do gênero *Bacillus* (TABELA 5, GRÁFICO 2). Cabe ressaltar, contudo, que o levantamento foi realizado em março de 2023, o que explica o fato de algumas das empresas mapeadas contarem com outros produtos em seu portfólio comercial, incluídos posteriormente ao período de levantamento do estudo, e que podem não estar contidos na tabela apresentada

(TABELA 5). Dois exemplos incluem os produtos BioFree® e BioTrio®, ambos da empresa Biotrop. O produto BioFree®, é um inoculante promotor de crescimento formado por *Azospirillum brasilense* (Ab-V6) e *Pseudomonas fluorescens* (CCTB03), usado em culturas de gramíneas como milho e arroz, já o BioTrio®, destinado à diversas culturas, incluindo milho, é um inoculante líquido composto por endósporos das bactérias *Bacillus pumilus* (CCTB05), *Bacillus subtilis* (CCTB04) e *Bacillus amyloliquefaciens* (CCTB09).

GRÁFICO 2 – PRINCIPAIS MICRORGANISMOS UTILIZADOS COMO INOCULANTES NOS PRODUTOS ANALISADOS



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de produtos no Aplicativo 'Bioinsumos' e sites das 38 empresas listadas na Tabela5.

A espécie *Azospirillum brasilense* consiste em uma rizobactéria (bactéria associada a raízes de plantas) que promove o crescimento vegetal e que pode colonizar diversas espécies de plantas e aumentar seu crescimento, desenvolvimento e produtividade. Dentre os mecanismos pelos quais espécies desse gênero agem no crescimento das plantas, sugere-se a fixação de nitrogênio e mecanismos adicionais, tais como a capacidade de produzir fitohormônios e outros fitoprodutos que atuam no aumento do desenvolvimento radicular, ampliando a ca-

pacidade de aquisição de nutrientes e água (CASSÁN; DIAZ-ZORITA, 2016). Esta espécie tem sido amplamente utilizada em diversas espécies de gramíneas pelo país. Segundo Hungria et al. (2022), o uso dessas bactérias já ultrapassa dez milhões de doses anuais, sobretudo ligadas ao cultivo de milho e soja (para esta última em associação com *Bradyrhizobium sp.* No caso de *A. brasilense*, as principais cepas usadas são as Ab-V5 e Ab-V6, mencionadas para a maioria dos produtos mapeados nesse estudo.

No que diz respeito ao desenvolvimento da tecnologia de inoculantes no país, a existência de distintas cepas e que apresentem potencial de utilização pelo produtor, é um aspecto importante, sobretudo devido à heterogeneidade de solos e climas brasileiros. A diversidade de cepas pode contribuir para a ampliação do uso em diferentes culturas ou em resposta a diversos estresses ambientais, incluindo seca ou mudanças de temperaturas, consequentemente contribuindo com o aumento da resiliência e adaptação das culturas.

Apesar da indicação das cepas de *A. brasilense* em alguns dos produtos analisados, para diversos outros casos, esta não se apresentava discriminada pelo fabricante/comerciante no site das empresas. Entretanto, a indicação da cepa é obrigatória para registro de produtos como inoculantes no MAPA, pois garante a pureza, concentração e identidade destas, bem como sua eficácia. As definições são estabelecidas na Instrução Normativa IN136, que dispõe sobre as normas de especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem de inoculantes destinados à agricultura.

O gênero *Pseudomonas*, por sua vez, consiste em bactérias Gram-negativas comumente encontradas em solo e água, sendo a principal espécie referida como promotora de crescimento na agricultura é a *P. fluorescens* (GUIMARÃES et al., 2022), encontrada como ativo em quatro dos produtos listados na tabela 5 (PASTOMAX, SIEMBRA PHOSPRO, ACCELERATE FERTILITY, HOBER PHOS). Dentre as principais propriedades de *Pseudomonas sp.* estão a produção de auxinas, citocininas, giberelinas e ACC-deaminase; a supressão de patógenos; e a capacidade de solubilizar fosfatos inorgânicos em formas que podem ser assimiladas pelas plantas. Além disso, bactérias desse gênero têm sido também propostas como auxiliadoras de micorrizas", sendo capazes de estimular um aumento na taxa de colonização radicular por fungos micorrízicos (GUIMARÃES et al., 2022).

⁶ <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-sda-13-de-24-03-2011-inoculantes.pdf>

As bactérias do gênero *Bacillus* são amplamente usadas como inóculos, sobretudo por serem Gram-positivas, formadoras de endósporos, capazes de resistir a temperaturas e pH extremos. Estes microrganismos agem na solubilização de nutrientes, tais como o zinco, solubilização e mobilização de fósforo e potássio, assim como na produção de fitormônios promotores de crescimento. Além disso, são amplamente utilizadas para controle biológico de pragas e doenças (GUIMARÃES et al., 2022; NOSHEEN; AJMAL; SONG, 2021).

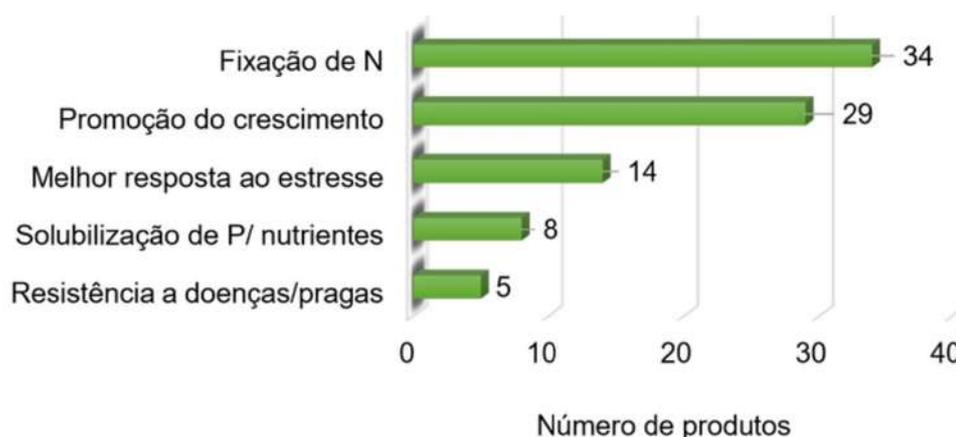
Poucos são os produtos que apresentam combinação de microrganismos (co-inoculação ou consórcios bacterianos) em sua formulação e, menos ainda, que contenham mais de dois organismos, embora a técnica seja apontada como tendência futura em estudos da área (SANTOS; NOGUEIRA; HUNGRIA, 2019). O uso de inoculantes contendo microrganismos diversificados tem o objetivo de combinar espécies envolvidas em vários processos para que a soma de seus benefícios individuais aumente os benefícios gerais e, eventualmente, os rendimentos (SANTOS; NOGUEIRA; HUNGRIA, 2019). Estratégias de co-inoculação têm mostrado maior estímulo ao crescimento das plantas e aumento na produtividade de culturas (KUMAR et al., 2022). O exemplo mais citado é possivelmente a inoculação combinada de *Bradyrhizobium spp.* e *Azospirillum brasilense* no cultivo de soja (HUNGRIA et al., 2022).

Para os produtos analisados, a fixação de nitrogênio, seguida da promoção de crescimento de plantas e outras atividades, como melhorias de resposta ao estresse, solubilização de fósforo e resistência a doenças, são descritas pelos fabricantes como as principais ações (GRÁFICO 3).

Como a maioria dos produtos analisados apresentam *A. brasilense* como agente inoculante (TABELA 5), é esperada a indicação para a fixação de nitrogênio e a promoção de crescimento como principais ações. As atividades relacionadas à solubilização de nutrientes, melhoria de resposta ao estresse e resistência a pragas são menos contempladas, podendo ser atribuídas à presença de outros microrganismos nos produtos, como espécies dos gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas*, bem como à presença de extratos de algas (principalmente *Ascophyllum nodosum* e *Chlorella sp.*) (TABELA 5).

Ainda sobre as bactérias dos gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas*, estas estão presentes como ativo principal ou em consórcio com espécies de *Azospirillum*. Os produtos contendo algas são classificados como fertilizantes minerais mistos, que apresentam extrato ou biomassa das algas, ou ainda como bioestimulantes.

GRÁFICO 3 – PRINCIPAIS MICRORGANISMOS UTILIZADOS COMO INOCULANTES NOS PRODUTOS ANALISADOS



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de produtos listados no Aplicativo 'Bioinsumos' e/ou associados a empresas listadas na Tabela 5.

Quanto às culturas (GRÁFICO 4), a maior parte dos produtos analisados são destinados ao cultivo de milho, seguido de trigo e pastagens (incluindo *Brachiaria brizantha* e *B. ruziziensis*). A cultura do milho é considerada a principal gramínea do país, o que pode justificar o maior número de produtos destinados ao cultivo desta espécie. Além disso, segundo dados da CONAB, da safra brasileira de grãos 2022/23, as culturas de milho e trigo tiveram destaque no país, com 10,5% e 12,7% de aumento na produção (CONAB, 2023), respectivamente, fato que reforça a importância do desenvolvimento de produtos para tais culturas. Cabe ressaltar, entretanto, que dentre os produtos listados, são destinados a mais de uma cultura, segundo dados fornecidos pelos fabricantes.

Ao analisar os diferentes produtos, observa-se que apenas 17% possuem informações (no site) sobre a possibilidade ou indicação de aplicação juntamente com fertilizantes minerais. Além disso, não há dados sobre o potencial de redução do uso de fertilizantes minerais promovida pelo insumo biológico. A aplicação de fertilizantes considerados Bioinsumos, juntamente com fertilizantes minerais, na mesma cultura, de forma temporal ou espacialmente separados, foi apontada por alguns produtores como um dos principais pontos de dúvida com relação ao uso de

Bioinsumos, durante os eventos de divulgação do presente estudo estratégico. Segundo estes, a dúvida ocasiona receio na aplicação. Trata-se de importante aspecto técnico e biológico a ser considerado, tendo em vista que a maior parte dos produtos listados empregam seres vivos como ativos. Dessa maneira, a aplicação concomitante com os fertilizantes minerais deve ser realizada com cautela e seguindo passos bem definidos de acordo com o produto e o fabricante.

GRÁFICO 4 – PRINCIPAIS CULTURAS ÀS QUAIS SÃO DESTINADOS OS PRODUTOS ANALISADOS



FONTE:MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de produtos listados no Aplicativo 'Bioinsumos' e/ou associados a empresas listadas na Tabela 5.

Fertilizantes minerais e outros insumos químicos aplicados à culturas, podem afetar a eficácia do microrganismo e limitar o uso deste, já que podem ocasionar a morte de células do inoculante (NOSHEEN; AJMAL; SONG, 2021). Nesse sentido, uma boa compreensão das inter-relações entre as plantas, os microrganismos e demais agroquímicos é de suma importância, pois se as condições não forem adequadas ao desenvolvimento e multiplicação dos microrganismos, é provável que suas populações não se estabeleçam (NOSHEEN; AJMAL; SONG, 2021).

3.2 LEVANTAMENTO DE TECNOLOGIAS INOVADORAS (ETAPAS 2 E 3)

3.2.1 Lista e Análise de Patentes Depositadas no Brasil (Etapa 2)

A busca por patentes resultou em um total de 244 documentos, considerando ambas as bases de dados consultadas: PatBase® (Minesoft®) e Derwent Innovation® (Clarivate®). Após a eliminação de documentos repetidos e posterior análise inicial do título e resumo, restaram 66 documentos de patentes e, destes, 40 relativos a bioinsumos para gramíneas, associados à fixação de nitrogênio e solubilização de nutrientes (TABELA 6). A análise dos documentos citados revelou que apenas 15% dos depositantes são universidades ou pessoas físicas, enquanto a maioria (85%) é composta por empresas, com destaque para: Novozymes, Pivot, Agriculture Victoria e Agrivalle (GRÁFICO 5). Das patentes encontradas, apenas uma foi concedida até o momento, o que é esperado, considerando que o corte temporal foi feito para documentos recém depositados. A patente em questão é da Bayer Cropscience e colaboradores, concedida em dezembro de 2022 (TABELA 6).

TABELA 6 – DOCUMENTOS PATENTÁRIOS DEPOSITADOS NO BRASIL SOBRE BIOINSUMOS (INOCULANTES, BIOFERTILIZANTES E BIOESTIMULANTES) EM GRAMÍNEAS, 2018 - 2023

Nº REFERÊNCIA	NÚMERO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO	ANO DE PUBLICAÇÃO	DEPOSITANTE	PAÍS DE ORIGEM DO DEPOSITANTE	CONCEDIDA?
1	BR102019007273A2	COMPOSIÇÕES BIOLÓGICAS DE FUNÇÕES MÚLTIPLAS	2020	AGRIVALLE BRASIL INDUSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS LTDA, BR	Brasil	Não

Nº REFERÊNCIA	NÚMERO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO	ANO DE PUBLICAÇÃO	DEPOSITANTE	PAÍS DE ORIGEM DO DEPOSITANTE	CONCEDIDA?
2	BR102018076265A2	COMPOSIÇÃO CONTENDO MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO E REDUÇÃO DE ESTRESSE HIDRÍCO EM PLANTAS CULTIVADAS E USO DA MESMA	2020	AGRIVALLE BRASIL INDUSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS LTDA, BR	Brasil	Não
3	BR102018072160A2	COMPOSIÇÃO BIOLÓGICA DE FUNÇÕES MÚLTIPLAS	2020	AGRIVALLE BRASIL INDUSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS LTDA, BR	Brasil	Não
4	BR112022000873A2	CEPAS DE PSEUDOMONAS E MÉTODOS RELACIONADOS	2022	AGRICULTURE VICTORIA SERVICES PTY LTD, AU DAIRY AUSTRALIA LIMITED, AU GEOFFREY GARDINER DAIRY FOUNDATION LIMITED, AU	Brasil	Não
5	BR112021026165A2	CEPA BACILLUS E MÉTODOS DE SEU USO PARA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DE PLANTA	2022	AUBURN UNIVERSITY, US BAYER CROPSCIENCE LP, US	Austrália/ EUA	Não

N° REFERÊNCIA	NÚMERO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO	ANO DE PUBLICAÇÃO	DEPOSITANTE	PAÍS DE ORIGEM DO DEPOSITANTE	CONCEDIDA?
6	BR112021026165A2	CONSÓRCIO MICROBIANO, MEIO OU UM EXTRATO OU UM SOBRENADANTE OU UM LISADO OU UMA FRAÇÃO OU UM METABÓLITO, COMPOSIÇÃO, USO DO CONSÓRCIO MICROBIANO, OU DO MEIO, EXTRATO, SOBRENADANTE, LISADO, FRAÇÃO OU METABÓLITO OU DA COMPOSIÇÃO, E, MÉTODO PARA AUMENTAR A ABSORÇÃO PELA PLANTA E/OU DE MELHORAR O CRESCIMENTO DE PLANTAS	2021	VALAGRO S.P.A., IT	Itália	Não
7	BR112020008035A2	MÉTODOS E COMPOSIÇÕES PARA APRIMORAR MICRÓBIOS GENETICAMENTE MODIFICADOS QUE FIXAM NITROGÊNIO	2020	PIVOT BIO INC., US DOUGLAS HIGGINS, US	EUA	Não
8	BR112021015218A2	CONSISTÊNCIA APRIMORADA DE RENDIMENTO DE CULTURA ATRAVÉS DE FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO	2022	PIVOT BIO INC., US	EUA	Não

N° REFERÊNCIA	NÚMERO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO	ANO DE PUBLICAÇÃO	DEPOSITANTE	PAÍS DE ORIGEM DO DEPOSITANTE	CONCEDIDA?
9	BR112021010947A2		2021	PIVOT BIO INC., US	EUA	Não
10	BR112020002654A2		2020	PIVOT BIO INC., US	EUA	Não
11	BR112020026771A2	COMPOSIÇÕES AGRÍCOLAS QUE COMPREENDEM MICRÓBIOS DE FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO REMODELADOS	2021	PIVOT BIO INC., US	EUA	Não
12	BR112020022581A2	ESTIRPE ISOLADA DE MICROBACTERIUM TRICHOTHECENOL YTICUM, CULTURA BIOLÓGICAMENTE PURA, USO DE UMA MICROBACTERIUM TRICHOTHECENOL YTICUM, MÉTODOS, COMPOSIÇÃO INOCULANTE, COMPOSIÇÃO DE SEMENTE NÃO OCORRENDO NATURALMENTE, CONSÓRCIO MICROBIANO SINTÉTICO, E, USO DO CONSÓRCIO MICROBIANO SINTÉTICO	2021	NOVOZYMES BIOAG A/S, DK	Dinamarca	Não

Nº REFERÊNCIA	NÚMERO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO	ANO DE PUBLICAÇÃO	DEPOSITANTE	PAÍS DE ORIGEM DO DEPOSITANTE	CONCEDIDA?
13	BR112022021880A2	COMBINAÇÕES MICROBIANAS PARA RENDIMENTOS DE CULTURA MELHORADOS	2022	LOCUS AGRICULTURE IP COMPANY LLC, US	EUA	Não
14	BR112022009600A2	PAENIBACILLUS PEORIAE FIXADOR DE NITROGÊNIO ISOLADO, CULTURA BIOLOGICAMENTE PURA DE UM PAENIBACILLUS PEORIAE FIXADOR DE NITROGÊNIO, USO DE UM OU MAIS PAENIBACILLUS PEORIAE FIXADORES DE NITROGÊNIO E DO CONSÓRCIO MICROBIANO SINTÉTICO, MÉTODO, COMPOSIÇÃO INOCULANTE E DE SEMENTES DE OCORRÊNCIA NÃO NATURAL, E, CONSÓRCIO MICROBIANO SINTÉTICO	2022	LOCUS AGRICULTURE IP COMPANY LLC, US	EUA	Não
15	BR112020022643A2	PRODUTOS À BASE DE MICRÓBIOS PARA INTENSIFICAR A SAÚDE DAS RAÍZES DE PLANTAS E A IMUNIDADE	2021	LOCUS AGRICULTURE IP COMPANY LLC, US	EUA	Não
16	BR112021017340A2	CEPAS DE PAENIBACILLUS E MÉTODOS PARA USO DAS MESMAS	2022	BAYER CROPS SCIENCE LP, US	EUA	Não
17	BR112021005355A2	COMPOSTOS E MÉTODOS PARA AUMENTAR DISPONIBILIDADE E DE NUTRIENTE NO SOLO	2021	SOUND AGRICULTURE COMPANY, US	EUA	Não

Nº REFERÊNCIA	NÚMERO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO	ANO DE PUBLICAÇÃO	DEPOSITANTE	PAÍS DE ORIGEM DO DEPOSITANTE	CONCEDIDA?
18	BR112021004631A2	CEPA DE DOMINIKIA SP., COMPOSIÇÕES QUE COMPREENDEM A MESMA E USOS	2021	SYMBORG SL, ES	Espanha	Não
19	BR1120190224 46A2	INOCULANTES BACTERIANOS	2020	THE FLINDERSUNIVERSITY OF SOUTH AUSTRALIA, AU	Austrália	Não
20	BR1120200063 62A2	PRODUÇÃO EM LARGA ESCALA DE PRODUTOS DE TRICHODERMA LÍQUIDO E SÓLIDO	2020	LOCUS AGRICULTURE IP COMPANY LLC, US	EUA	Não
21	BR1120220075 33A2	PREPARAÇÕES PARA CONTROLE BIOLÓGICO APERFEIÇOADO	2022	AREVO AB, SE	Suécia	Não
22	BR1120220009 01A2	CEPAS DE XANTHOMONAS E MÉTODOS RELACIONADOS	2022	AGRICULTURE VICTORIA SERVICES PTY LTD, AU DAIRY AUSTRALIALIMITED, AU GEOFFREY GARDINER DAIRY FOUNDATION LIMITED, AU	Austrália	Não
23	BR1120220008 84A2	CEPAS DE STENOTROPHOMONAS E MÉTODOS RELACIONADOS	2022	AGRICULTURE VICTORIA SERVICES PTY LTD, AU DAIRY AUSTRALIALIMITED, AU GEOFFREY GARDINER DAIRY FOUNDATION LIMITED, AU	Austrália	Não

Nº REFERÊNCIA	NÚMERO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO	ANO DE PUBLICAÇÃO	DEPOSITANTE	PAÍS DE ORIGEM DO DEPOSITANTE	CONCEDIDA?
24	BR1120220008 79A2	CEPAS DE ERWINIA E MÉTODOS RELACIONADOS	2022	AGRICULTURE VICTORIA SERVICES PTY LTD, AU DAIRY AUSTRALIALIMITED, AU GEOFFREY GARDINERDAIRY FOUNDATION LIMITED,AU	Austrália	Não
25	BR1120210244 15A2	CEPA DE METHYLOBACTERIUM SP. NOV., COMPOSIÇÕES COMPREENDENDO A MESMA, E SEU USO COMO BIOESTIMULANTE E BACTÉRIA FIXADORA DE NITROGÊNIO ENDÓFITO	2022	SYMBORG SL, ES	Espanha	Não
26	BR1120200230 81A2	MÉTODO PARA AUMENTAR O TEOR DE SELÊNIO DE UMA PLANTA, COMPOSIÇÃO PARA AUMENTAR O TEOR DE SELÊNIO DE UMA PLANTA, MÉTODO DE FERTILIZAÇÃO DE UM AMBIENTE DE SOLO E USO DE PELO MENOS UMA FONTE DE NITROGÊNIO	2021	DANSTAR FERMENTAG, CH	Suíça	Não
27	BR1120200171 48A2	FORMULAÇÃO BIOESTIMULANTE E MÉTODO PARA PREPARAÇÃO DE UMA FORMULAÇÃO BIOETIMULANTE	2020	CHARLES COLIN BENDER, ZA	África do Sul	Não
28	BR1120200024 01A2	COMPOSIÇÕES E MÉTODOS DE INOCULANTES MICROBIANOS	2020	RAISON LLC, US TONY HAGEN,US	EUA	Não

Nº REFERÊNCIA	NÚMERO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO	ANO DE PUBLICAÇÃO	DEPOSITANTE	PAÍS DE ORIGEM DO DEPOSITANTE	CONCEDIDA?
29	BR1120190138 16A2	CEPA MICROBIANA ISOLADA, CULTURA DE LYSINIBACILLUS SPHAERICUS, COMPOSIÇÃO INOCULANTE, MATERIAL DE PROPAGAÇÃO DE PLANTA REVESTIDO, KIT E MÉTODOS PARA TRATAR UMA SEMENTE DE PLANTA E PARA APRIMORARO RENDIMENTO DA PLANTAÇÃO	2020	NOVOZYMES BIOAG A/S, DK	Dinamarca	Não
30	BR1120190137 48A2	CEPA DE BACILLUS ISOLADA, CULTURA DE B. MEGATERIUM NRRL B-67352 OU B. MEGATERIUM NRRL B- 67357, COMPOSIÇÃO INOCULANTE, MATERIAL DE PROPAGAÇÃO DE PLANTA REVESTIDO, KIT E MÉTODOS PARA TRATAR UMA SEMENTE DE PLANTA E PARA APRIMORAR O RENDIMENTO DA PLANTAÇÃO	2020	NOVOZYMES BIOAG A/S, DK	Dinamarca	Não
31	BR1120180736 51A2	REGULADORES DO CRESCIMENTO DE PLANTA E MÉTODOS PARA O SEU USO	2019	DUKE UNIVERSITY, US	EUA	Não

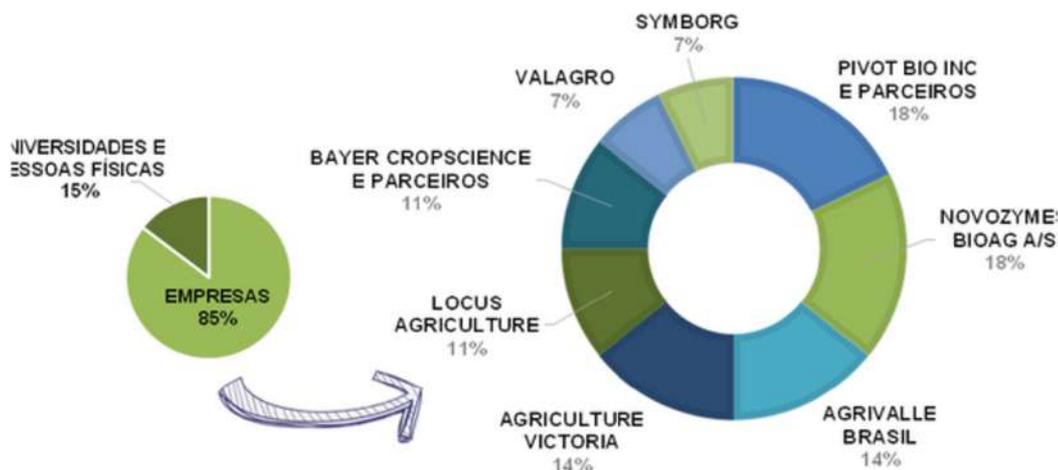
Nº REFERÊNCIA	NÚMERO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO	ANO DE PUBLICAÇÃO	DEPOSITANTE	PAÍS DE ORIGEM DO DEPOSITANTE	CONCEDIDA?
32	BR1120180153 12A2	CEPA FÚNGICA ISOLADA, CULTURA BIOLOGICAMENTE PURA, COMPOSIÇÃO INOCULANTE, KIT, USO DE UMA CEPA E MÉTODO PARA AUMENTAR QUANTIDADE/CONCENTRAÇÃO DE FOSFATO SOLÚVEL EM UM MEIO QUE CONTÉM FOSFATO INSOLÚVEL RESIDUO DA PLANTAÇÃO	2018	NOVOZYMES BIOAG A/S, DK	Dinamarca	Não
33	BR1020180672 97A2	COMPOSIÇÃO DE MICRONUTRIENTES E COMPOSTOS ORGÂNICOS PARA TRATAMENTO, RECOBRIMENTO E INCRUSTAÇÃO DE SEMENTES	2020	AGRIVALLE BRASIL INDUSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS LTDA, BR	Brasil	Não
34	BR1120210239 08A2	COMPOSIÇÃO QUE COMPREENDE BACILLUS NA FORMAÇÃO DE BIOFILME	2022	CHR HANSEN ASCOE HANSEN CO LTD	Dinamarca	Não
35	BR1120210007 76A2	METODO PARA MELHORAR A EFICIENCIA DO USO DA ÁGUA E/OU PRODUTIVIDAD E DA ÁGUA NAS PLANTAS E/OU O MANEJO DA ÁGUA NA AGRICULTURA	2021	VALAGRO SPA	Itália	Não
36	BR1020180744 95 A2	NANOFIBRAS POLIMERICAS PARA LIBERACAO LENTA DE INSUMOS AGRICOLAS	2020	FUND DE AMPARO APESQUISA DE MINAS GERAIS UNIV FEDERAL DE LAVRAS UNIV FEDERAL LAVRAS	Brasil	Não

Nº REFERÊNCIA	NÚMERO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO	ANO DE PUBLICAÇÃO	DEPOSITANTE	PAÍS DE ORIGEM DO DEPOSITANTE	CONCEDIDA?
37	BR1020190263 00A2	COMPOSIÇÃO INOCULANTE À BASE DE BIOMASSA E USOS DA MESMA	2021	GREEN BIOTECH BRASIL BIOTECNOLOGIA COMERCIOE SERVICOS LTDA	Brasil	Não
38	BR1120200010 88A2	POLIPEPTÍDEO, COMPOSIÇÃO PARA INICIAÇÃO BIOATIVA, MICRORGANISMO, COMPOSIÇÃO OU MICRORGANISMO RECOMBINANTE, SEMENTE, MÉTODO PARA AUMENTAR O CRESCIMENTO E MÉTODO DE PRODUÇÃO DE UM POLIPEPTÍDEO	2020	SPOGEN BIOTECHINC	Brasil	Não
39	BR1120190017 66A2	FORMULAÇÃO QUE COMPREENDE UMA CEPA BENÉFICA DE P. BILAI E TALCO PARA USO EM TRATAMENTO DE SEMENTE	2019	BAYER CROPS SCIENCE AG DANSTAR FERMENTAG BAYER AG	Suíça	Sim (12/2022)
40	BR1120220051 44A2	BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO GENETICAMENTE MODIFICADAS E SEUS USOS	2022	UNIV WASHINGTON STATE WISCONSIN ALUMNIRES FOUND	EUA	Não

FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de patentes nas bases de dados: PatBase® (Minesoft®) e Derwent Innovation® (Clarivate®)

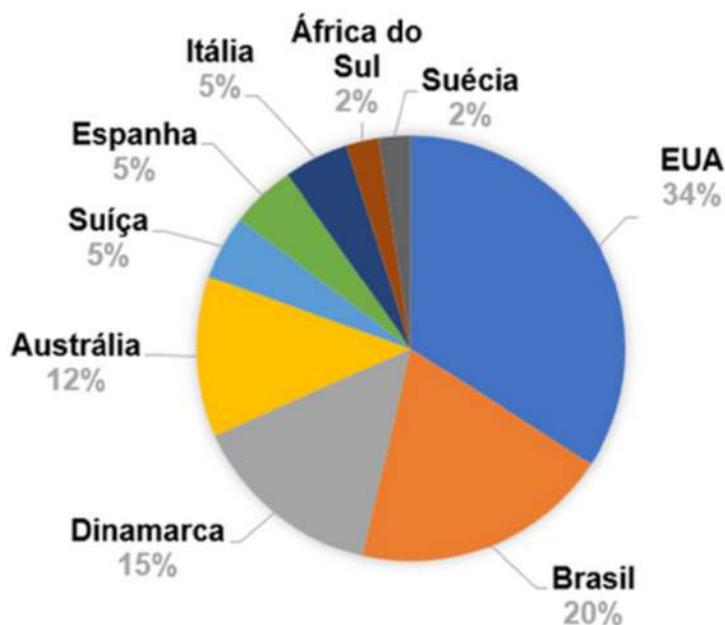
Os depositantes de patentes no escritório brasileiro são principalmente dos Estados Unidos, seguido do Brasil, Dinamarca e Austrália (GRÁFICO 6).

GRÁFICO 5 – PRINCIPAIS DEPOSITANTES DE PATENTES RELACIONADAS A BIOINSUMOS NO BRASIL (2018 - 2023)



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de patentes nas bases de dados: PatBase® (Minesoft®) e Derwent Innovation® (Clarivate®).

GRÁFICO 6 – PAÍSES DE ORIGEM DOS DEPOSITANTES DAS PATENTES NO ESCRITÓRIO BRASILEIRO

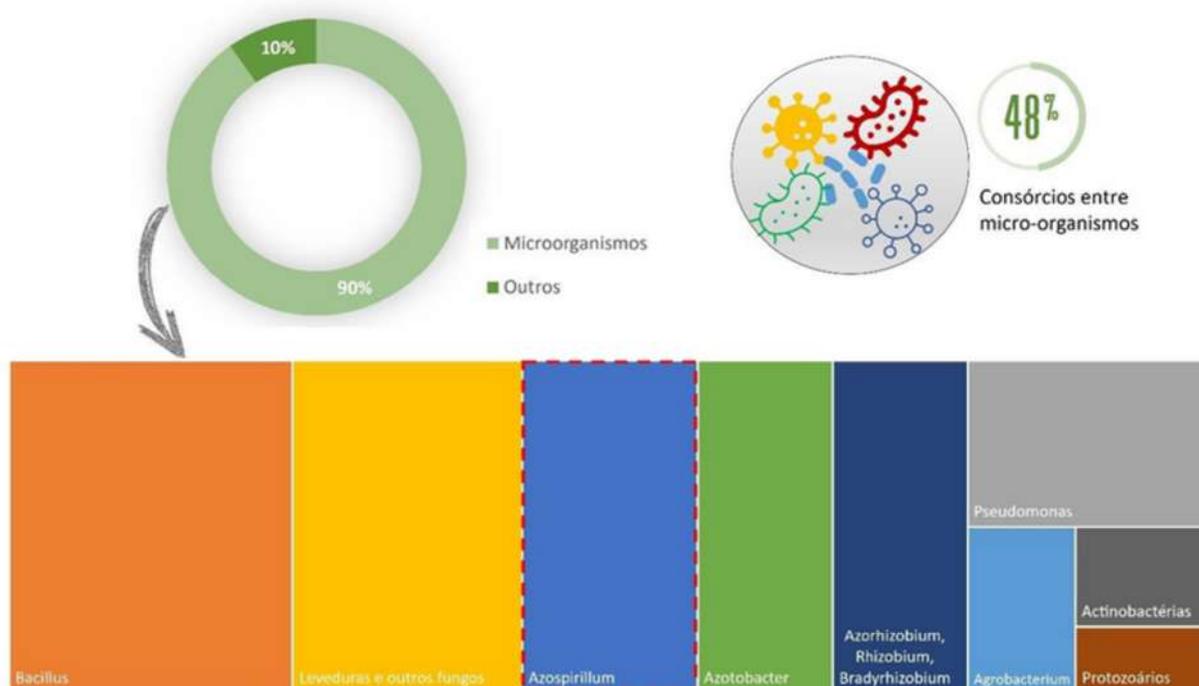


FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de patentes nas bases de dados: PatBase® (Minesoft®) e Derwent Innovation® (Clarivate®).

Embora o Brasil esteja ocupando o 2º lugar, tal posição também traz um alerta acerca da origem dos maiores depositantes de patentes em território brasileiro (EUA), sobretudo considerando o cenário atual da dependência brasileira do mercado externo para aquisição de fertilizantes (FARIAS et al., 2021). Os dados patentários analisados podem sugerir um futuro similar para o caso dos bioinsumos, tendo em vista que empresas dos EUA estão realizando uma reserva de mercado por meio da proteção por patentes de tais tecnologias no país.

Quanto às tecnologias associadas aos bioinsumos patenteados, similarmente ao que se observou para os produtos, a maioria das patentes (90%) trata da aplicação de microrganismos como ativos das formulações inoculantes, biofertilizantes e/o bioestimulantes (FIGURA 6).

FIGURA 6 – DADOS REFERENTES AOS ORGANISMOS ASSOCIADOS ÀS PATENTES LEVANTADAS



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de patentes nas bases de dados: PatBase® (Minesoft®) e Derwent Innovation® (Clarivate®).

Diferentemente do que foi observado para os produtos analisados na seção 3.1, para os quais *A. brasilense* era o principal ativo, outros organismos aparecem como tendência futura de produtos para gramíneas, incluindo *Bacillus* sp., leveduras e outros fungos, *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp. e rizóbios. Em 48% dos documentos analisados, o uso de misturas (de microorganismos) é ressaltado (FIGURA 6). Além disso, para a maioria das patentes, mais de um organismo é coberto pela invenção. Estes dados reforça as tendências atuais do uso de misturas de organismos ao invés de organismos isolados, ampliando o potencial de utilização dos bioinsumos.

Ademais, em 83% das patentes analisadas, outras tecnologias são aplicadas em conjunto com microorganismos, incluindo outros ativos, como óleos e extratos vegetais, extratos de algas e moléculas naturais isoladas (GRÁFICO 7). O uso de organismos modificados por meio de ferramentas de transformação genética (inclusive por tecnologias de edição gênica recentes como CRISPR-Cas), de forma a aumentar o potencial de fixação, solubilização e/ou mobilização de nutrientes, também tem sido abordado, como observado em 13 dos 40 documentos (GRÁFICO 7). Ressalta-se que fungos, bactérias e vírus representam os principais grupos de

microrganismos de interesse para as empresas ligadas à biotecnologia, inclusive no ramo da agropecuária. No entanto, atualmente, a legislação brasileira (Lei de Patentes 9.279/96, art. 18) não permite patentear microrganismos, exceto quando geneticamente modificados, ou seja, expressando alguma característica não encontrada naturalmente, o que pode explicar a presença de tecnologia de DNA recombinante e afins em diversas das patentes analisadas. Desse modo, para além de patentes sobre os microrganismos em si, tem-se ainda aquelas relativas aos processos de produção de inoculantes.

GRÁFICO 7 – PRINCIPAIS TECNOLOGIAS COMBINADAS AOS BIOINSUSMOS (INOCULANTES, BIOFERTILIZANTES E BIOESTIMULANTES) DESENVOLVIDOS PARA GRAMÍNEAS



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de patentes nas bases de dados: PatBase® (Minesoft®) e Derwent Innovation® (Clarivate®).

Novas tecnologias relacionadas às formulações também têm sido mencionadas nas patentes da área, com finalidade de aumento da estabilidade, reprodutibilidade e desempenho dos produtos, além de maior tempo de prateleira. As melhorias nas formulações envolvem não somente os microrganismos em si, mas também a otimização dos excipientes, aditivos, tamponantes, estabilizantes e carreadores, sendo, portanto, um aspecto relevante da produção de produtos biológicos. A análise dos documentos patentários ainda revelou que diversos polímeros, incluindo alginato e poliacrilamida, podem ser usados para encapsular microrganismos na formulação.

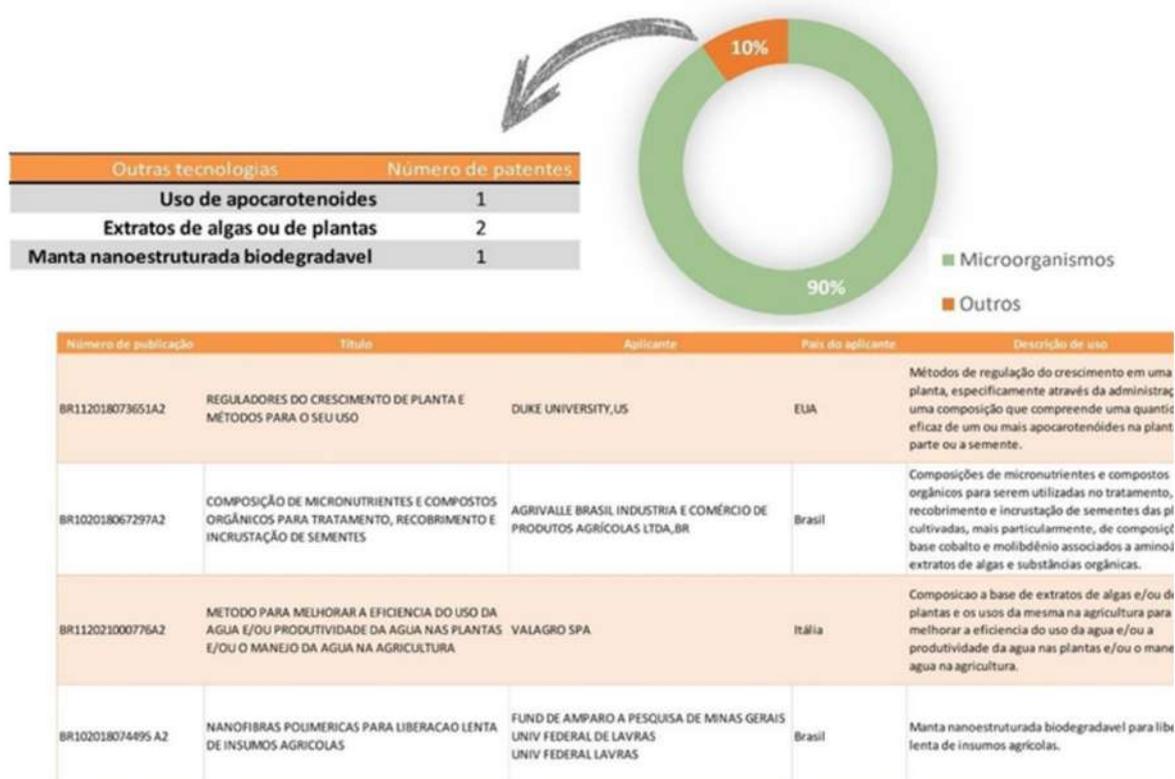
Portanto, a formulação de bioinsumos em preparações sólidas ou líquidas, compreende não apenas a preparação do microrganismo (no caso de um inoculante/biofertilizante que use organismos como ativo), mas a adição de protetores celulares (ex. glicerol, lactose, amido), carreadores, embalagem adequada e melhores métodos de entrega dos produtos. Nesse sentido, formulações recentes incluem estratégias de microencapsulação, nano-imobilização e formação de biofilmes (KUMAR et al., 2022; SANTOS; NOGUEIRA; HUNGRIA, 2019), muitas destas presentes nas patentes analisadas (TABELA 6). A adição de compostos tamponantes, aditivos, carreadores (naturais ou sintéticos, orgânicos ou não) e estabilizantes permitem a proteção dos microrganismos a altas temperaturas e às variações nas condições ambientais (seca, pH) permitindo a sobrevivência desde o armazenamento até a aplicação (KUMAR et al., 2022). Esses aspectos tecnológicos garantem maior tempo de prateleira e eficácia dos produtos.

Ainda que as questões relacionadas às formulações sejam extremamente relevantes quando se trata de avanços em bioinsumos no país, a elaboração de formulações inovadoras e eficientes, especialmente para inoculantes/biofertilizantes ainda é um processo moroso. De acordo com BASHAN et al. (2014), não se considera difícil o exercício de identificar novos microrganismos com potencial de ação, contudo, a maioria das cepas nunca chega à etapa de formulação, devido à complexidade do processo.

Além de microrganismos, quatro patentes envolvendo outros tipos de tecnologias para o desenvolvimento de bioinsumos foram levantadas (FIGURA 7): uma sobre o uso de apocarotenoides⁷, duas sobre extratos vegetais ou de algas de forma isolada (sem ação conjunta com bactérias), e uma sobre o desenvolvimento e uso de nano fibras poliméricas para composição de uma manta nano estruturada biodegradável visando a liberação lenta de bioinsumos agrícolas. Essa última tecnologia, cuja patente foi depositada por um grupo brasileiro (UFLA e FAPEMIG), é mais voltada para a entrega do ativo à planta do que ao tipo de ativo em si que está presente no bioinsumo.

⁷ Classe de produtos de oxidação de carotenoides com alta diversidade estrutural e funcional (SCIENCE DIRECT TOPICS. Apocarotenoid - An overview, 2023).

FIGURA 7 – DEMAIS TECNOLOGIAS COMBINADAS AOS BIOINSUMOS (INOCULANTES, BIOFERTILIZANTES E BIOESTIMULANTES) DESENVOLVIDOS PARA GRAMÍNEAS

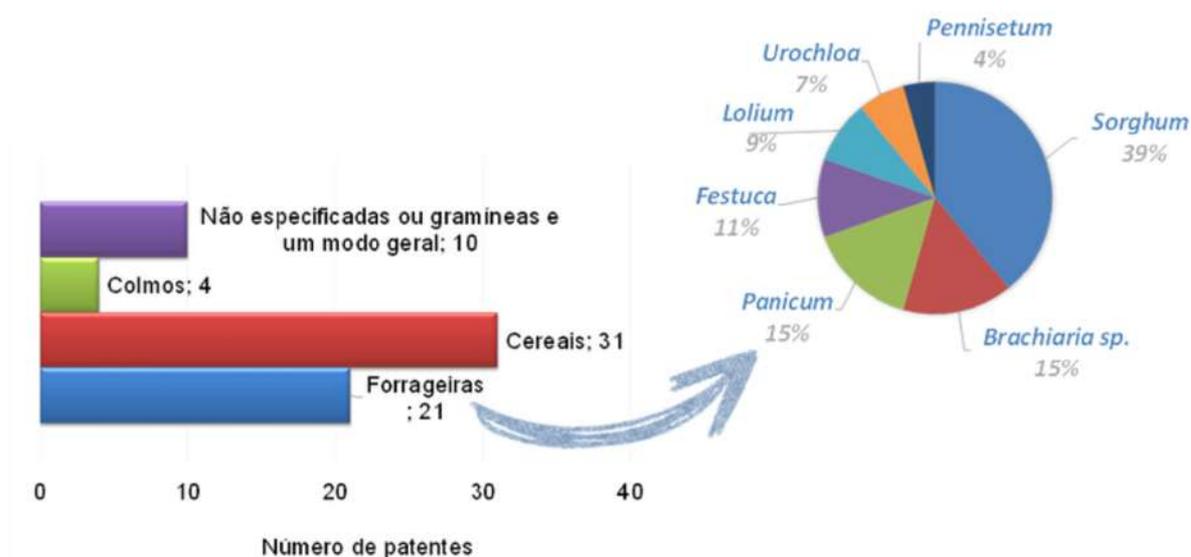


FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de patentes nas bases de dados: PatBase® (Minesoft®) e Derwent Innovation® (Clarivate®).

Com relação às culturas às quais as invenções descritas nas patentes são destinadas, destacam-se os cereais, especialmente milho, trigo, aveia, cevada e arroz, de forma similar ao observado para os produtos (seção 3.1). Um total de 31 documentos tratam de novas tecnologias para estas gramíneas (GRÁFICO 8). Em adição aos cereais, tem-se as gramíneas forrageiras (pastagens), com 21 patentes relacionadas à cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*) e aos capins (*Panicum sp.* e *Brachiaria sp.*).

Algumas patentes de bioinsumos são voltadas a gramíneas que apresentam um tipo específico de caule, denominado de colmo e, encontrado, por exemplo, em cana-de-açúcar. Ademais, dez documentos não especificam as espécies de gramíneas às quais se referem (GRÁFICO 8). Cumpre destacar que, mesmo as patentes que expressam os nomes das espécies vegetais associadas à invenção, estão relacionadas a uma ampla gama de plantas, não havendo relação com uma única espécie.

GRÁFICO 8 – VARIEDADE DE GRAMÍNEAS ASSOCIADAS ÀS PATENTES LEVANTADAS



FONTE: MAPA, 2024. Adaptado de levantamento de patentes nas bases de dados: PatBase® (Minesoft®) e Derwent Innovation® (Clarivate®).

Em relação aos métodos de aplicação nas plantas (FIGURA 8), o tratamento/revestimento de sementes aparece como principal (30 documentos), entretanto as demais patentes também mencionam a possibilidade do uso das tecnologias por pulverização (10), irrigação (4), aplicação direta no solo (11) e no sulco de plantio/semeadura (8). A maioria das patentes que versa sobre novas tecnologias em bioinsumos, trazem informações sobre a aplicação em conjunto, ou seja, combinada à fertilizantes minerais (68%, FIGURA 8), embora, na maioria dos casos, não exista detalhamento para tal.

Ressalta-se que mesmo com o incremento de produtividade e crescimento vegetal resultantes do uso de bioinsumos, bactérias como as do gênero *Azospirillum*, sobretudo em cereais, não são suficientes para suprir toda a demanda de nutrientes da planta, principalmente de N, isto é, atuam na redução parcial (25-50%) do uso de fertilizante nitrogenado mineral.

Outro aspecto a ser destacado diz respeito a menção (50% dos documentos) acerca do uso dos bioinsumos também para controle biológico (inseticida, fungicida, nematocida, entre outros). Esse dado vai ao encontro da informação mencionada acima, sobre o uso de mistura de microrganismos (48%), já que muitos dos organismos mencionados nos documentos de patente têm também ação como controle biológico, fato que caminha rumo às tendências de uso de tecnologias com mais de uma finalidade e efeito, sobretudo considerando que o consórcio microbiano pode consistir em melhoria de um bioinoculante, pois aumenta a produtividade da cultura de forma mais eficiente em comparação com um inoculante unifuncional (SHAHWAR et al., 2023).

FIGURA 8 – PRINCIPAIS MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE BIOINSUMOS E INFORMAÇÕES SOBRE USO COMBINADO AOS FERTILIZANTES NITROGENADOS



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de patentes nas bases de dados: PatBase® (Minesoft®) e Derwent Innovation® (Clarivate®).

De forma análoga ao que foi observado para os produtos, poucas são as patentes que trazem dados sobre a redução do uso de fertilizantes nitrogenados. Somente quatro documentos, dois depositados pela Pivot, um pela Symborg e um pela Green Biotech Brasil Biotecnologia Comércio e LTDA, mencionam a redução nas aplicações de fertilizante nitrogenado, decorrente do uso das novas formulações propostas pela patente (TABELA 7). As reduções no número de aplicações de fertilizantes mencionadas variam entre 50 e 75%, com dados em quilos de nitrogênio em torno de 28,4 kg/ha, o que corresponde a 75,3 kg de CO² equivalente/ha evitados (calculado conforme descrito na metodologia do presente estudo e baseando-se no IPCC 2006 e 2014). Ainda segundo esses dados, a redução em N²O seria de 0,28 kg/ha.

TABELA 7 – PATENTES PESQUISADAS E DADOS DE REDUÇÃO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS

Número de publicação	Título	Ano de publicação	Depositante	País de origem do depositante	Economia de N fertilizante
BR1120210 15218A2	CONSISTÊNCIA APRIMORADA DE RENDIMENTO DE CULTURA ATRAVÉS DE FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO	2022	PIVOT BIO INC., US	EUA	11,4 kg/acre (28,4 kg/ha)
BR1120200 26771A2	COMPOSIÇÕES AGRÍCOLAS QUE COMPREENDEM MICRÓBIOS DE FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO REMODELADOS	2021	PIVOT BIO INC., US	EUA	11,4 kg/acre (28,4 kg/ha)
BR1120210 24415A2	CEPA DE METHYLOBACTERIUM SP. NOV., COMPOSIÇÕES COMPREENDENDO A MESMA, E SEU USO COMO BIOESTIMULANTE E BACTÉRIA FIXADORA DE NITROGÊNIO ENDÓFITA	2022	SYMBORG SL, ES	Espanha	60%
BR1020190 26300A2	COMPOSIÇÃO INOCULANTE À BASE DE BIOMASSA E USOS DA MESMA	2021	GREEN BIOTECH BRASIL	Brasil	50-75%

FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de patentes nas bases de dados: PatBase® (Minesoft®) e Derwent Innovation® (Clarivate®).

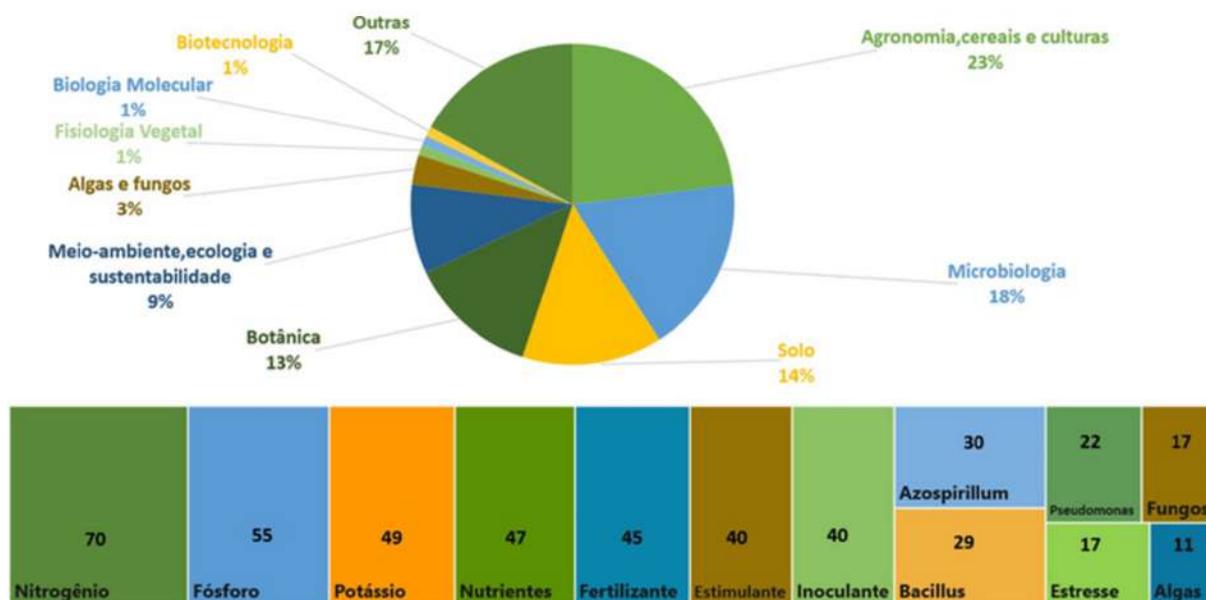
Diferentes pesquisas e novas invenções mostram que os fertilizantes químicos podem ser complementados com inoculantes microbianos distintos. De fato, o uso de inoculantes complementares aos fertilizantes químicos está emergindo como alternativa à conservação da capacidade produtiva das culturas, além de reduzir a carga química de fertilizantes minerais no meio ambiente e as emissões de GEE resultantes de toda a cadeia de produção (SAMMAURIA et al., 2020). Contudo, cabe ressaltar que poucas patentes apresentam dados gerais referentes à economia de fertilizantes minerais, a partir do uso de bioinsumos, o que pode possivelmente estar relacionado à dificuldade na reprodutibilidade dos efeitos dos insumos, devido, por exemplo, às condições de solo e clima.

3.2.2 Análise de Artigos Científicos Publicados por Grupos Brasileiros (Etapa 3)

Foram levantados cerca de 500 artigos científicos, publicados por diferentes grupos de pesquisa na área de bioinsumos (usando os termos discriminados na estratégia de busca apresentada da TABELA 4, seção 2.2.2). Os manuscritos são provenientes de setores distintos, destacando-se tópicos como agronomia, cereais

e culturas (somando 23%), microbiologia (18%), p solo (14%) e botânica (13%) (FIGURA 9A). Nestes trabalhos, algumas palavras-chave foram utilizadas, destacando-se: nitrogênio, fósforo, potássio, fertilizante, estimulante, inoculante, *Azospirillum*, *Pseudomonas* e *Bacillus* (FIGURA 9B).

FIGURA 9 – PRINCIPAIS ÁREAS RELACIONADAS AOS ARTIGOS CIENTÍFICOS LEVANTADOS E TERMOS MAIS RECORRENTES



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de artigos científicos nas bases de dados: Scopus® (Elsevier®) e Web of Science® (Clarivate®).

Algas, fungos e “estresse” também aparecem como termos recorrentes, sendo este último relacionado a outros usos menos explorados pela área de bioinsumos e conectado à mitigação de estresse em plantas. É importante recordar que o termo “bioisumo” refere-se a produtos empregados não somente na manutenção da qualidade do solo, e nos processos de fixação, mobilização, solubilização de nutrientes, e no manejo de pragas e doenças, mas também na tolerância aos estresses abiótico e biótico (RENGALAKSHMI et al., 2018).

Dentre os 80 artigos levantados e publicados por grupos de pesquisa brasileiros, quatro são revisões bibliográficas (TABELA 8). Todas as publicações envolvem, ou a participação de pesquisadores de universidades, ou de institutos de ensino e/ou pesquisa, ou empresas de pesquisa, sendo que em 30 destes há a participação da Embrapa (FIGURA 10). É importante mencionar a participação de

empresas privadas em quatro publicações (TABELA 8, FIGURA 10), embora não seja um número expressivo, denota a preocupação do setor no desenvolvimento de novas tecnologias, desde as etapas iniciais. Há pelo menos uma década se observa que as interações entre universidades e empresas vêm ganhando destaque em estudos na área de inovação, o que pode ser explicado pelo papel das universidades como fonte de informações importantes para os esforços inovativos das empresas (GARCIA et al., 2014).

FIGURA 10 – PRINCIPAIS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS (ENSINO E/OU PESQUISA) E EMPRESAS PRIVADAS RESPONSÁVEIS PELA PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS NA ÁREA DE BIOINSUMOS



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de artigos científicos nas bases de dados: Scopus® (Elsevier®) e Web of Science® (Clarivate®).

Com relação ao potencial de uso dos bioinsumos como alternativa ou complemento aos fertilizantes minerais, a maioria dos trabalhos (74%) versa sobre efeitos em solubilização de nutrientes e fixação de nitrogênio, esta última sendo a principal ação estudada (GRÁFICO 9), fato este que pode ser explicado pelo grande número de estudos com foco em ações de microrganismos fixadores de nitrogênio, como inoculantes para gramíneas (TABELA 9, GRÁFICO 9).

TABELA 8 – ARTIGOS CIENTÍFICOS COM FOCO EM BIOINSUMOS (BIOESTIMULANTES, BIOFERTILIZANTES E INOCULANTES), PUBLICADOS POR GRUPOS DE PESQUISA BRASILEIROS

Nº REFERÊNCIA	AUTORES	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO	INSTITUIÇÃO BRASILEIRA ENVOLVIDA
1	Pedrosa, FO; Oliveira, ALM; Guimaraes, VF; Etto, RM; Souza, EM; Furrnham, FG; Goncalves, DRP; Santos, OJAP; Goncalves, LSA; Battistus, AG; Galvao, CW	The ammonium excreting <i>Azospirillum brasilense</i> strain HM053: a new alternative inoculant for maize	PLANT AND SOIL	2020	Univ Estadual Ctr Oeste Unicentro Univ Estadual Londrina Univ Estadual Maringa Univ Estadual Ponta Grossa
2	Gavilanes, FZ; Andrade, DS; Zucarelli, C.; Horacio, EH; Yunes, JS; Barbosa, AP; Alves, LAR; Cruzatty, LG; Maddela, NR; Guimaraes, MD	Co-inoculation of <i>Anabaena cylindrica</i> with <i>Azospirillum brasilense</i> increases grain yield of maize hybrids	RHIZOSPHERE	2020	Inst Agron Parana Univ Estadual Londrina Univ Fed Rio Grande
3	Yoshiura, CA; Venturini, AM; Braga, LPP; Da Franca, AG; De Lyra, MDPC; Tsai, SM; Rodrigues, JLM	Responses of Low-Cost Input Combinations on the Microbial Structure of the Maize Rhizosphere for Greenhouse Gas Mitigation and Plant Biomass Production	FRONTIERS IN PLANT SCIENCE	2021	Univ Sao Paulo Inst Agron Pernambuco
4	de Oliveira, A; Saito, MA; Baleroni, AG; Matsuzaki, RA; Bertagna, F; Colevate, ATK; Scapim, CA; Guimaraes, LSD	Methods of inoculation of plant growth-promoting rhizobacteria in specially maize genotypes under organic agriculture system	ACTA SCIENTIARUM-AGRONOMY	2022	Univ Estadual Londrina Univ Estadual Maringa
5	Santos, MS; Nogueira, MA; Hungria, M	Outstanding impact of <i>Azospirillum brasilense</i> strains Ab-V5 and Ab-V6 on the Brazilian agriculture: Lessons that farmers are receptive to adopt new microbial inoculants	REVISTA BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO	2021	Univ Estadual Londrina Embrapa Soja
6	Guimaraes, GS; Rondina, ABL; Santos, MS; Nogueira, MA; Hungria, M	Pointing Out Opportunities to Increase Grassland Pastures Productivity via Microbial Inoculants: Attending the Society's Demands for Meat Production with Sustainability	AGRONOMY-BASEL	2022	Univ Estadual Londrina Embrapa Soja

Nº REFERÊNCIA	AUTORES	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO	INSTITUIÇÃO BRASILEIRA ENVOLVIDA
7	Ludwig, RL; Martin, TN; Rockenbach, D; Giacomini, S; Vey, RT	Agronomic performance of wheat cultivars in response to inoculation (<i>Azospirillum brasilense</i>) and nitrogen application	REVISTA CAATINGA	2022	Univ Fed Santa Maria Inst Fed Educ Ciencia & Tecnol Rio Grande Do Sul Taruma Trade & Representat
8	Ferrarezi, JA; Carvalho-Estrada, PD; Batista, BD; Aniceto, RM; Tschoeke, BAP; Andrade, PAD; Lopes, BD; Bonatelli, ML; Odisi, EJ; Azevedo, JL; Quecine, MC	Effects of inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria from the Brazilian Amazon on the bacterial community associated with maize in field	APPLIED SOIL ECOLOGY	2022	Univ Sao Paulo
9	Leite, RD; dos Santos, AC; dos Santos, JGD; Leite, RD; de Oliveira, LBT; Hungria, M	Mitigation of Mombasa Grass (<i>Megathyrus maximus</i>) Dependence on Nitrogen Fertilization as a Function of Inoculation with <i>Azospirillum brasilense</i>	REVISTA BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO	2019	Univ Fed Rural Amazonia Univ Fed Tocantins Univ Fed Maranhao Embrapa Soja
10	Roque, WF; Guimaraes, SL; Bonfim-Silva, EM	Desenvolvimento de plantas de trigo coinoculadas com estirpes de rizobio	REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRICOLA E AMBIENTAL	2021	Univ Fed Rondonopolis
11	Quatrin, MP; Olivo, CJ; Simonetti, GD; Bratz, VF; de Godoy, GL; Casagrande, LG	Response of dual-purpose wheat to nitrogen fertilization and seed inoculation with <i>Azospirillum brasilense</i>	CIENCIA E AGROTECNOLOGIA	2019	Univ Fed Santa Maria
12	Numoto, AY; Vidigal, PS; Scapim, CA; Franco, AAN; Ortiz, AHT; Marques, OJ; Peloso, MF	Agronomic performance and sweet corn quality as a function of inoculant doses (<i>Azospirillum brasilense</i>) and nitrogen fertilization management in summer harvest	BRAGANTIA	2019	Univ Estadual Maringa Inst Fed Para Univ Fed Uberlandia
13	Perini, LJ; Zeffa, DM; Roesler, WR; Zucareli, C; Goncalves, LSA	Co-inoculation and inoculation methods of plant growth-promoting bacteria in wheat yield performance	SEMINA-CIENCIAS AGRARIAS	2021	Univ Estadual Londrina Univ Estadual Maringa

Nº REFERÊNCIA	AUTORES	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO	INSTITUIÇÃO BRASILEIRA ENVOLVIDA
14	Marques, DM; Magalhaes, PC; Marriel, IE; Gomes, CC; da Silva, AB; da Silva, NTA; de Souza, TC	Azospirillum brasilense Reduces the Effects of Water Stress and Increases Maize Yield in Irrigated Areas with High Soil Nitrogen Doses	JOURNAL OF PLANT GROWTH REGULATION	2023	Univ Fed Lavras Embrapa Milho E Sorgo Univ Fed Alfenas Univ Jose Do Rosario Vellano Univ Fed Sao Joao del Rei
15	de Almeida, JR; Bonatelli, ML; Batista, BD; Teixeira-Silva, NS; Mondin, M; dos Santos, RC; Bento, JMS; Hayashibara, CAD; Azevedo, JL; Quecine, MC	Bacillus thuringiensis RZ2MS9, a tropical plant growth-promoting rhizobacterium, colonizes maize endophytically and alters the plant's production of volatile organic compounds during co-inoculation with Azospirillum brasilense Ab-V5	ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY REPORTS	2021	Univ Sao Paulo
16	Barbosa, JZ; Roberto, LD; Hungria, M; Correa, RS; Magri, E; Correia, TD	Meta-analysis of maize responses to Azospirillum brasilense inoculation in Brazil: Benefits and lessons to improve inoculation efficiency	APPLIED SOIL ECOLOGY	2022	Univ Estadual Sud Minas Univ Federal Paraná Embrapa Soja Univ Brasilia
17	Lopes, VR; Bessalho, JC; Figueiredo, GGO; de Oliveira, RA; Daros, E	Interaction between sugarcane families and plant growth-promoting bacteria in two crop cycles	SEMINA-CIENCIAS AGRARIAS	2019	Univ Fed Parana
18	Duarte, CFD; Cecato, U; Biserra, TT; Mamedio, D; Galbeiro, S	Azospirillum spp. in grasses and forages. Review	REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS PECUARIAS	2020	Univ Estadual Maringa Univ Estadual Londrina
19	Bourscheidt, MLB; Gomes, FJ; Pedreira, CGS; Boote, KJ; Hoogenboom, G; Pereira, DH; Pedreira, BC	Highlighting the benefits of biological nitrogen fixation on agronomic, physiological, and nutritive value traits of brachiariagrass	EUROPEAN JOURNAL OF AGRONOMY	2023	Univ Fed Mato Grosso Univ Sao Paulo
20	Checchio, MV; Alves, RD; de Oliveira, KR; Moro, GV; dos Santos, DMM; Gratao, PL	Enhancement of salt tolerance in corn using Azospirillum brasilense: an approach on antioxidant systems	JOURNAL OF PLANT RESEARCH	2021	Univ Estadual Paulista Inst Nacl Semiarido

Nº REFERÊNCIA	AUTORES	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO	INSTITUIÇÃO BRASILEIRA ENVOLVIDA
21	Coelho, SP; Galvao, JCC; Giehl, J; De Jesus, EV; Mendonca, BF; Campos, SD; Brito, LF; Dos Santos, TR; Dourado, ED; Kasuya, MCM; Silva, MDS; Cecon, PR	<i>Azospirillum brasilense</i> increases corn growth and yield in conventional low input cropping systems	RENEWABLE AGRICULTURE AND FOOD SYSTEMS	2021	Univ Fed Vicosa Fed Inst Minas Gerais, Univ Fed Goiás
22	Casagrande, LG; Olivo, CJ; Aires, JF; Vieira, AC; Charao, AA; Quatrin, MP; Grzelak, FA; Frantz, MD; Salvador, MEC; de Andrade, BM; dos Santos, PB; Tonin, TJ	Production and nutritive value of Tifton 85 bermudagrass pastures overseeded with annual ryegrass and inoculated with diazotrophic bacteria	JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE	2022	Univ Fed Santa Maria Univ Fed Rio Grande do Sul ETE Cruzeiro Sul
23	Moreira, BRD; Viana, RD; Favato, VL; de Figueiredo, PAM; Lisboa, LAM; Miasaki, CT; Magalhaes, AC; Ramos, SB; Viana, CRD; Trindade, VDR; May, A	<i>Azospirillum brasilense</i> Can Impressively Improve Growth and Development of <i>Urochloa brizantha</i> under Irrigation	AGRICULTURE-BASEL	2020	Univ Est São Paulo Brazilian Agr Res Corp Embrapa
24	Scudeletti, D; Crusciol, CAC; Momesso, L; Bossolani, JW; Moretti, LG; De Oliveira, EF; Tubana, BS; Silva, MD; de Castro, SGO; Hungria, M	Inoculation with <i>Azospirillum brasilense</i> as a strategy to enhance sugarcane biomass production and bioenergy potential	EUROPEAN JOURNAL OF AGRONOMY	2023	Univ Est São Paulo Embrapa Soja AgroQuatro-S Experimentação Agronômica
25	Marques, D. M., Magalhães, P. C., Marriel, I. E., Júnior, C. C. G., da Silva, A. B., dos Reis, C. O., de Souza, T. C	Does <i>Azospirillum brasilense</i> mitigate water stress and reduce the use of nitrogen fertilizers in maize?	SOUTH AFRICAN JOURNAL OF BOTANY	2023	Univ Fed Lavras Embrapa Milho E Sorgo Univ Fed Alfenas Univ Jose Do Rosario Vellano
26	Ribeiro, V. P., Gomes, E. A., de Sousa, S. M., de Paula Lana, U. G., Coelho, A. M., Marriel, I. E., & de Oliveira-Paiva, C. A.	Co-inoculation with tropical strains of <i>Azospirillum</i> and <i>Bacillus</i> is more efficient than single inoculation for improving plant growth and nutrient uptake in maize	ARCHIVES OF MICROBIOLOGY	2022	Univ Fed São João Del Rey Embrapa Milho de Sorgo Centro Universitário De Sete Lagoas
27	de Souza Gênero, J. F., Messa, V. R., Beladeli, M. N., da Costa, A. C. T., & Júnior, J. B. D.	Rhizosphere nitrogen-fixing bacteria (free-living) contribute to nitrogen absorption in wheat	RHIZOSPHERE	2020	Univ Est Oeste Paraná

Nº REFERÊNCIA	AUTORES	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO	INSTITUIÇÃO BRASILEIRA ENVOLVIDA
28	Santos, M. S., Rodrigues, T. F., Ferreira, E., Megias, M., Nogueira, M. A., & Hungria, M.	Method for recovering and counting viable cells from maize seeds inoculated with <i>Azospirillum brasilense</i>	JOURNAL OF PURE AND APPLIED MICROBIOLOGY	2020	Embrapa Soja Univ Estadual Londrina
29	dos Santos, F. L., Vian, A. L., da Silva, F. B., de Sá, E. L. S., Bredemeier, C., Trentin, C., & Drum, M. A	Reduction in nitrogen fertilization in <i>Triticum</i> sp. inoculated and co-inoculated	REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS	2020	Univ Fed Rio Grande do Sul Univ Fed Passo Fundo
30	Chaves, E. I. D. Ó., Guimarães, V. F., Vendruscolo, E. C. G., dos Santos, M. F., de Oliveira, F. F., de Abreu, J. A. C., ... & de Vasconcelos, E. S.	Interactions between endophytic bacteria and their effects on poaceae growth performance in different inoculation and fertilization conditions	AUSTRALIAN JOURNAL OF CROP SCIENCE	2019	UNIOESTE UFPR
31	Zeffa, D. M., Perini, L. J., Silva, M. B., de Sousa, N. V., Scapim, C. A., Oliveira, A. L. M. D., ... & Azeredo Goncalves, L. S.	<i>Azospirillum brasilense</i> promotes increases in growth and nitrogen use efficiency of maize genotypes	PLOS ONE	2019	Univ Estadual de Maringá Univ Estadual de Londrina UENF
32	Hungria, M., Barbosa, J. Z., Rondina, A. B. L., & Nogueira, M. A.	Improving maize sustainability with partial replacement of N fertilizers by inoculation with <i>Azospirillum brasilense</i>	AGRONOMY JOURNAL	2022	Embrapa Soja Instituto Federal do Sul de Minas
33	de Carvalho, C. L. M., Duarte, A. N. M., Hungria, M., Nogueira, M. A., Moreira, A., & Soares Filho, C. V.	Nitrogen in Shoots, Number of Tillers, Biomass Yield and Nutritive Value of Zuri Guinea Grass Inoculated with Plant-Growth Promoting Bacteria	INTERNATIONAL JOURNAL FOR INNOVATION EDUCATION AND RESEARCH	2020	Univ Fed São Paulo Embrapa Soja
34	Pinc, M. M., Cione Junior, D. A., Bazzanella Neto, M., Polli, E., Dalmagro, M., Donadel, G., ... & Alberton, O	Growth and nutrition of <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu inoculated with plant growth promoting bacteria and under different doses of nitrogen	RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT	2020	Univ Paranaense

Nº REFERÊNCIA	AUTORES	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO	INSTITUIÇÃO BRASILEIRA ENVOLVIDA
35	Hungria, M., Rondina, A. B. L., Nunes, A. L. P., Araujo, R. S., & Nogueira, M. A.	Seed and leaf-spray inoculation of PGPR in brachiarias (<i>Urochloa</i> spp.) as an economic and environmental opportunity to improve plant growth, forage yield and nutrient status	PLANT SOIL	2021	Embrapa Soja Total Biotecnologia Indústria e Comércio S/A, Biotrop
36	Amaral, MB; Ribeiro, TG; Alves, GC; Coelho, MRR; Matta, FD; Baldani, JI; Baldani, VLD	The occurrence of rhizobacteria from <i>Paspalum</i> genotypes and their effects on plant growth	SCIENTIA AGRICOLA	2022	Univ Fed Rural Rio de Janeiro Embrapa Agrobiol Embrapa Pecuaria Sudeste
37	Martins, DS; Reis, VM; Schultz, N; Alves, BJR; Urquiaga, S; Pereira, W; Sousa, JS; Boddey, RM	Both the contribution of soil nitrogen and of biological N-2 fixation to sugarcane can increase with the inoculation of diazotrophic bacteria	PLANT AND SOIL	2020	Univ Fed Rural Rio de Janeiro Embrapa Agrobiol
38	Pereira, W., Sousa, J. S., Schultz, N., & Reis, V. M.	Sugarcane Productivity as a Function of Nitrogen Fertilization and Inoculation with Diazotrophic Plant Growth-Promoting Bacteria	SUGAR TECHNOLOGY	2019	Embrapa Agrobiologia UFRRJ
39	Simões, W. L., Oliveira, A. R. D., Souza, M. A. D., Reis, V. M., & Ivan, P.	Efficient inoculation of diazotrophic bacteria into sugarcane by the drip irrigation system	PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA	2019	Embrapa Semiárido Embrapa Agrobiologia Univ Est Bahia
40	Irineu, LESD; Soares, CD; Soares, TS; de Almeida, FA; Almeida-Silva, F; Gazara, RK; Meneses, CHSG; Canelas, LP; Silveira, V; Venancio, TM; Olivares, FL	Multimic Approaches Reveal Hormonal Modulation and Nitrogen Uptake and Assimilation in the Initial Growth of Maize Inoculated with <i>Herbaspirillum seropedicae</i>	PLANTS-BASEL	2023	Univ Estadual Norte Fluminense Inst Fed Roraima Univ Sao Paulo
41	Alves, GC; Dos Santos, CLR; Zilli, JE; Dos Reis, FB; Marriel, IE; Breda, FAD; Boddey, RM; Reis, VM	Agronomic evaluation of <i>Herbaspirillum seropedicae</i> strain ZAE94 as an inoculant to improve maize yield in Brazil	PEDOSPHERE	2021	Univ Fed Rural Rio de Janeiro Univ Fed Mato Grosso Embrapa Agrobiol Embrapa Cerrados Embrapa Milho e Sorgo

Nº REFERÊNCIA	AUTORES	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO	INSTITUIÇÃO BRASILEIRA ENVOLVIDA
42	Scheidt, W; Pedroza, ICPD; Fontana, J; Meleiro, LAD; Soares, LHD; Reis, VM	Optimization of culture medium and growth conditions of the plant growth-promoting bacterium <i>Herbaspirillum seropedicae</i> BR11417 for its use as an agricultural inoculant using response surface methodology (RSM)	PLANT AND SOIL	2020	Univ Fed Rural Rio de Janeiro Embrapa Agrobiol
43	Pinheiro, P. L., Passos, R. R., Pecanha, A. L., & Mendonca, E. D. S.	Application of biofertilizer in degraded pasture modified C dynamics and improved forage yield in a short-term period at the tropical region	AUSTRALIAN JOURNAL OF CROP SCIENCE	2020	Univ Fed Espirito Santo
44	de Azevedo, I. G., Olivares, F. L., Ramos, A. C., Bertolazi, A. A., & Canellas, L. P.	Humic acids and <i>Herbaspirillum seropedicae</i> change the extracellular H ⁺ flux and gene expression in maize roots seedlings	CHEMICAL AND BIOLOGICAL TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE	2019	Univ Est Norte Fluminense
45	Bueno, C. B., Dos Santos, R. M., de Souza Buzo, F., & Rigobelo, E. C	Effects of Chemical Fertilization and Microbial Inoculum on <i>Bacillus subtilis</i> Colonization in Soybean and Maize Plants	FRONTIERS IN MICROBIOLOGY	2022	UNESP Jaboticabal UNESP Ilha Solteira
46	Costa, S. D. A. D., Cardoso, A. F., Castro, G. L. S. D., Junior, D. D. D. S., Silva, T. C. D., & Silva, G. B. D	Co-Inoculation of <i>Trichoderma asperellum</i> with <i>Bacillus subtilis</i> to Promote Growth and Nutrient Absorption in Marandu Grass	APPLIED AND ENVIRONMENTAL SOIL SCIENCE	2022	Univ Fed Amazônia Univ Fed Amazonas Inst Tecnológico Vale
47	Lobo, L. L. B., dos Santos, R. M., & Rigobelo, E. C.	Promotion of maize growth using endophytic bacteria under greenhouse and field conditions, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture	AUSTRALIAN JOURNAL OF CROP SCIENCE	2019	UNESP Jaboticabal

Nº REFERÊNCIA	AUTORES	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO	INSTITUIÇÃO BRASILEIRA ENVOLVIDA
48	Manrique, A. E. R., Mazzuchelli, R. D. C. L., Araujo, A. S. F., & Araujo, F. F. D.	Conditioning and coating of <i>Urochloa brizantha</i> seeds associated with inoculation of <i>Bacillus subtilis</i>	PESQ. AGROPEC. TROP., GOIÂNIA	2019	Univ Oeste Paulista Univ Fed do Piauí
49	Massucato, LR; Almeida, SRD; Silva, MB; Mosela, M; Zeffa, DM; Nogueira, AF; de Lima, RB; Mian, SL; Higashi, AY; Teixeira, GM; Shimizu, GD; Giacomini, RM; Fendrich, RC; Faria, MV; Scapim, CA; Goncalves, LSA	Efficiency of Combining Strains Ag87 (<i>Bacillus megaterium</i>) and Ag94 (<i>Lysinibacillus</i> sp.) as Phosphate Solubilizers and Growth Promoters in Maize	MICROORGANISMS	2022	Univ Estadual Ctr Oeste Unicentro Univ Estadual Londrina Univ Estadual Maringa
50	Mosela, M; Andrade, G; Massucato, LR; Almeida, SRD; Nogueira, AF; de Lima, RB; Zeffa, DM; Mian, S; Higashi, AY; Shimizu, GD; Teixeira, GM; Branco, KS; Faria, MV; Giacomini, RM; Scapim, CA; Goncalves, LSA	<i>Bacillus velezensis</i> strain Ag75 as a new multifunctional agent for biocontrol, phosphate solubilization and growth promotion in maize and soybean crops	SCIENTIFIC REPORTS	2022	Univ Estadual Ctr Oeste Unicentro Univ Estadual Londrina Univ Estadual Maringa
51	Santos, R. M. D., & Rigobelo, E. C.	Growth-Promoting Potential of Rhizobacteria Isolated from Sugarcane	Front. Sustain. Food Syst.	2021	UNESP
52	Sandini, IE; Pacentchuk, F; Hungria, M; Nogueira, MA; da Cruz, SP; Nakatani, AS; Araujo, RS	Seed Inoculation with <i>Pseudomonas fluorescens</i> Promotes Growth, Yield and Reduces Nitrogen Application in Maize	INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE AND BIOLOGY	2019	Univ Estadual Centro Oeste Embrapa Soja Univ Fed Santa Catarina Total Biotechnol Ind & Comercio AS
53	Nascimento, RD; Cavalcanti, MIP; Correia, AD; Escobar, IEC; de Freitas, ADS; Nobrega, RSA; Fernandes, PI	Maize-associated bacteria from the Brazilian semiarid region boost plant growth and grain yield	SYMBIOSIS	2021	Univ Fed Reconcavo Bahia Univ Fed Paraiba Univ Estadual Paraiba Univ Fed Vale do Sao Francisco Univ Fed Pernambuco

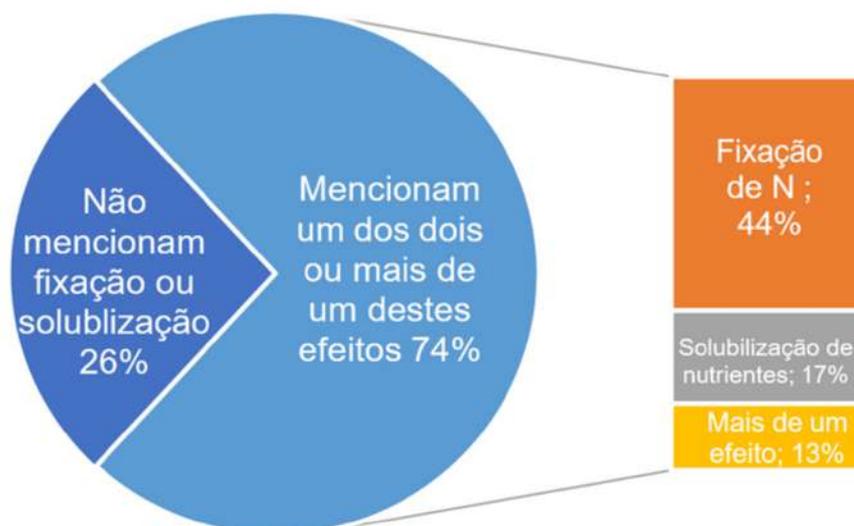
Nº REFERÊNCIA	AUTORES	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO	INSTITUIÇÃO BRASILEIRA ENVOLVIDA
54	Leite, MLDV; da Silva, MC; Simoes, VJLP; de Lucena, LRR; Sales, AT	Bioestimulant use in pangolao grass <i>Digitaria pentzii</i> subjected to saline stress	REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL	2023	Univ Fed Rural Pernambuco
55	Bispo, RLB; Ceccato-Antonini, SR; Takita, MA; Rosa-Magri, MM	Exogenous Indole-3-Acetic Acid Production and Phosphate Solubilization by <i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck in Heterotrophic Conditions	FERMENTATION-BASEL	2023	Univ Fed Sao Carlos Inst Agron Campinas
56	Lorentz, JF; Calijuri, ML; Assemany, PP; Alves, WS; Pereira, OG	Microalgal biomass as a biofertilizer for pasture cultivation: Plant productivity and chemical composition	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	2020	Univ Fed Vicosa
57	Castro, JD; Calijuri, ML; Mattiello, EM; Ribeiro, VJ; Assemany, PP	Algal biomass from wastewater: soil phosphorus bioavailability and plants productivity	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	2020	Univ Fed Vicosa Univ Fed Lavras
58	Kholssi, R., Marks, E. A., Miñón, J., Montero, O., F. Lorentz, J., Deboudi, A., & Rad, C.	Biofertilizing Effects of <i>Anabaena cylindrica</i> Biomass on the Growth and Nitrogen Uptake of Wheat	COMMUNICATIONS IN SOIL SCIENCE AND PLANT ANALYSIS	2022	Univ Fed Viçosa
59	Klaic, R; Guimaraes, GGF; Giroto, AS; Bernardi, ACC; Zangirolami, TC; Ribeiro, C; Farinas, CS	Synergy of <i>Aspergillus niger</i> and Composites in Biofertilizer Increases the Availability of Nutrients to Plants	CURRENT MICROBIOLOGY	2021	Univ Fed Sao Carlos Embrapa Instrumentacao Empresa Pesquisa Agr & Extensao Rural Embrapa Pecuaria Sudeste
60	Santos, MS; Nogueira, MA; Hungria, M	Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture	AMB EXPRESS	2019	Embrapa Soja Univ Estadual Londrina
61	Beltran-Medina, JI; Romero-Perdomo, F; Molano-Chavez, L; Silva, AMM; Estrada-Bonilla, GA	Differential Plant Growth Promotion Under Reduced Phosphate Rates in Two Genotypes of Maize by a Rhizobial Phosphate-Solubilizing Strain	FRONTIERS IN SUSTAINABLE FOOD SYSTEMS	2022	Univ Sao Paulo

Nº REFERÊNCIA	AUTORES	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO	INSTITUIÇÃO BRASILEIRA ENVOLVIDA
62	Cavalcanti, MIP; Nascimento, RD; Rodrigues, DR; Escobar, IEC; Fraiz, ACR; de Souza, AP; de Freitas, ADS; Nobrega, RSA; Fernandes, PI	Maize growth and yield promoting endophytes isolated into a legume root nodule by a cross-over approach	RHIZOSPHERE	2020	Univ Fed Reconcavo Bahia Univ Fed Paraiba Univ Estadual Paraiba Univ Fed Vale do Sao Francisco Univ Fed Pernambuco
63	Nascimento, AD; Maciel, AM; Silva, JBG; Mendonca, HV; de Paula, VR; Otento, MH	Biofertilizer Application on Corn (<i>Zea mays</i>) Increases the Productivity and Quality of the Crop Without Causing Environmental Damage	WATER AIR AND SOIL POLLUTION	2020	Univ Fed Juiz de Fora Univ Fed Rural Rio de Janeiro Embrapa Dairy Cattle
64	Popin, G. V., dos Santos, A. K. B., Ferrão, G. E., Lourenco, D. A., & Siqueira-Neto, M.	Effect of organic N-sources on maize yield components	AUSTRALIAN JOURNAL OF CROP SCIENCE	2019	USP Esalq Univ Fed Maranhão
65	dos Santos, AMF; dos Santos, VB; de Araujo, AMS; Ferraz, ASD; Rolim, GD; Lazo, RA; Carvalho, MJN	Alternative for potassic fertilization of vegetables in organic management in low fertility natural soil of the humid tropics	EMIRATES JOURNAL OF FOOD AND AGRICULTURE	2020	UNESP Jaboticabal Paulo VI Univ City
66	dos Santos, JV; Ribeiro, PRA; Carneiro, MAB; Soares, IC; Fiorini, IVA; Cancellier, LL; Veiga, AD; Albuquerque, CJB; von Pinho, RG; Moreira, FMS	Formononetin accelerates mycorrhization and increases maize production at low phosphorus application rates	ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIENCIAS	2020	Univ Fed Lavras Univ Fed Uberlandia Embrapa Cerrados
67	Zuluaga, MYA; de Oliveira, ALM; Valentimuzzi, F; Tiziani, R; Pli, Y; Mimmo, T; Cesco, S	Can Inoculation with the Bacterial Biostimulant <i>Enterobacter</i> sp. Strain 15S Be an Approach for the Smarter P Fertilization of Maize and Cucumber Plants?	FRONTIERS IN PLANT SCIENCE	2021	Univ Estadual Londrina
68	Santana, SRA; Voltolini, TV; Antunes, GD; da Silva, VM; Simoes, WL; Morgante, CV; de Freitas, ADS; Chaves, ARD; Aidar, SD; Fernandes-Junior, PI	Inoculation of plant growth-promoting bacteria attenuates the negative effects of drought on sorghum	ARCHIVES OF MICROBIOLOGY	2020	Univ Fed Vale Sao Francisco Embrapa Semiárido Embrapa Recursos Genet & Biotecnol Univ Fed Rural Pernambuco

Nº REFERÊNCIA	AUTORES	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO	INSTITUIÇÃO BRASILEIRA ENVOLVIDA
69	Ikeda, AC; Savi, DC; Hungria, M; Kava, V; Glienke, C; Galli-Terasawa, LV	Bioprospecting of elite plant growth-promoting bacteria for the maize crop	ACTA SCIENTIARUM-AGRONOMY	2020	Univ Fed Parana Embrapa Soja
70	Caione, G; Prado, RD; Vasconcelos, RD; de Souza, JP; Campos, CNS; Moda, LR; Gonzalez, LC	Phosphorus Sources Combined with Doses of Organic Compost Increased the Population of Soil Microorganisms and P Level in the Soil and Plant and the Dry Matter of Sugarcane	SUGAR TECH	2021	Univ Estadual São Paulo Univ Estadual Mato Grosso
71	Ercole, TG; Savi, DC; Adamoski, D; Kava, VM; Hungria, M; Galli-Terasawa, LV	Diversity of maize (<i>Zea mays</i> L.) rhizobacteria with potential to promote plant growth	BRAZILIAN JOURNAL OF MICROBIOLOGY	2021	Univ Fed Parana Ctr Univ Catolica Santa Catarina Brazilian Ctr Res Energy & Mat Embrapa Soja
72	Reis, GD; de Oliveira, WF; da Silva, CC; da Silva, BP; Simao, SD; Casagrande, DR; Rodrigues, JPP; Alves, KS; Macieli, RP; Mezzomo, R	Growth bioestimulant in marandu grass cultivated in the amazon biome	SEMINA-CIENCIAS AGRARIAS	2020	Univ Fed Rural Amazonia Univ Fed Lavras
73	Dos Reis, SDDS; Orrico, MAP; Tomazi, M; Cunha, SS; Orrico, ACA; Alves, JP; Galeano, ESJ	Is organic fertilizer application a viable alternative to synthetic fertilizer for Piata grass?	TROPICAL GRASSLANDS-FORRAJES TROPICALES	2021	Univ Fed Grande Dourados Fundacao Univ Fed Grande Dourados Embrapa Agr Oeste
74	Antunes, GD; Santana, SRA; Escobar, IEC; Brasil, MD; de Araujo, GGL; Voltolini, TV; Fernandes, PI	Associative diazotrophic bacteria from forage grasses in the Brazilian semi-arid region are effective plant growth promoters	CROP & PASTURE SCIENCE	2019	Univ Fed Vale Sao Francisco Univ Fed Mato Grosso do Sul Embrapa Semiárido
75	Mello, L. D. P. S., dos Santos, A. C., dos Santos, R. M., Kandasamy, S., Lazarovits, G., & Rigobelo, E. C.	Application of the bacterial strains <i>Ruminobacter amylophilus</i> , <i>Fibrobacter succinogenes</i> and <i>Enterococcus faecium</i> for growth promotion in maize and soybean plants	AUSTRALIAN JOURNAL OF CROP SCIENCE	2020	UNESP Jaboticabal

Nº REFERÊNCIA	AUTORES	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO	INSTITUIÇÃO BRASILEIRA ENVOLVIDA
76	Bezerra, M. G. D. S., da Silva, G. G., Difante, G. D. S., Emerenciano, J. V., Oliveira, E. M., & Morais, É. G.	Chemical attributes of soil under cassava wastewater application in marandigrass cultivation	REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRICOLA E AMBIENTAL	2019	Univ Fed Rural do Semiárido Univ Fed do Rio Grande do Norte Univ Fed do Mato Grosso do Sul Univ Federal do Vale do São Francisco
77	Lima, C. J. G. D. S., Pereira, L. D. S., Santos, T. O. D. S., Pinto, S. N., Rodrigues, A. C., & Nunes, L. A. P. L	Soil changes and yield of maize fertilized with swine wastewater	REVISTA CAAATINGA	2019	Univ Estadual Paulista Univ Fed do Piauí
78	de Souza Buzo, F., Garé, L. M., Garcia, N. F. S., de Andrade Silva, M. S. R., Martins, J. T., da Silva, P. H. G., ... & Arf, O	Effect of mycorrhizae on phosphate fertilization efficiency and maize growth under field conditions	SCIENTIFIC REPORTS	2023	UNESP
79	Oliveira, WF; Lima, EM; Gomes, DI; Alves, KS; Santos, PM; Azevedo, GS; Mezzomo, R	Agronomic performance of Marandu grass treated with plant growth biostimulants in the Amazon biome	ARQUIVO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINARIA E ZOOTECNIA	2019	Univ Fed Rural Amazonia
80	Ferreira, N. S., Matos, G. F., Meneses, C. H., Reis, V. M., Rouws, J. R., Schwab, S., ... & Rouws, L. F.	Interaction of phytohormone-producing rhizobia with sugarcane mini-sets and their effect on plant development	PLANT AND SOIL	2020	Embrapa Agrobiologia UFRRJ Univ Est Paraiba

GRÁFICO 9 – PRINCIPAIS FUNÇÕES ATRIBUÍDAS AOS BIOINSUMOS TRATADOS NOS ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS POR GRUPOS DE PESQUISA BRASILEIROS



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de artigos científicos nas bases de dados: Scopus® (Elsevier®) e Web of Science® (Clarivate®).

A análise dos artigos revelou ainda que a ação das bactérias tem sido o foco principal dos estudos sobre biofertilizantes/bioestimulantes/inoculantes, fato que vai ao encontro das análises de produtos e de patentes, para os quais tal grupo de microrganismos também teve destaque. Contudo, algas, cianobactérias e fungos também aparecem como tecnologias estudadas (TABELA 9, FIGURA 11). Em 30% dos trabalhos, há o uso de ferramentas específicas de análise da ação dos inoculantes, incluindo análise proteômica e ferramentas de biologia molecular, bem como a aplicação conjunta com outras tecnologias tais como o uso de cepas mutantes ou novas cepas, carvão vegetal moído como transportador e goma de amido de mandioca como aderente dos microrganismos às sementes, aplicação conjunta com moléculas vegetais e matriz de amido biodegradável associado ao microrganismo.

Dentre as bactérias do gênero *Azospirillum*, principalmente *A. brasilense*, se destaca (TABELA 9, FIGURA 11), assim como o que foi observado na análise dos produtos (TABELA 5). Além disso, bactérias dos gêneros: *Bacillus* sp. (*B. subtilis* e *B. thuringiensis*), *Herbaspirillum* sp. (*H. seropedicae* e *H. rubrisubalbicans*), *Pseudomonas* sp. (*P. fluorescens* e *P. ananatis*), *Rhizobium* sp., dentre outras, têm sido estudados, com diversas cepas sendo analisadas (FIGURA 11). Adicionalmente, 30% dos trabalhos analisam os efeitos da ação de misturas de microrganismos no crescimento e produtividade de gramíneas, reiterando o já discutido anteriormente.

TABELA 9 – PRINCIPAIS MICRORGANISMOS E OUTRAS TECNOLOGIAS IDENTIFICADOS NOS ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS POR GRUPOS DE PESQUISA BRASILEIROS

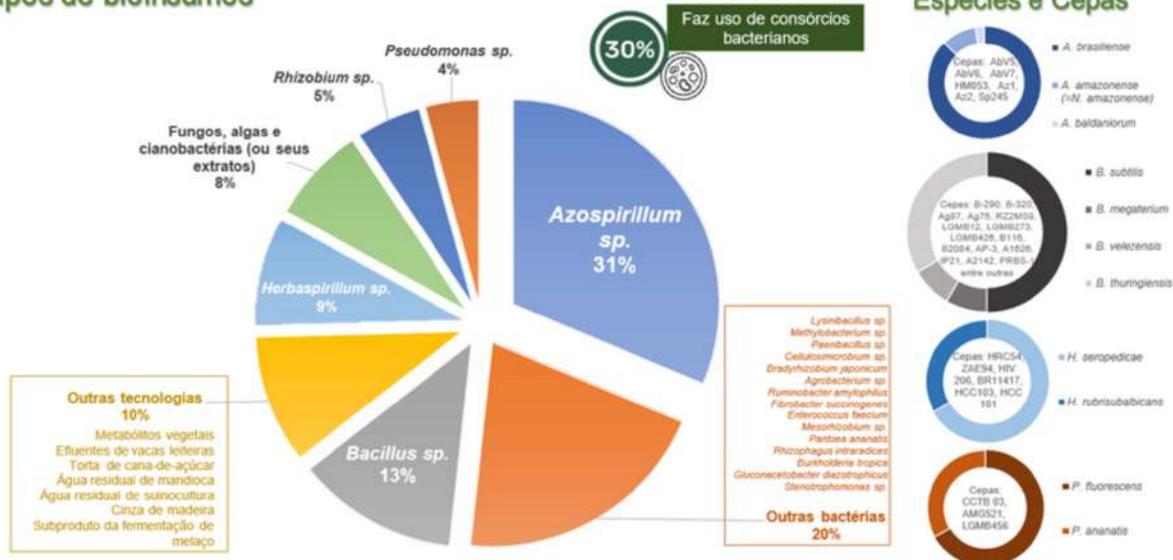
ORGANISMOS OU OUTRAS TECNOLOGIAS	NÚMERO DE ARTIGOS QUE APLICAM A TECNOLOGIA
<i>Azospirillum</i> sp.	37
<i>Bacillus</i> sp.	15
Outras tecnologias	12
<i>Herbaspirillum</i> sp.	10
Algas e cianobactérias (ou seus extratos)	7
<i>Rhizobium</i> sp.	6
<i>Pseudomonas</i> sp.	5
<i>Burkholderia tropica</i>	4
<i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i>	3
<i>Stenotrophomonas</i> sp.	2
<i>Enterobacter</i> sp.	2
Fungos	2
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	2
Outras bactérias	11

Outras espécies de bactérias também foram observadas no levantamento realizado, isoladas ou em associação, como: *Lysinibacillus* sp., *Methylobacterium* sp., *Paenibacillus* sp., *Cellulosimicrobium* sp., *Agrobacterium* sp., *Ruminobacter amylophilus*, *Fibrobacter succinogenes*, *Enterococcus faecium*, *Mesorhizobium* sp. e *Pantoea ananatis*.

O milho foi a gramínea mais estudada por grupos brasileiros nos artigos publicados, seguido por pastagens (espécies apresentadas na FIGURA 12b), cana-de-açúcar e trigo (FIGURA 12a). Estes resultados se alinham ao observado nas análises de produtos e patentes.

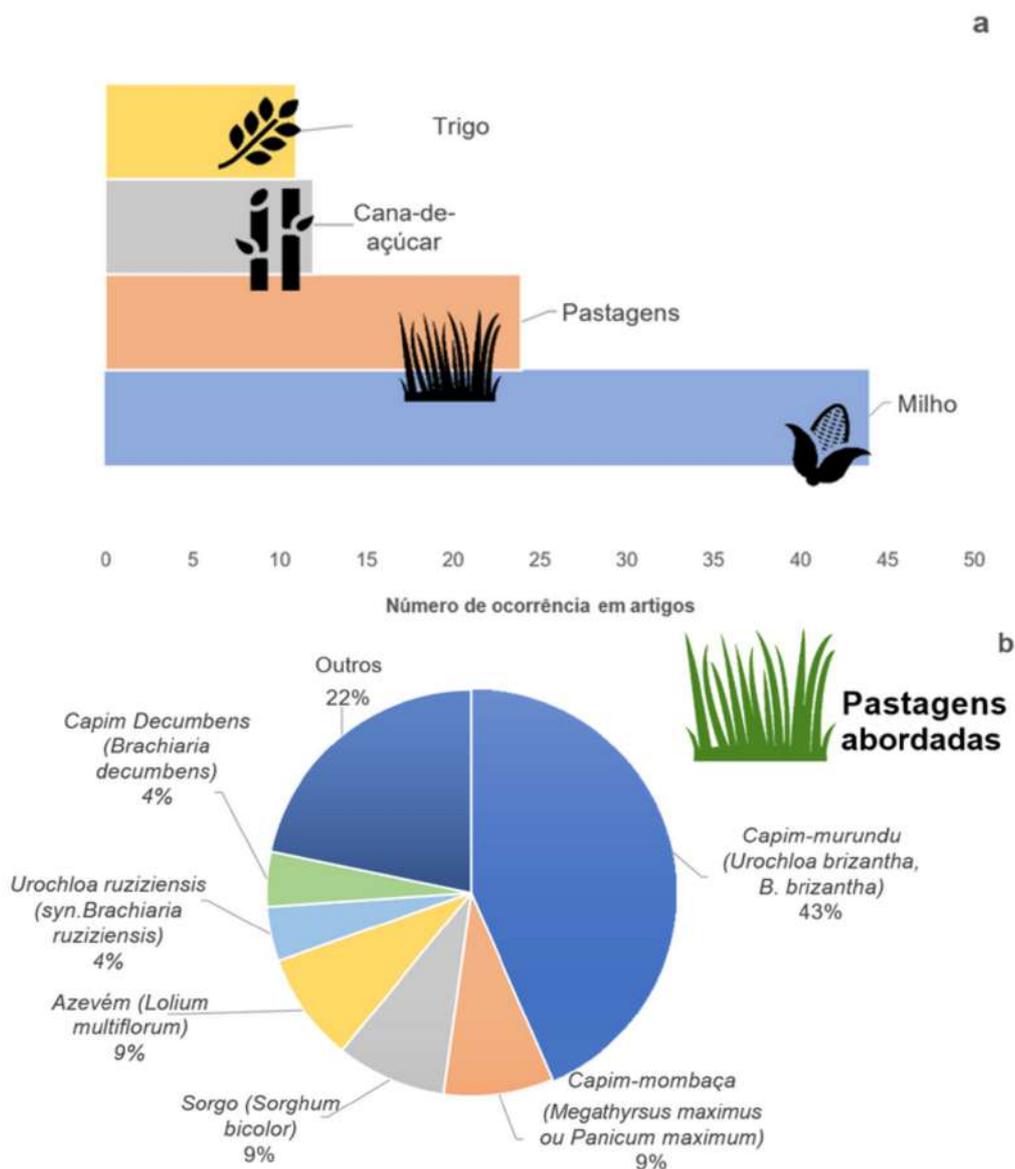
FIGURA 11 – PRINCIPAIS TIPOS DE BIOINSUMOS (MICRORGANISMOS OU OUTROS) IDENTIFICADOS NOS ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS POR GRUPOS DE PESQUISA BRASILEIROS

Tipos de bioinsumos



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de artigos científicos nas bases de dados: Scopus® (Elsevier®) e Web of Science® (Clarivate®).

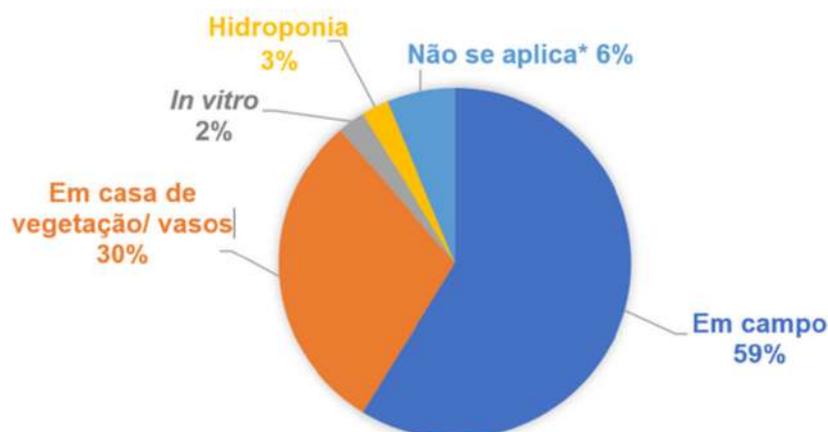
FIGURA 12 – PRINCIPAIS GRAMÍNEAS IDENTIFICADAS NOS ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS POR GRUPOS DE PESQUISA BRASILEIROS



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de artigos científicos nas bases de dados: Scopus® (Elsevier®) e Web of Science® (Clarivate®).

Na maioria dos artigos analisados observou-se a realização de testes em campo dos bioinsumos estudados (GRÁFICO 10). Sequências comuns de ensaios agrônômicos, isto é, testes *in vitro*, seguidos de ensaios em casa de vegetação e, posteriormente, testes em campo, foram realizados. Para os diferentes estudos, a aplicação em sementes (42 trabalhos), seguida da aplicação por pulverização foliar (13 trabalhos) e aplicação no solo (13 trabalhos) foram as principais. Essas aplicações estão de acordo com o que foi identificado também para as patentes, conforme discutido anteriormente (seção 3.2.1).

GRÁFICO 10 – PRINCIPAIS ENSAIOS REALIZADOS NOS ESTUDOS (COM BIOINSUMOS EM GRAMÍNEAS) PUBLICADOS POR GRUPOS DE PESQUISA BRASILEIROS



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de artigos científicos nas bases de dados: Scopus® (Elsevier®) e Web of Science® (Clarivate®)

*O termo “Não se aplica” refere-se aos casos de estudos descrevendo metodologias de análise ou ensaios microbiológicos de organismos e suas ações gerais (atividade enzimática, por exemplo).

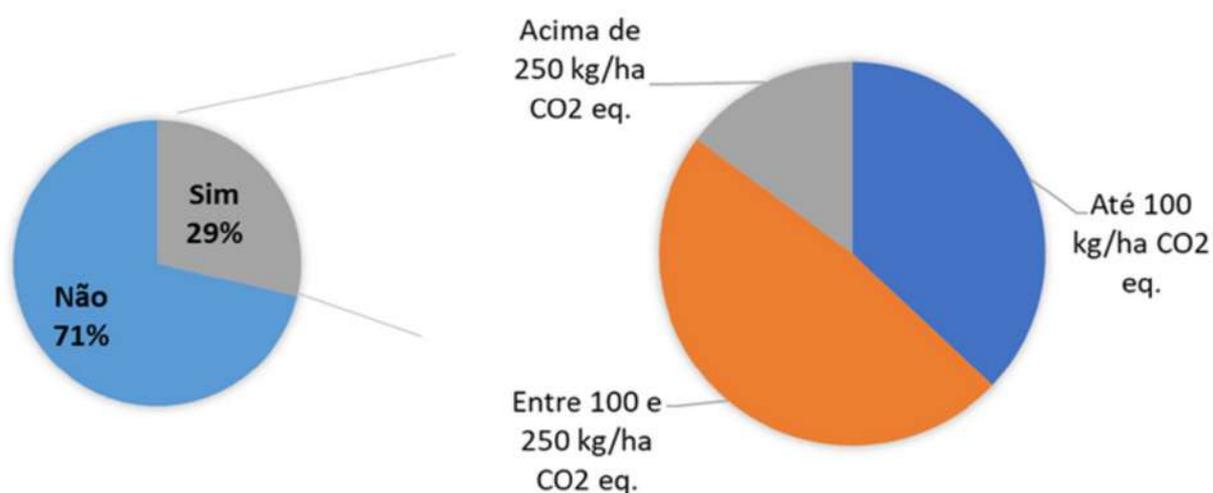
Os principais parâmetros analisados nos estudos estão relacionados ao crescimento vegetal, como a ação no aumento da biomassa da parte aérea, aumento da produção de raízes, maior absorção de fósforo e nitrogênio, maior rendimento de grãos, absorção de água e tolerância a estresses abióticos, maior perfilhamento, maior produção de colmos, aumento no teor de clorofila, maior área foliar e taxas fotossintéticas e produção de fitormônios.

Quanto aos dados de descarbonização, 24 artigos trazem informações sobre a redução do uso de fertilizantes nitrogenados a partir do uso dos bioinsumos avaliados (GRÁFICO 11). A economia varia entre 12,5 e 120 kg de nitrogênio por hectare, dependendo do bioinsumo (inóculo) usado e da planta estudada. Esses valores correspondem a uma redução de aproximadamente 30 a 320 kg de CO₂ eq./ha e de 0,2 a 1,2 kg de N₂O/ha (calculados conforme descrito anteriormente e baseando-se no IPCC, 2006 e 2014 (GRÁFICO 11)). Os artigos que apresentam estas informações consistem sobretudo daqueles focados em microrganismos que agem direta ou indiretamente na fixação biológica de nitrogênio (bactérias incluindo *A. brasilense* e associação entre a bactéria, *Bacillus subtilis* e o fungo *Trichoderma asperellum*).

Três artigos versam sobre a economia de fertilizante fosfatado, que varia de 40 a 80 kg/ha com o uso de *Bacillus sp.* no cultivo de milho.

A maioria dos artigos científicos analisados informa sobre efeitos positivos na produtividade, assim como crescimento das culturas e cita indiretamente a possibilidade de redução da dose empregada de fertilizantes minerais, sem, no entanto, fornecer dados mais concretos.

GRÁFICO 11 – POTENCIAL DE DESCARBONIZAÇÃO (EM REDUÇÃO DE KG CO₂ EQUIVALENTE POR HECTARE) A PARTIR DO USO DE BIOINSUMOS (INOCULANTES) ASSOCIADOS À FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO



FONTE: FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de levantamento de artigos científicos nas bases de dados: Scopus® (Elsevier®) e Web of Science® (Clarivate®).

Para cada uma das tecnologias de bioinsumos (bactérias, fungos, algas ou cianobactérias), foi elaborada uma lista (em formato de ficha) e inseridas as principais informações a respeito (APÊNDICE 3).

3.3 CENÁRIOS DE DESCARBONIZAÇÃO E ESTIMATIVAS DE REDUÇÃO DE CUSTOS A PARTIR DA ADOÇÃO DE BIOINSUMOS (PARA GRAMÍNEAS)

Abaixo são apresentados os cenários de descarbonização, definidos como atual, futuro e potencial, relacionados do uso de bioinsumos no cultivo das principais gramíneas do Brasil (TABELA 10). Para propor estes cenários, algumas premissas foram consideradas, conforme explicitado na metodologia descrita anteriormente. O percentual do uso atual, futuro e potencial de bioinsumos (biofertilizantes) pelos agricultores brasileiros e o quanto tais percentuais correspondem em área de cultivo, basearam-se nos dados da recente pesquisa da McKinsey & Company (2022) e nas áreas atuais dessas culturas no Brasil.

Segundo o estudo citado, o percentual atual médio de adoção de biofertilizantes (inoculantes) por produtores brasileiros é de 36%. Contudo, sabe-se que este valor se refere majoritariamente à aplicação em soja, principal cultura a usar inoculantes no país. Para fins de proposta de cenários, esses 36% foram referidos como cenário atual para as gramíneas, entretanto, pode ser considerado uma meta para tais culturas no Brasil, já que se baseia em uma média de aplicação atual de inoculantes pelos agricultores brasileiros. No mesmo estudo usado como base, o percentual de produtores brasileiros que usam, somado aos que planejam usar esses bioinsumos totalizam 42%. Considerando-se ambos os valores, foram então propostos o CENÁRIO ATUAL (considerando-se os 36%) e o CENÁRIO FUTURO (considerando-se os 42%, ou seja, com adição dos 6%) para o uso de bioinsumos, com as áreas respectivas de uso, tendo sido calculadas a partir da área total de cultivo das principais gramíneas no Brasil (TABELA 11). Foram ainda apresentados os dados de descarbonização em um CENÁRIO POTENCIAL (100%), este representando o uso de bioinsumos por 100% dos produtores; ou seja, considerando-se o cenário mais otimista, no qual a área total das referidas gramíneas, fosse cultivada com o uso de bioinsumos.

Para os cálculos de redução de emissões de GEE, foram também consideradas algumas premissas a saber: os valores médios de redução do uso de nitrogênio aplicado no cultivo destas gramíneas, baseando-se nos dados encontrados nos levantamentos realizados no presente estudo. Neste caso, foi considerada uma redução média de -45 kg nitrogênio por hectare, aplicando *A. brasilense* como inoculante nas diversas culturas de gramíneas analisadas, de acordo com os resultados apresentados nas pesquisas científicas levantadas (TABELA 10). Os cálculos de emissões em equivalente de CO₂ e emissões de N₂O foram realizados seguindo os índices do IPCC (2006 e 2014), conforme explicado na metodologia do presente estudo (seção 2.3). A tabela mostra ainda a redução de custos devido ao uso dos bioinsumos considerados, calculados conforme descrito anteriormente (seção 2.3), para os três cenários propostos, atual, futuro e potencial (TABELA 10).

TABELA 10 – CENÁRIOS ATUAL, FUTURO E POTENCIAL RELACIONADOS AO USO DE BIOINSUMOS E CONSEQUENTE REDUÇÃO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS, EMISSÃO DE GEE E CUSTOS

Principais culturas de gramíneas	Área cultivada no Brasil usando biofertilizantes (Mha)			Redução de N fertilizante			Redução de emissão de CO ₂ eq. (Mt/ano) ⁴			Redução da emissão de N ₂ O decorrente da aplicação de fertilizante (Mt) ⁵			Redução total de custos com N fertilizantes (bilhões US\$/ano)			Redução de custos			Economia total (bilhões US\$/ano)		
	Atual	Futuro	Potencial	Atual	Futuro	Potencial	Atual	Futuro	Potencial	Atual	Futuro	Potencial	Atual	Futuro	Potencial	Atual	Futuro	Potencial	Atual	Futuro	Potencial
	Redução de N com uso de biofertilizante (Mt) ³																				
Milho	7,6	8,8	21	0,3	0,4	0,9	0,9	1,1	2,5	0,003	0,004	0,01	0,27	0,31	0,74	0,02	0,02	0,04	0,25	0,29	0,70
Cana-de-açúcar	3,0	3,5	8,3	0,1	0,2	0,4	0,4	0,4	1,0	0,001	0,002	0,004	0,10	0,12	0,29	0,01	0,01	0,02	0,10	0,12	0,27
Trigo	1,2	1,4	3,4	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,4	0,001	0,001	0,002	0,04	0,05	0,12	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,11
Arroz	0,6	0,7	1,6	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,000	0,000	0,001	0,02	0,02	0,06	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,05
Pastagens cultivadas	43,2	50,4	120	1,9	2,3	5,4	5,2	6,0	14,3	0,02	0,02	0,05	1,52	1,77	4,21	0,09	0,10	0,24	1,43	1,67	3,97
Total	56	65	154	2,5	2,9	6,9	6,6	7,7	18,4	0,02	0,03	0,07	1,9	2,3	5,4	0,11	0,13	0,31	1,8	2,1	5,1

FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de informações de IPCC (2006 e 2014); Hungria et al. (2022); McKinsey & Co (2022); EMBRAPA (2023); e CONAB (2023).

FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de informações de IPCC (2006 e 2014); Hungria et al. (2022); McKinsey & Co (2022); EMBRAPA (2023); e CONAB (2023).

TABELA 11 – ÁREAS DAS PRINCIPAIS GRAMÍNEAS CULTIVADAS NO BRASIL*
GRAMÍNEA ÁREA TOTAL (MILHÕES DE HECTARES)

GRAMÍNEA	ÁREA TOTAL (EM MILHÕES DE HECTARES)
Milho	21
Cana-de-açúcar	8,3
Trigo	3,4
Arroz	1,6
Pastagens cultivadas	120
Total	154,3

Fonte: MAPA, 2023. Adaptado de informação de CONAB (2023) e EMBRAPA (2023).

Observa-se que o potencial de descarbonização em consequência do uso bioinsumos (inoculantes) em cultivo de gramíneas, pode chegar a 18 milhões de toneladas de CO² eq./ano (69 mil toneladas de N²O) no cenário mais otimista, ou seja, considerando-se a aplicação desses insumos na área total das principais gramíneas do país (154 milhões de hectares). Os valores seriam de aproximadamente 7 e 8 milhões de toneladas de CO² eq./ano para os cenários atual (36% da área, 56 milhões de hectares) e futuro (42% da área, 65 milhões de hectares), respectivamente.

Cabe mencionar a importância das pastagens nesses cenários, sobretudo levando-se em conta que as pastagens cultivadas no Brasil representam cerca de 78% da área total das principais gramíneas do país. Portanto, o uso e estímulo para a aplicação de bioinsumos em pastagens, como complemento ou alternativa aos fertilizantes minerais, especialmente nitrogenados, deve representar um dos principais esforços governamentais. O aumento da adoção de insumos biológicos, como inoculantes em cultivo de gramíneas no país, principalmente forrageiras, permite não apenas reduzir a emissão de GEE, mas apresenta potencial de impacto direto sobre a qualidade do gado produzido, bem como nas emissões oriundas das atividades pecuárias ligadas à qualidade da forragem, estando em consonância com os objetivos do Plano ABC.

Considerando os resultados do Plano ABC (BRASIL, 2023), recentemente divulgados e que mostram que as ações/tecnologias contempladas permitiram a mitigação total de cerca de 194 milhões de toneladas de CO² eq. em 10 anos (2010-2020). O uso de inoculantes na área total de gramíneas no país, poderia mitigar 180 milhões de toneladas de CO² eq. no mesmo período.

Sendo assim, os valores de descarbonização obtidos a partir da utilização de inoculantes em cultivo de gramíneas, associados à mitigação oriunda das demais tecnologias, sistemas e processos contemplados pelo Plano (p.e.: integração lavoura-pecuária-floresta, sistema de plantio direto, dentre outras), poderiam contribuir ainda mais com a descarbonização ligada ao setor agropecuário, permitindo ao país atingir valores ainda mais significativos de mitigação.

No cenário atual e, portanto, mais tangível a curto prazo, considerando o uso de inoculantes em 56 milhões de hectares de gramíneas, aproximadamente 70 milhões de toneladas de CO² eq. seriam mitigados em 10 anos. Esses valores, sozinhos, correspondem a quase 1/3 do que foi atingido em mitigação pelo Plano como um todo.

No que se referente às pastagens, a recuperação daquelas degradadas no país, permitiu a mitigação de 36 milhões de toneladas de 2010 a 2020 (BRASIL, 2023), valores que poderiam ser potencializados com a aplicação de bioinsumos, como *A. brasilense*. Nesse sentido, a aplicação de inoculantes nos 27 milhões de hectares de pastagens recuperadas nos últimos 10 anos (resultados do Plano ABC), poderia mitigar a emissão de cerca de 32 milhões de toneladas de CO₂ eq. neste período.

A importância dos bioinsumos para a agricultura brasileira fica ainda mais evidente no Plano ABC+ (2020-2030). Neste, os bioinsumos da categoria de inoculantes, passaram a ser considerados como tecnologia SPSABC, abandonando a categoria “Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)”, muito utilizada nos anos anteriores (2010-2020). Desta forma, o Plano ABC+ contempla, além da FBN, outros microrganismos promotores do crescimento de plantas, multifuncionais e que atuam para melhoria da fixação e ou disponibilidade de nutrientes, bem como no controle biológico de pragas e doenças (BRASIL, 2023). Tendo em vista que a meta de mitigação para a categoria “bioinsumo” é de 23,4 milhões de toneladas de CO₂ eq. em 10 anos (BRASIL, 2023), apenas a aplicação de inoculantes a base de *A. brasilense* no cultivo de gramíneas, na mesma área estabelecida pela meta do Plano (13 milhões de hectares) contribuiria na mitigação de cerca de 15,5 milhões de toneladas de CO² no mesmo período. Este valor corresponde a aproximadamente 66% da meta estabelecida.

Os dados aqui apresentados e discutidos ressaltam a importância da tecnologia de inoculantes como alternativa à fertilizantes minerais em gramíneas, tendo em vista sua relação ativa na mitigação de GEE. Ressalta-se ainda que tais insumos

contribuem também no aumento da produtividade agrícola, ao contribuir para a absorção de CO² pelas plantas.

Os ganhos para o país, advindos da adoção de Bioinsumos, em cultivos de gramíneas, refletem também na redução de custos, conforme observado nos cenários apresentados (TABELA 10). O uso de inoculantes no cultivo de gramíneas pode chegar a uma economia de até cerca de USD 5 bilhões por ano (cenário potencial). Além do valor monetário representado pela redução do uso de fertilizantes nitrogenados no cultivo dessas culturas, considerando que a maior parte do fertilizante nitrogenado usado é proveniente de importações, o uso de bioinsumos representa um ganho em autonomia e menor dependência do mercado externo para o país, sobretudo entendendo que o Brasil hoje é o principal mercado de biológicos do mundo.

Os cenários potenciais, baseados no uso de inoculantes biológicos para pastagens diversas e cana-de-açúcar são apresentados de forma esquemática abaixo (FIGURA 13).

FIGURA 13 – POTENCIAL DE REDUÇÃO DE FERTILIZANTES MINERAIS E EMISSÃO DE CO² A PARTIR DA ADOÇÃO DE BIOINSUMOS (INOCULANTES) EM PASTAGENS E CANA-DE-AÇÚCAR



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de informações de IPCC (2006 e 2014); Hungria et al. (2022); McKinsey & Co (2022); EMBRAPA (2023); e CONAB (2023).

Para pastagens cultivadas, considerando que o uso de inoculante a base de bactérias do gênero *Azospirillum*, poderia reduzir em média 45 kg de nitrogênio/ha para *Brachiaria sp.* e outras, e que a área atual dessas gramíneas no Brasil é de aproximadamente 120 milhões de hectares, o uso desses inoculantes poderia contribuir com a redução de aproximadamente 14 milhões de toneladas de CO² eq., correspondente a 54 mil toneladas de N²O.

Para cana-de-açúcar, considerando o uso de diferentes bactérias (incluindo os gêneros *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia tropica*, *Herbaspirillum rubrisubalbicans*, *Herbaspirillum seropedicae*, *Nitrospirillum amazonense* e *Azospirillum sp.*) e a área atual de cana no país, 8,3 milhões de hectares, seria possível uma redução de 1 milhão de toneladas de CO² eq. e 4 mil toneladas de N₂O. A contribuição ambiental de *Azospirillum sp.* em braquiária (*Urochloa brizantha*)

foi anteriormente descrita pela Embrapa (HUNGRIA E NOGUEIRA, 2021). No documento, mostrou-se que as estirpes de *Azospirillum* contribuíram para a redução de 40 kg N/ha, mitigando a emissão de aproximadamente 400 kg de equivalentes de CO²/ha. Considerando que dos 120 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil, aproximadamente 86 milhões de hectares são cultivados com *U. brizantha*, isso equivaleria a uma redução de aproximadamente 35 milhões de toneladas de CO² equivalente, calculado com aplicação do fator de conversão usado pelos autores, no qual 1 kg N = 10,5 kg CO² eq.

Com relação à cana-de-açúcar, a adoção de bioinsumos já é realidade no país. Recentemente, algumas empresas sucroenergéticas com foco nessa cultura, realizaram projeções de substituição de fertilizantes minerais em todas as áreas de cultivo, em 2025. O uso da bactéria *Nitrospirillum amazonense*, solução desenvolvida pela Embrapa, possibilitou a substituição de 100% do fertilizante nitrogenado na safra de 2023, em uma dessas empresas, correspondente a 50 mil hectares de cana. A mesma empresa aplica ainda *A. brasilense* no cultivo de cana em soqueira, o que permitiu a redução de 50% do uso de fertilizante nitrogenado. O uso de vinhaça e compostagem simultaneamente ao uso de tais bactérias é também referido.

Desse modo, a proposta dos diferentes cenários aqui apresentada, denota a importância dos bioinsumos e o grande potencial de descarbonização que a adoção destes pode proporcionar.

3.4 COMPLEMENTAÇÃO AOS DADOS LEVANTADOS

3.4.1 Levantamento de percepções em eventos de divulgação do estudo

Os resultados obtidos no estudo aqui apresentados, foram divulgados em três eventos, atingindo a população geral e membros das diversas esferas do setor de bioinsumos do país: acadêmicos, membros de empresas, produtores rurais, alunos de cursos de ciências agrárias e afins. Além disso, os resultados do estudo foram também apresentados para membros de comitês políticos da área de biológicos.

Durante os eventos, ocorreram discussões sobre: o uso de bioinsumos, apresentações de acadêmicos, pesquisas desenvolvidas com gramíneas no Brasil, levantamento dos principais impeditivos do setor atualmente no Brasil, bem como aspectos ligados às inovações na área, formação de profissionais da área, dúvidas principais dos produtores rurais, dentre outras.

Dentre as gramíneas abordadas nos eventos, milho, pastagens, cana-de açúcar e arroz foram as principais debatidas, sempre contando com produtores e acadêmicos que desenvolvem pesquisas relacionadas a estas.

A partir da apresentação dos resultados levantados no presente estudo, foram realizadas discussões sobre bioinsumos no Brasil, sobretudo para uso em gramíneas. As discussões partiram de perguntas do público e da participação direta de palestrantes convidados.

A seguir, alguns dos aspectos mais discutidos durante os eventos realizados:

- 1) O momento atual dos bioinsumos no país, principais inovações e as perspectivas para o mercado brasileiro;
- 2) Biológicos como produtos de fronteira, que abrem sempre novas possibilidades de pesquisa e conhecimento (extensões de alvos, formulações tecnológicas, eficiência de uso, novos ativos);

- 3) Tendência de maior uso de misturas de microrganismos e como as questões regulatórias devem ser desenvolvidas para possibilitar o registro de produtos para múltiplas funções (proteção, manejo de pragas, crescimento);
- 4) Tecnologias e uso de biotecnologia como RNAi e melhoramento genético como tendências para a geração de novos produtos;
- 5) Importância do sequenciamento e outras ferramentas bioquímicas e biotecnológicas (ex.: bioinformática) para os avanços no desenvolvimento de novos produtos;
- 6) Produção de bioinsumos para uso próprio e os cuidados a serem tomados, bem como a regulação e fiscalização de tal uso;
- 7) Questões relativas ao patenteamento de produtos e a não possibilidade de patenteamento de microrganismos no Brasil;
- 8) Uso de outros organismos e tecnologias na produção de bioinsumos, tais como algas, fungos micorrízicos e extratos vegetais;
- 9) Poucos estudos e conhecimentos sobre a microbiota do solo e bioprospecção para a produção de novos produtos;
- 10) Impulso no uso de bioinsumos, dadas as exigências do mercado por menor uso de produtos químicos e alta dos preços desses produtos, sobretudo de 2020 a 2022;
- 11) Aumento do uso de bioinsumos e a demanda por mudança de hábitos pelo produtor, o que depende do seu convencimento e esclarecimento, e como ultrapassar tais aspectos (ex. pela aproximação entre produtor e instituições de pesquisa);
- 12) Desconhecimento de alguns produtores sobre os bioinsumos e sua forma de uso (janela de aplicação, quando aplicar, como aplicar, como armazenar);
- 13) Investimentos em estudos para melhorias dos produtos biológicos, no que tange aos aspectos da aplicação e logística de armazenamento e de distribuição (por exemplo, não necessidade de cadeia refrigerada, como aplicar com o maquinário já existente para o químico, aumento de tempo de prateleira);

- 14) Demanda de novas profissões: formação de técnicos para insumos biológicos no Brasil,
- 15) Treinamento de funcionários e papel de cooperativas e associações como integradoras do processo e aumento de uso de biológicos pelo produtor;
- 16) A formação e qualificação dos novos profissionais passa pela própria preparação e formação dos docentes, formados ainda em um arcabouço voltado para o setor de químicos;
- 17) O tempo de formação dos alunos, sobretudo técnicos de nível médio e tecnólogo em agropecuária, mais próximos aos produtores;
- 18) A aceleração da adoção pelos produtores como fator dependente do aumento da facilidade de uso e aplicação;
- 19) Importância de estudar e apresentar ao produtor a compatibilidade entre produtos biológicos e químicos, uma vez que o produtor faz misturas de diferentes produtos na calda de aplicação;
- 20) As relações entre os diferentes solos e condições ambientais com o manejo necessário para cada uma das culturas, com o uso dos insumos biológicos;
- 21) O desempenho dos insumos biológicos versus outros aspectos de manejo do solo e da cultura, incluindo calagem, preparação, dentre outras;
- 22) A diferença de manejo entre bioinsumos e insumos químicos, havendo a necessidade de aprendizado para o uso da nova tecnologia (produtor quer agilidade e facilidade).

O levantamento dessas e de outras questões, norteou ricos diálogos a respeito da temática durante os eventos, bem como contribuiu para o aprofundamento das mesmas neste estudo.

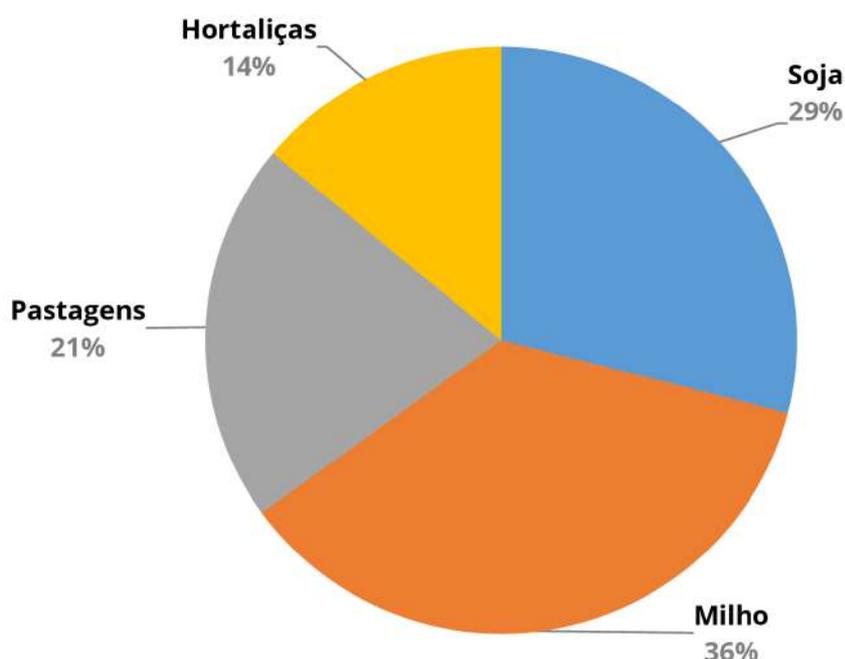
3.4.2 Análise dos questionários

O questionário contou com 42 respostas, sendo 57% dos participantes professores e acadêmicos, 19% representantes de empresas que produzem e/ou

comercializam bioinsumos, 14% produtores rurais e 9% pessoas com outras ocupações, dentre as quais, representantes de ONGs, investidores do setor e representantes de empresas que analisam produtos biológicos.

O uso de bioinsumos foi destacado pelos participantes, com 100% das respostas positivas para o uso dos mesmos, com aplicações principais como biodefensivos (controle de pragas e doenças; 33%), biofertilizantes (complementares ao uso de fertilizantes minerais; 28%) e bioestimulantes (auxílio do crescimento; 39%). Dentre as culturas relacionadas ao uso de bioinsumos, milho e soja foram as mais citadas, seguidas de pastagens e hortaliças (GRÁFICO 12).

GRÁFICO 12 – CULTURAS TRATADAS COM BIOINSUMOS E MENCIONADAS NAS RESPOSTAS AOS QUESTIONÁRIOS



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de questionários divulgados durante a realização deste estudo.

Quando perguntados sobre alguns dos bioinsumos utilizados, houve destaque para *Azospirillum* e *Bradyrhizobium*, com diversos outros produtos ou microrganismos ativos sendo citados (FIGURA 14). O aparecimento desses dois organismos como principais relaciona-se com a resposta das principais culturas citadas, tendo em vista que estes são os principais bioinsumos aplicados às culturas de milho e soja. Ademais, a presença de *Azospirillum* como um dos principais bioinsumos aplicados coincide com os resultados dos levantamentos realizados no presente estudo, nos quais tal microrganismo aparece com destaque.

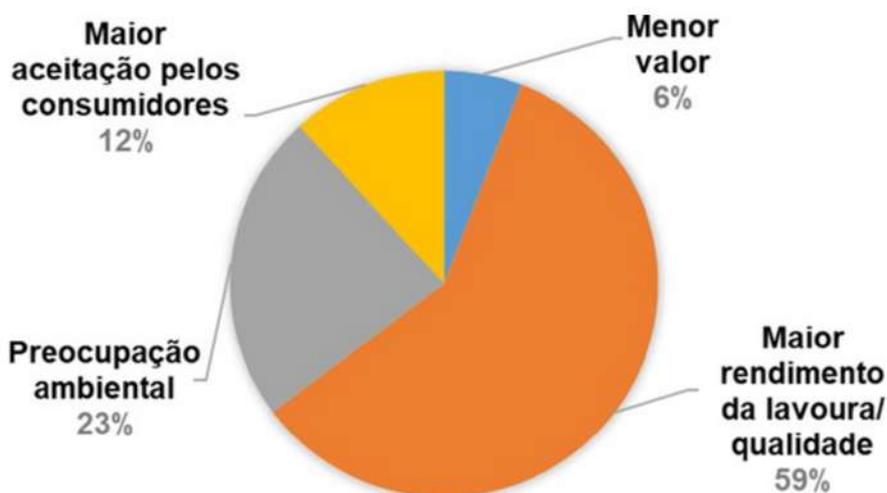
FIGURA 14 – NUVEM DE PALAVRAS COM OS NOMES DOS ATIVOS OU PRODUTOS CITADOS PELOS ENTREVISTADOS



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de questionários divulgados durante a realização deste estudo.

Dentre os motivos que explicam a adoção de bioinsumos para a produção de diferentes cultivos, destacam-se, o maior rendimento e qualidade da lavoura (59%) e preocupação ambiental (23%), dentre as opções fornecidas (GRÁFICO 13). A maior aceitação pelos consumidores e o menor valor dos produtos foi também mencionado pelos entrevistados. Ressalta-se que o item “incentivos do governo” não foi escolhido por nenhum dos entrevistados, indicando um possível aspecto de atenção para medidas governamentais futuras.

GRÁFICO 13 – PRINCIPAIS MOTIVOS PARA A ESCOLHA DO USO DE BIOINSUMOS NA PRODUÇÃO

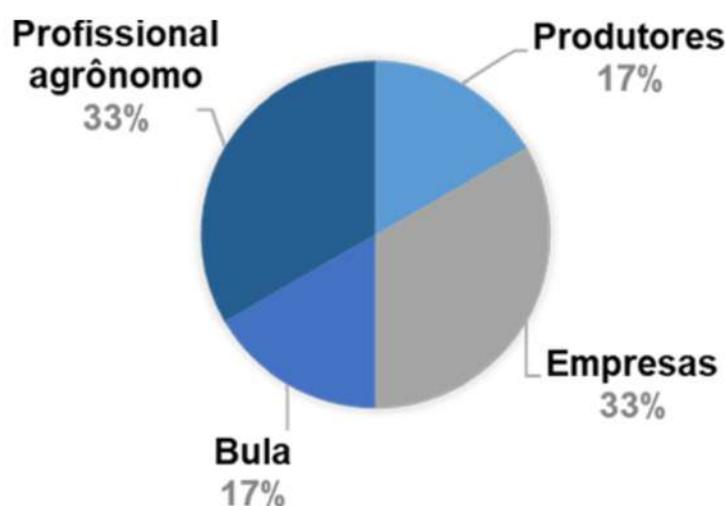


FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de questionários divulgados durante a realização deste estudo.

Quanto à forma de aplicação dos bioinsumos nas culturas, aplicação no sulco, nas sementes e pulverização foliar foram os mais selecionados como usuais e 86% dos participantes indicaram a adoção de instruções para o uso de bioinsumos, instruções estas transmitidas principalmente pelas próprias empresas que comercializam os produtos ou por profissionais Agrônomos que acompanham as la-

vouras. Instruções obtidas por meio da bula dos produtos e fornecidas por outros produtores foram também mencionadas (GRÁFICO 14). Ademais, 57% dos entrevistados fazem uso concomitante de bioinsumo com fertilizantes minerais, sobretudo por meio de aplicação foliar ou misturas. Apenas 14% dos produtores disseram produzir bioinsumos em sua lavoura e, na pergunta referente ao detalhamento da produção, mencionaram a “compostagem”, indicando tratar-se não de inoculantes biológicos. A discussão é importante, tendo em vista que o termo “bioinsumo” é bastante abrangente, seja em linguagem popular ou nas definições legais; e que a prática de produção de fertilizantes orgânicos, como a compostagem é comum entre produtores rurais no Brasil.

GRÁFICO 14 – PRINCIPAIS FONTES DE INSTRUÇÕES DE USO DE BIOINSUMOS PELOS PRODUTORES



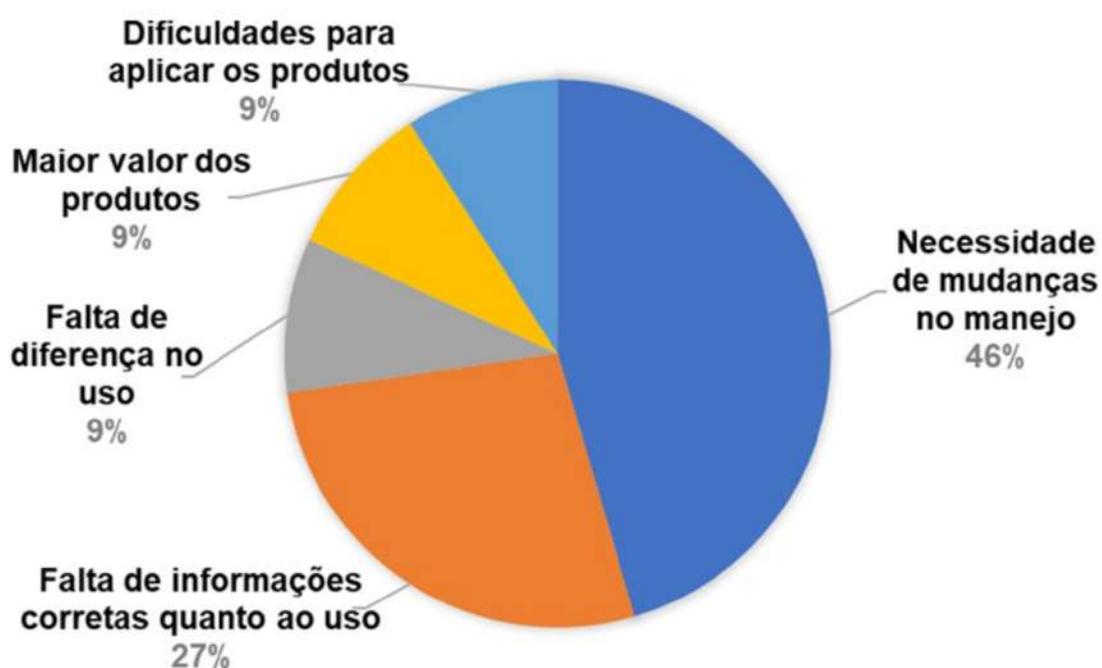
FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de questionários divulgados durante a realização deste estudo.

Considerando os desafios quanto ao uso de bioinsumos, a necessidade de mudanças no manejo e a falta de informações quanto ao uso, foram as principais respostas dadas pelos entrevistados (GRÁFICO 15), indicando o quanto alterações no manejo da lavoura podem ser limitantes ao uso de produtos biológicos. As respostas vão ao encontro de alguns aspectos mencionados durante as discussões nos eventos de divulgação realizados.

A maioria das empresas participantes indicou ser alto o interesse de adoção de bioinsumos por produtores, o que tem sido evidenciado nas pesquisas de mercado conduzidas atualmente. Bioestimulantes (36%), biofertilizantes (27%) e biodefensivos (25%) apareceram como os principais produtos comercializados pelas empresas participantes, enquanto inoculantes, condicionadores de solo e probióti-

cos também foram citados. Dentre o diferencial dos produtos frente a outros similares, diversas respostas foram dadas pelos entrevistados (membros de empresa) e estas incluem: uso de microalgas vivas, maior espectro de microrganismos e misturas, produtos 100% orgânicos, tecnologia multifuncional, uso de nanotecnologia nas formulações e maior qualidade. De fato, o uso de maior espectro e mistura de microrganismos, bem como a aplicação de nanotecnologia na formulação, foram observados como tendências também na análise de patentes conduzida no presente estudo.

GRÁFICO 15 – DESAFIOS ENFRENTADOS PELOS PRODUTORES QUANTO AO USO DE BIOINSUMOS



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de questionários divulgados durante a realização deste estudo.

Todas as empresas participantes relataram que seus produtos podem ser utilizados por produtores que fazem uso de fertilizantes minerais, com os produtos apresentando tempo de prateleira superior a 12 meses em todos os casos, porém a maioria situando-se entre 12 e 24 meses. Quando perguntados acerca da limitação para o desenvolvimento de produtos, a maioria dos participantes (membros de empresas) citou a legislação e aspectos ligados ao registro de produtos (FIGURA 16). Além desses, o mercado paralelo, o escalonamento industrial, a competição e a falta de recursos financeiros e profissionais qualificados também foram mencionados (FIGURA 16).

FIGURA 15 – DESAFIOS ENFRENTADOS PELOS PRODUTORES QUANTO AO USO DE BIOINSUMOS

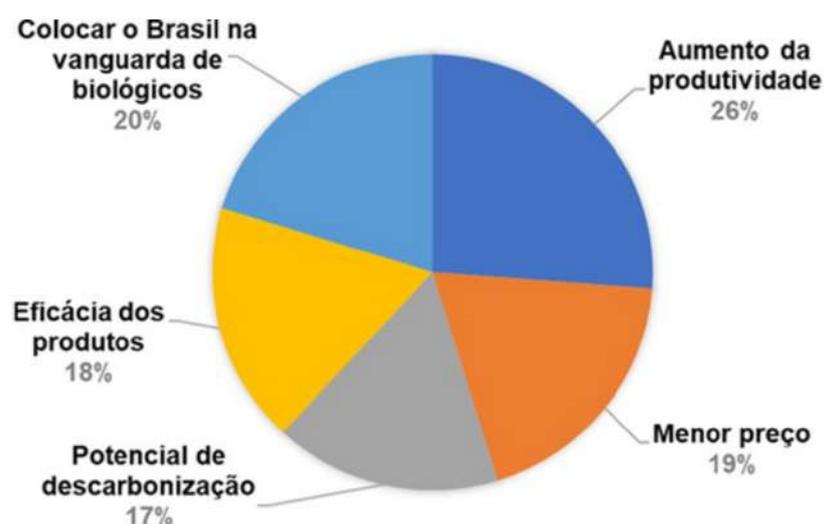


FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de questionários divulgados durante a realização deste estudo.

Quando perguntadas (empresas brasileiras) sobre os incentivos e as ações governamentais relacionadas a produção de Bioinsumos, as principais respostas foram: fomento e financiamentos, facilidade de registro e regulamentação, bem como incentivos à inovação e P&D. A regulamentação da produção própria foi também mencionada.

Referindo-se às pesquisas na área, por sua vez, quando perguntados sobre os aspectos positivos do uso de bioinsumos (GRÁFICO 16), a maioria dos entrevistados mencionou o aumento da produtividade da lavoura (26%), seguido do potencial desses produtos em colocar o Brasil na vanguarda neste nicho de mercado (20%). Além disso, o potencial de descarbonização, a eficácia dos produtos e o menor preço do insumo foram também mencionados como importantes.

GRÁFICO 16 – ASPECTOS POSITIVOS RELACIONADOS AO USO DE BIOINSUMOS, RELATADOS DURANTE AS ENTREVISTAS



FONTE: MAPA, 2023. Adaptado de questionários divulgados durante a realização deste estudo.

No que se refere ao futuro de bioinsumos no Brasil, os entrevistados mencionaram, principalmente, que o país tem aptidão para se tornar uma potência na área, produzindo e desenvolvendo tecnologia (29%) e contando com o aumento significativo na adoção de Bioinsumos, prevista para os próximos anos (30%). Para mais, a maior aceitação dos pequenos produtores, no que diz respeito ao tempo e a limitação que pode ser gerada pela falta de incentivos em P&D, foram também considerados (13% cada), bem como as dificuldades ou problemas que podem ser gerados devido à produção própria sem conhecimento ou sem controle oficial (11%).

3.4.3 Análise das entrevistas

A fim de melhor realizar uma análise sobre o mercado de bioinsumos no Brasil, foram ouvidos representantes de sete empresas do setor de biológicos do país, sendo que cada entrevista ocorreu com duração média de 40 minutos.

Os participantes foram questionados acerca de diferentes aspectos inerentes ao mercado de bioinsumos no país, sobretudo quatro áreas temáticas principais: (1) desafios, barreiras e gargalos enfrentados; (2) aspectos técnicos, biotecnologia e inovações; (3) adesão e aceitação de produtores rurais a novas tecnologias; e (4) cenário atual e tendências do mercado do setor (APÊNDICE 3).

Os entrevistados foram indagados quanto à primeira temática (desafios, barreiras e gargalos enfrentados): “Quais os principais desafios que a empresa enfrenta para desenvolver novos produtos biológicos para a agricultura? Quais os principais gargalos atuais do setor em sua opinião?”. Dentre as respostas dadas, aspectos sobre áreas distintas podem ser destacados:

- Ausência de capital intelectual;
- Falta de preocupação e incentivo em pesquisa e desenvolvimento (P&D) pelas empresas e governo;
- Questões de regulamentação de produtos;
- Avanço da produção própria sem fiscalização e disputa entre empresas de produtos acabados;

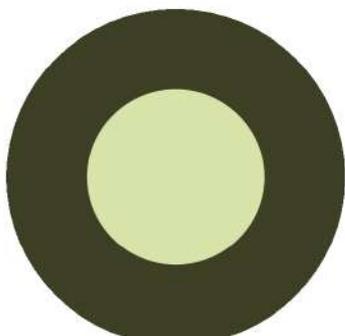
- Falta de metodologias de aferições técnicas adequadas para algumas culturas e condições edafoclimáticas brasileiras;
- Segurança jurídica para as empresas produtoras de produtos biológicos, sobretudo ligadas à propriedade industrial e Lei de Biodiversidade;
- Falta de qualidade de alguns produtos encontrados no mercado;
- Inadequação de algumas tecnologias no país (relativas a tempo de prateleira de produtos, logística de transporte e armazenamento);
- Desinformação e erros de utilização ainda presentes no campo;
- Falta de preparo dos representantes técnicos de vendas (RTVs) das empresas no que se refere aos bioinsumos.

A ausência de capital intelectual para o setor foi descrita por alguns dos participantes, que mencionaram ainda, as dificuldades enfrentadas na contratação de profissionais para atuar no setor de biológicos, sobretudo porque muitos estão habituados ao mercado dos produtos químicos, existindo, pois, a falta de formação apropriada na área de biológicos.

Nesse sentido, esse despreparo dos profissionais da área acaba gerando erros de aplicação pelos produtores, acarretando, muitas vezes, ineficácia dos produtos e baixa credibilidade destes. Um dos entrevistados mencionou que: “Mais de 90% dos profissionais da área de biológicos vem do mercado de químicos e não sabem, muitas vezes, o que estão vendendo, já que os treinamentos são muito superficiais, dando apenas uma pincelada no mundo da microbiologia agrícola, conhecimento este que é raso e não absorvido”. Trata-se, de um “mercado novo, que está se regulamentando, organizando, mas veio do mundo dos químicos, com o vício dos químicos”. O entendimento, portanto, das empresas e produtores sobre as diferenças entre o químico e o biológico é essencial. “Para biológicos tem que acompanhar próximo ao produtor, tem que ficar perto, o produtor pode ficar perdido, não ver eficácia, pode contaminar.” O produtor, habituado aos produtos químicos, acaba comprando “milhares de litros de biológico, unindo na calda produtos antagônicos”. De acordo com alguns dos entrevistados, portanto, há ainda muita desinformação e muitos erros no uso e no mercado, que “está crescendo de forma não sustentada, faltando profissionais preparados para a área, o que é consequência da falta de investimentos

no ensino e na formação de profissionais”. Segundo os entrevistados “a cultura dos químicos ainda impera, falta conscientização, conhecimento e treinamento, e trocar a cultura (hábito) não é fácil, necessitando do auxílio do MAPA e governo para a tecnologia andar”. Essas respostas estão em consonância com os demais dados levantados no presente estudo, provenientes das discussões ocorridas durante os eventos de divulgação e dos questionários de livre opinião.

Além disso, também ligado à área técnica e de produção, os gargalos relacionados a aspectos de P&D e desenvolvimento técnico de novos produtos foram mencionados pelos participantes como algo a ser repensado e investido, não apenas pelas empresas do setor, que na visão de alguns dos entrevistados ainda investem pouco em P&D, mas também pelo governo, por meio de fomentos e incentivos fiscais. A pequena relação entre empresas e universidades foi também destacada: “É preciso ter pessoas atreladas a P&D capazes de desenvolver soluções; fazer parcerias estratégicas com entidades de pesquisa, de forma a acessar o capital intelectual de instituições de pesquisa”, disse um dos entrevistados. Outro mencionou ainda ser preciso “incentivar a relação empresa/universidade, por meio de programas de fomento governamentais”. Os desafios técnicos mencionados, segundo alguns dos participantes, geram falta de inovação na área, já que “o custo final para quem está fabricando não paga a pesquisa bem elaborada. Apenas o financiamento em universidades e P&D pode trazer inovações”, frisou um dos participantes, que emendou: “pensar fora da caixa é desafio. Muitas empresas não estão preocupadas em P&D em si, mas no valor a curto prazo. A Academia, contudo, ainda mantém certa distância do mercado, mas empresas de pesquisa como a Embrapa, tem estreitado a relação. Universidade e empresas ainda estão correndo para lados diferentes. Enquanto a indústria foca no que é factível em larga escala, a universidade tem o que é novo, mas ainda não escalonável”. Segundo o entrevistado, o caminho é o amplo incentivo e a divulgação, tal qual o estudo aqui desenvolvido.



Ainda segundo aspectos relativos à técnica e conhecimento acerca da temática de bioinsumos, foi colocado por um dos entrevistados que, apesar do crescimento do setor, necessita-se no Brasil, do “reforço de players globais de biológicos, já que grandes players de mercado de químicos (defensivos e fertilizantes) ainda tem desconhecimento enorme de biológicos, com o racional de manufatura e de indústrias tradicionais. Muitas empresas estão olhando para capacidade de entrega (produção) e para mudanças na área (inovações), e hoje no Brasil tem-se mais empresas declaradas como empresas de biológicos. Entretanto, isso exige profissionalização e inovações, com o desenvolvimento de produtos reais, concretos e globais. Somente quando ocorrer esse incremento de tecnologia (poucas empresas no Brasil já fazendo isso) teremos um salto de comparação de múltiplos Agtech. Ainda não estamos aí. Os serviços de olhar para o solo vão evoluir o entendimento. Tudo tem uma questão de educação, formação, criação de novos hábitos e conhecimento do produtor”.

Ademais, também segundo os entrevistados, as dificuldades técnicas ainda existentes acabam por acarretar a presença de alguns produtos com baixa qualidade no mercado, especialmente no interior do país, onde a fiscalização passa por maiores dificuldades. A presença destes produtos no “mercado informal” gera competição desleal com empresas sérias e reforçam a falsa ideia de ineficácia dos biológicos, podendo trazer até mesmo riscos ambientais e de saúde.

Outro aspecto mencionado é sobre a falta de informações e a inadequação de algumas tecnologias às condições brasileiras, como temperatura, clima e solo, bem como logística de transporte, armazenamento e tempo de prateleira, o que dificulta maior adesão dos produtos e dificuldade de produção.

Alguns dos participantes mencionaram a dificuldade enfrentada pelas empresas em conseguir mensurar a eficácia de seus produtos, devido à ausência de metodologias de aferição adequadas às condições brasileiras, que são atualmente muito baseadas em fórmulas, medidas e técnicas aplicadas na Europa e EUA. Nesse contexto, um entrevistado mencionou a redução de fertilizantes nitrogenados em pastagens, mas mantendo a produção dos animais. Este ressaltou que a “medição de isótopo nitrogênio 15 (N15) é usada, contudo as equações aplicadas são todas desenvolvidas para leguminosas. E indagou: Como podemos ter metodologias mais precisas para gramíneas ou outras culturas? Deve-se desenvolver e pensar metodologias para aferição de N em gramíneas (hoje ainda focada no balanço de N15 no sistema). A atenção da fixação biológica de nitrogênio (FBN) é desenvolver

tecnologia com escalabilidade e comprovação na prática”. Outro ressaltou também a importância de estudos de FBN para outras culturas, sendo este “um forte tópico, relevante pela pegada de carbono de fertilizantes nitrogenados (70% da emissão de gases efeito estufa nas lavouras)”. Nessa conjuntura, foi destacada a importância de investimentos governamentais relacionados à área ambiental, de descarbonização, que os bioinsumos podem contribuir, bem como de estudos focados nesta área: “tudo que se hoje tem é majoritariamente para clima temperado. Pouco se tem e se sabe para o clima tropical”.

Quanto a aspectos relativos à produção própria, observou-se a preocupação de algumas empresas na fiscalização desses produtos e na regulamentação relativa à produção e impedimento de comercialização dos produtos produzidos diretamente nas propriedades rurais. Um dos entrevistados salientou: “No mercado tem muitas empresas de fundo de garagem, produzindo produtos não registrados. No *on farm* tem de tudo, muitas vezes qualquer coisa menos o produto, mas também existem processos bem avançados e automatizados, com controle alto”. Outro entrevistado disse a respeito: o “avanço das produções *on farm* podem ser oportunidade ou problema para o segmento de biológicos da indústria”, enquanto um terceiro argumentou: “todos querem fazer produtos de qualidade, mesmo os *on farm*. Fazer *on farm* com a mesma qualidade dos produtos acabados; a briga entre os dois (*on farm* e acabados) não faz sentido, já que o mercado de biológicos hoje é apenas 4% dos de químicos. Tem-se que elevar o mercado”. Um outro participante mencionou que “o tema ainda tem que ser muito discutido. É complicado para uma empresa levar sistema de produção em baixo volume, o retorno do grande é muito maior, o que atinge menos os menores produtores. As cooperativas poderiam ser um caminho, mas o problema das cooperativas é a política e burocracia de grande parte delas, que impõem altas contrapartidas das empresas. Não é fácil conseguir evoluir para ajudar os pequenos produtores associados. A única oportunidade seria via cooperativas, mas ainda tem muitos fatores que impedem isso. Não é viável, o pequeno produtor ainda fica descoberto”.

As questões relativas ao registro de produtos e legislação foram as mais colocadas pelos participantes (cinco dos sete entrevistados mencionaram a regulamentação) e, nesse cenário, muito se falou sobre a ausência de registro para produtos multifuncionais.

Essa discussão fora também intensamente levantada durante os eventos de divulgação do presente estudo: “Biológico não faz uma única função. A empresa gasta milhões para registro e não pode vender como tendo outra função, mesmo o produto sendo multifuncional. O registro é demorado, caro e estimula empresas trabalhando de forma errada, sem registro. Muitos dos produtos hoje não têm registro, sendo de empresas pequenas ou do interior, de empresas até sem CNPJ. É difícil para o MAPA ter fiscalização mais próxima de tudo”. Ainda na mesma temática, outro entrevistado mencionou: “microrganismos do solo têm mais de um desempenho. A questão de microrganismos multifuncionais demanda atenção mais exacerbada de políticas públicas (regulamentação), unificação das normas. Ambos os PLs tramitando atualmente⁸ necessitam de melhorias, mas já são um passo inicial”. Além disso, a falta de regulamentação para produtos de classes específicas também foi discutida: “o desafio é a parte legal de regulamentação, a falta de classes de registros no MAPA, muitos produtos caem na legislação de agroquímicos”. Segundo um dos entrevistados, caberia ao governo, por intermédio do MAPA “simplificar e atualizar, resolvendo os gargalos que existem regulamentação e classificação”. Alguns mencionaram ainda o quanto as questões regulatórias impactam diretamente

as inovações: “para FBN tem-se pelo menos 12 gêneros de bactérias que poderiam estar sendo aplicados como inoculantes. Contudo, o MAPA tem resolução com poucas espécies que podem ser registradas como inoculantes⁹. Assim, tem-se várias empresas trabalhando com as mesmas espécies e mesmas estirpes. Pensando como empresa, como sair da lista disponibilizada pelo MAPA? Uma empresa gasta milhões para convencer que a espécie não vai causar problemas ambientais ou de saúde humana, tem que provar por estudos de toxicologia, o perfil da espécie em 5 regiões diferentes do Brasil. Então, o gargalo do mercado está na regulamentação, ligados à registros e falta de atualizações rápidas por especialistas na área, para alterar regras. Isso trava empresas e criação de novas tecnologias. Resoluções devem ser atualizadas nesse sentido”. Em concordância, um outro participante, também a respeito da regulamentação, frisou: “estamos fomentando os mascarados, temos necessidade de sofisticação para fiscalizações e acompanhamento do mercado e dos produtos. Devemos dar o espaço para declararem o que tem certo ali dentro (do produto)”.

⁸ Referentes aos PL: Projeto de Lei n° 3668, de 2021 e Projeto de Lei n°. 658/2021.

Ainda na vertente de questões legais, não apenas a regulamentação veio em pauta, mas os aspectos ligados à propriedade intelectual e garantia dos direitos das empresas que investem na inovação e desenvolvimento dos produtos. Segundo alguns dos entrevistados: “o Brasil precisa trazer a legislação de propriedade industrial (PI) para o padrão global. Isolamento de cepas e identificação de microrganismos novos não permite patente no Brasil, enquanto é possível na Europa e EUA. O microrganismo não vai estar protegido e isso impede que o sucesso do presente perdure no futuro”. Além disso, haveria a “necessidade de maior clareza na Lei de Biodiversidade (institutos cobram pelo microrganismo isolado de um bioma). O bioinsumo desenvolvido é um bem intermediário. A Lei fica em aberto, de quem é o microrganismo? Tem bancos mundiais que não estão aceitando depósito de microrganismos brasileiros e revistas científicas de alto impacto que evitam trabalhos que citam microrganismos brasileiros, tudo por causa da Lei da Biodiversidade”. É necessário, portanto, para os avanços no setor, “dar segurança jurídica para quem está fazendo inovação no Brasil, com a Biodiversidade brasileira, no que tangem patentes e maior clareza na Lei da Biodiversidade: como são os bioinsumos nisso? Isso impacta as exportações, publicações”. Segundo alguns dos entrevistados, muitas empresas optam por investir fora do país, devido a dificuldades enfrentadas com questões de patente, isolamento e proteção. Segundo um dos entrevistados, de fato, a “proteção é o maior calcanhar de Aquiles do setor. Como transformar a vanguarda do presente em vantagem competitiva do futuro?”.

Ainda sobre patentes, um entrevistado demonstrou que a empresa tem interesse em manter avanços da tecnologia como segredo industrial: “nossa empresa não patenteará nada. Temos patente do equipamento, mas não patentaremos processos. Manteremos o segredo industrial. Sabemos que patentes acabam sendo balizador da inovação, mas até que ponto são de fato?”.

No que concerne a segunda temática geral da entrevista (aspectos técnicos, biotecnologia e inovações), algumas perguntas foram feitas aos entrevistados, a saber: “Quais os principais aspectos técnicos a serem considerados para o desenvolvimento de novos insumos biológicos para a agricultura? Na opinião da empresa quais as principais inovações na área atualmente e no futuro? Como a inovação e a biotecnologia contribuem para o desenvolvimento de novos bioinsumos agrícolas?”

⁹ Refere-se à Instrução Normativa SDA Nº 13, de 24 de março de 2011.

Para estas perguntas, os principais aspectos mencionados referem-se à ligação direta entre inovação e biotecnologia; às novas tendências e futuro de inovação do setor (incluindo metabólitos, RNA de interferência, o RNAi); além de novos microrganismos e mistura destes, além de aspectos ligados à qualidade desses produtos. Muitos dos fatores mencionados pelos entrevistados vão ao encontro do que fora levantado neste estudo em questão.

Neste âmbito, quatro dos entrevistados mencionaram que os microrganismos e o foco nestes são apenas o início do que se observa em se tratando de bioinsumos no país. Trata-se de uma primeira fase, cujas próximas incluem novas tecnologias e a presença cada vez maior da biotecnologia. Segundo os entrevistados, o "mercado de bioinsumos é 100% dependente de biotecnologia", e a "biotecnologia é o único caminho", estando muitas das inovações do setor atreladas diretamente à biotecnologia: "hoje se une natural com biotecnológico, aspectos de sequenciamento de DNA são fundamentais, bem como o controle de qualidade via processos biotecnológicos é essencial (via PCR em tempo real), além de nanotecnologia para produtos formulados, para produto atingir o sítio exato. Além disso, a biotecnologia está também ligada a equipamentos a serem desenvolvidos tais como envazadores estéreis que não existem, a melhora de aeração de reatores, dentre outros".

Quanto às principais inovações, os entrevistados mencionaram a tendência de investimentos em tecnologia de ponta pelas empresas, o que está sendo impulsionado pelas grandes empresas do setor. Segundo os participantes, microrganismos como produtos são ainda a forma mais "fácil e viável de trabalhar". Contudo, as inovações no setor são outras: "a próxima geração são os metabólitos dos microrganismos, eles que serão os comercializados. Os metabólitos secundários serão desenvolvidos para uso como produto. É um caminho mais caro, já que demanda isolamento, caracterização, aumento de escala do metabólito, o que ainda tem muito desconhecimento, falta descobrir muita coisa". Assim, a tecnologia de segunda geração se constituiria em metabólitos secundários, contando ainda com uma terceira geração, "ainda mais tecnológica, focando em trabalhar com cofatores e biomoléculas relacionadas à estruturação de microbioma do solo.

Hoje sabe-se que tem microbioma de solo e da planta, rizosfera tem ação na segregação de metabólitos via sinalização bioquímica, para recrutamento dos microrganismos que a planta julga serem bons. Via exsudados radiculares tem biomoléculas que segregam as bactérias específicas que ela precisa, modulando a rizosfera. Conhecer as biomoléculas, produzi-las e aplicá-las no solo, a fim de vender essas como produtos”. O que fazemos hoje é "trabalhar com bionsumos na forma como vem ao mundo, mas tem muito ainda a ser feito”. A inovação estará na "exploração de outros nichos. Deve-se pensar holisticamente em como modular a microbiota de forma que a planta possa melhor se comunicar com o microrganismo, modulando o que precisa. Precisamos mudar a visão da planta não apenas como o produto, mas como o organismo que pode modular o que necessita. A inovação com bactérias é incremental, não é disruptiva. No dia que conseguirmos explorar a comunicação com a microbiota aí sim falaremos de inovação”.

Sendo assim, de acordo com os entrevistados, as inovações seguem o fluxo linha: trabalhar com metabólitos, engenharia genética, RNAi, bioprocessos; inovar via edição gênica, transgenia, entendimento de microbioma dos solos e entender como as práticas agrícolas modulam o microbioma autóctone; entender o impacto do bioinsumo e da prática de manejo no microbioma que já existe e como podemos modular isso para maior produtividade agrícola e para melhoria das soluções desenvolvidas. “Nova tendência da área? Setor está evoluindo para 2^a, 3^a e 4^a geração: metabólitos induzidos, combinação de ativos, compostos e extratos botânicos, transformação de microrganismos via transgenia ou edição, RNAi, essas são todas evoluções para os próximos 10 anos dos biológicos no país”. Além desses aspectos, a qualidade foi mencionada como uma forma de inovação: “inovação não é produto novo, mas de qualidade a baixo custo. Rever processos, manter qualidade, com menor custo. Pesquisas em novos produtos é importante, mas o mais importante é produto de qualidade. Muitos dos produtos, mesmo registrados, não têm a qualidade descrita no rótulo”.

Em relação ao controle de qualidade de biológicos, algumas possíveis estratégias foram levantadas para o desenvolvimento de tal prática: “começar com educação, com pessoas que aprendam a analisar os produtos. Não é só concentração, tudo mudar de acordo com a cepa usada e condições de solo e clima. Sugere-se que a indústria faça sua autorregulação, com a Embrapa como operadora técnica, por exemplo, de forma similar ao que se tem em outros setores (como o selo ABIC do café)”.

O governo, portanto, poderia atuar no desenvolvimento de programas para garantir qualidade, assegurando o desempenho e dando mais conforto ao usuário. “Ter sistemas de *“point of care”* para análises na ponta da cadeia, desenvolver kits para o produtor checar a qualidade do *on farm*”. Isso auxiliaria na redução da polarização entre comerciais e *on farm*. Para tanto, é preciso fortalecer aspectos de biotecnologia no setor: “Bioinformática e metagenômica são pontos-chave. Tem-se muitos bancos de cepas, mas precisa-se de mais velocidade nas respostas. Para descobrir novos produtos tem um tempo e para encurtar esse tempo tem-se ferramentas como bioinformática e metagenômica. Tem empresas já trabalhando com isso e vendo níveis de assertividade dessas análises”. Outra inovação apontada foi o uso de bioinsumos para a fixação de carbono no solo. “Esta é outra nova tendência de biológicos”, frisou um dos entrevistados.

No que tange à temática da adesão e aceitação de produtores rurais a novas tecnologias (terceiro tópico da entrevista), a maioria dos entrevistados respondeu com segurança e otimismo a esta questão. Quando perguntados: “Como a empresa tem visto a adesão dos produtores brasileiros a essas tecnologias?”, embora em alguns dos eventos de divulgação, tenha sido levantado que alguns produtores não iriam realizar a substituição dos seus produtos químicos por biológicos, devido as especificidades da cultura, a maioria dos entrevistados mencionou o contrário. Um deles reiterou: “Tenho convicção total de aceitação dos produtores. Várias empresas não sabem usar o interesse do produtor. A venda é resultado da aproximação, visita técnica e entendimento de manejo do produtor”. Outro disse: “a adoção dos produtores pelo biológico é exponencial. Não tem discussão. Quem se fecha para o biológico fica para trás. O crescimento é brutal”. Ainda segundo eles, nos últimos 6 anos a demanda por biológicos no país aumentou 400%. “O agricultor mudou a mentalidade, quer provar o novo, quer saber das pesquisas, a taxa de cancelamento de contratos conosco é baixa. Primar pela qualidade é essencial. O agricultor só volta, se mantém qualidade”. Outro dos entrevistados mencionou ainda que: “a partir do momento que o agricultor olhou os microrganismos de forma diferente, isso andou.

Ele (agricultor) passou a ver de forma mais ecológica: ganho de produtividade com uso de microrganismos. Produtores hoje estão cada vez mais adeptos a colocar o microrganismo no solo para devolver as funções biológicas do solo perdidas ou deletadas. Basta ver como foi FBN na soja. Hoje uso de bioinsumos (inoculantes) é vertente sem volta. Vai ser usado ainda por muito tempo e cada vez mais”.

Um dos entrevistados frisou: “tem minoria da minoria ainda negacionista aos biológicos, talvez entre 5 e 7% dos produtores. Quase 100% das fazendas hoje usam inoculantes”; e que em alguns casos a adesão depende da região do país e da cultura agrícola: “para o produtor de café em São Paulo não se precisa explicar o que é o biológico, o produto já é conhecido. Quando vai em Minas ou Espírito Santo, o cenário é outro. Depende da região, tem que catequisar o produtor ainda, explicar que não vai causar uma pandemia. O nível de desinformação alto em alguns locais do Brasil ainda. Ou seja, os cenários diferentes por região do país”.

Segundo a maioria dos entrevistados, o que se vê em termos de adesão dos produtores brasileiros, se alinha ao que foi descrito pelo estudo da McKinsey e Company (2022): “o Brasil está na vanguarda dos biológicos. Observa-se uma revolução do interesse do agricultor. O que modula a tecnologia é o interesse do agricultor. O agricultor já entendeu a importância dos biológicos e que o solo é um dos principais ativos, olhar do ponto de vista físico e biológico”.

Quanto à temática “cenário atual e tendência do mercado”, quando perguntados: “Na sua opinião e em poucas palavras, como você descreveria o cenário atual e as perspectivas para o desenvolvimento e aplicação de bioinsumos na agricultura?”, todos os entrevistados mostraram acreditar no crescimento do mercado, apesar de passar por ajustes. Segundo eles, o Brasil vai ser o primeiro mercado relevante do mundo, majoritariamente biológico, com grande parte das lavouras utilizando biológicos nos próximos anos. O que hoje, de mercado de insumos biológicos, corresponde a 4-5%, segundo as previsões dos entrevistados chegará facilmente a 40% dentro dos próximos 10 anos. Um dos entrevistados mencionou: “o mercado ainda está crescendo, empresas agora estão indo ao campo, o que até então não acontecia. Os principais players do setor estão ocupando espaços no país todo. Isso vai crescer ainda mais”. De acordo com outro, “o mercado teve mudança radical de 2020 a 2023. Ninguém duvida que o mercado continuará crescendo, só não se sabe bem quanto e a que velocidade”.

Outro participante frisou: "o mercado está crescendo assustadoramente. Mais produtos e mais gente capacitada gerará ainda mais. A demanda é enorme, todo dia tem-se novas pragas e novos problemas. O mercado está totalmente aberto e em expansão". Segundo os participantes, o cenário é excelente, para todos os atores e stakeholders: "o potencial de bioinsumos é enorme. Hoje se fala mais de bioinsumos do que de químicos em empresas de agroquímicos. O Brasil tem de 20 a 30% da diversidade microbiológica do mundo. O momento é muito otimista. Os sistemas produtivos atuais não são tão mais efetivos, tem resistência de moléculas. Os produtores veem bioinsumos como solução e nova alternativa."

Deste crescimento, os grandes players do setor serão os principais envolvidos: "os grandes players já estão atuando em níveis muito elevado. O valor para entrar neste mercado ainda está baixo, mas vai se tornar impeditivo para quem quiser se aventurar no setor".

Ainda relativo ao crescimento e destaque do Brasil no setor, alguns aspectos foram mencionados como 'ainda defasados' e que poderiam seguir exemplos de outros casos de sucesso no país: "quando se fala de N e FBN tem um outro caso de sucesso no Brasil que é o Renovabio. Usinas do Brasil estão diminuindo consideravelmente o uso de N baseando-se em bioinsumos. Por que não montar políticas e propostas como a do Renovabio para outras frentes? O país tem que deixar as empresas privadas trabalharem, criar mercado regulado de carbono vai ser incentivo para o uso e práticas".

Contudo, apesar da perspectiva clara de crescimento de mercado por todos os entrevistados, também foi mencionado que tal crescimento atingirá um ponto de saturação dentro dos próximos 2 anos, tendo-se que inovar na área: "não existe hoje o herbicida biológico, não tem herbicida de amplo espectro. O biológico é seletivo. O desafio técnico é trazer soluções para o que não tem".

Outro aspecto de destaque foi sobre a possibilidade real de substituição de 100% dos insumos químicos pelos biológicos. Para os entrevistados, tal substituição total não é uma realidade: "a substituição não é real pelos biológicos, mas garante persistência do sistema produtivo."

Algumas das categorias de bioinsumos não estão sendo representadas, o que impedirá o uso de 100% de insumos biológicos, sobretudo em se tratando dos defensivos diversos: "Não se tem nesse os chamados bioherbicidas, não se acredita que vai pra frente. Biológico não vai resolver herbicidas, portanto não atingirá 100%". Além disso, o mercado de biológicos hoje está em cerca de 36% em algumas regiões do país". Contudo, segundo colocado pelos entrevistados, muito dificilmente atingirá 100%, principalmente considerando as diferenças existentes entre as tecnologias: "o efeito de choque o biológico não confere. Se tem uma infestação por alguma praga, não se trata com biológicos. O químico é imediato".

É necessário pensar o uso de bioinsumos de forma ampliada: “gerar soluções para entender a disponibilidade de micro e macro nutrientes no solo e usar os microrganismos para potencializar o que já existe na caixa do solo em si. O caminho é a otimização de recursos e não a substituição total de todos os insumos”.

3.4.4 Principais vantagens e dificuldades relacionadas ao uso de bioinsumos em gramíneas no Brasil

Após a análise do panorama atual das tecnologias disponíveis e relacionadas aos bioinsumos como alternativa a fertilizantes químicos em gramíneas no Brasil, alguns aspectos devem ser considerados. O mapeamento das tecnologias presentes no mercado, bem como daquelas sendo patenteadas e pesquisadas, foi fundamental para entender como os bioinsumos têm sido utilizados e, o que provavelmente será desenvolvido futuramente para o setor, pensando em alternativas aos fertilizantes nitrogenados, assim como aos fosfatados e potássicos. A jornada de divulgação do estudo permitiu levantar questões importantes, que foram analisadas conjuntamente as respostas obtidas por meio de questionários e entrevistas. A seguir e, após análise técnica, são elencadas as vantagens e as dificuldades relativas ao uso de bioinsumos em gramíneas no Brasil.

Vantagens: o que o setor tem a trazer ao Brasil

Redução do consumo de nitrogênio (N): redução de até 7 milhões de toneladas anualmente, considerando a aplicação de bioinsumos (inoculantes) na área total das principais gramíneas cultivadas no país;

Redução de emissões de GEE: redução em até cerca de 18,5 milhões de toneladas de CO₂ eq. anualmente, considerando-se a área total das principais gramíneas cultivadas, valor este representado sobretudo pela aplicação de bioinsumos (inoculantes) em pastagens, equivalentes às maiores áreas de cultivo no que se referem a gramíneas;

Redução de custos com fertilizantes: redução em até USD 5,1 bilhões ao ano devido à substituição de fertilizantes nitrogenados por inoculantes em gramíneas.

Dificuldades: o que o setor traz como principais desafios

Dentre os principais aspectos levantados, quatro temas principais podem ser mencionadas: 1) Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação (PD&I); 2) Educação; 3) Desenvolvimento de Produtos; e 4) Regulações. Para cada, diversos pontos de atenção foram sinalizados, representando desafios do setor de bioinsumos para gramíneas no Brasil:

1) Pesquisa e desenvolvimento (P&D)

Investimentos: falta de investimentos para P&D a fim de alavancar as pesquisas e inovações na área;

Tropicalização: ausência de metodologias de estudo aplicadas a áreas tropicais, dificultando análises e estudos aprofundados do mecanismo de ação e eficácia das tecnologias/produtos/processos desenvolvidos, incluindo conhecimento sobre variações da microbiota dos solos brasileiros;

Equipamentos para escalonamento e aplicação: precariedade em conhecimento e inexistência de equipamentos mais adequados à escalabilidade de produção e manejo em campo de produtos biológicos;

Conhecimento sobre os microrganismos: escassez de estudos relacionados a sequenciamento, melhoramento genético, bioprospecção de atividades, forma de ação dos microrganismos nas plantas e aspectos da produção dos bioinsumos (e.g., otimização de condições de crescimento, multiplicação e cultivo);

Expansão dos bioinsumos disponíveis: mais pesquisas referentes a biodiversidade brasileira (microrganismos, fungos, algas, plantas, insetos) que podem vir a consistir em bioinsumos;

Maior integração do Ecossistema de Inovação: interações ainda limitadas entre ICTs e empresas para se realizar PD&I de forma mais alinhada às demandas do mercado, incluindo aspectos de transferência de tecnologia.

2) Educação

Limitado número de profissionais capacitados: inclui disponibilidade de técnicos agrícolas, Agrônomos, profissionais qualificados para as empresas que desenvolvem produtos e RTVs;

Curta duração dos cursos atuais de técnicos agrícolas e conteúdos específicos em cursos de Ciências Agrárias: considerando a complexidade do setor de biológicos, aponta-se que os cursos disponíveis não abarcam de forma suficiente os aspectos relacionados à produção e aplicação dos bioinsumos;

Conhecimento limitado pelos usuários (produtores rurais): em geral, os produtores possuem baixa instrução relacionada às formas de utilização e manejo dos produtos biológicos.

3) Desenvolvimento de produtos

Formulações: necessidade de desenvolvimento de formulações de maior desempenho, considerando aspectos técnicos e edafo-climáticos brasileiros;

Curto tempo de prateleira dos produtos: este aspecto dificulta a logística de distribuição, estoque, venda e compra de bioinsumos;

Controle de qualidade de produtos: falta de métodos e análises padronizados, bem como de controle oficial, que garantam a qualidade e eficácia dos produtos.

4) Regulações

Registro de novos produtos: dificuldade de registro de produtos e necessidade de regulamentação própria para bioinsumos, de forma a englobar a extensão da lista de espécies de bactérias e fungos que podem ser registradas como inoculantes; a possibilidade de registro de produtos com múltiplas funções; a expansão das classes que podem ser registradas como bioinsumos, dentre outras;

Propriedade Industrial: impossibilidade de patenteamento de microrganismos, necessidade de reformulação de legislações de PI e a relação desta com a dificuldade das empresas de patentarem suas tecnologias de forma que sejam exclusivas;

Proteção de biodiversidade: falta de entendimento real do enquadramento dos bioinsumos e dos (micro)organismos usados para o desenvolvimento de produtos na Lei de Biodiversidade Brasileira;

Incentivos fiscais: falta de incentivos fiscais específicos para produção de bioinsumos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bactéria *Azospirillum brasilense* constitui-se como a espécie mais utilizada como bioinsumo (biofertilizante/inoculante) em gramíneas no país, contando com inúmeros produtos comerciais, patentes e artigos científicos relacionados, que indicam amplo potencial de descarbonização (redução de emissões de CO² eq. De até 18,5 milhões de toneladas) e de economia para o país (redução de até 5,1 bilhões de dólares).

Outras bactérias têm mostrado potencial semelhante para esse fim, incluindo espécies de *Pseudomonas* e *Bacillus*, também presentes em produtos comerciais e citadas em patentes e artigos científicos, sobretudo como complemento a fertilizantes minerais em cultivos de cereais e pastagens, devido principalmente a atuação destas, na solubilização e mobilização de fósforo (P). Acrescenta-se, ainda, a atuação como agentes de controle biológico, contribuindo com o manejo de pragas e doenças, o que torna essas espécies ainda mais promissoras, considerando-se os aspectos de multifuncionalidade.

Fungos, algas e cianobactérias são também organismos em potencial para uso como biofertilizantes e bioestimulantes, embora existam poucos produtos comerciais ou mesmo artigos científicos relacionados;

O estudo contribui para o melhor entendimento e, potencial aprimoramento do uso de bioinsumos (biofertilizantes/inoculantes) por produtores rurais no Brasil, auxiliando, em última instância, no desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável e resiliente, bem como menos dependente de insumos externos.

5. REFERÊNCIAS

AIRES, R. **Bioinsumos: o que são e como é seu uso na agricultura.** AgriQ - Receituário Agrônômico On-line - Uma Solução Aliare, 25 jul. 2022. Disponível em: <<https://agriq.com.br/bioinsumos/>>. Acesso em: 3 abr. 2023

ANPII. **Crescimento do mercado de bioinsumos faz ANPII reestruturar sua atuação e investir em novas pesquisas e expansão.** ANPII, 9 fev. 2023. Disponível em: <<https://www.anpii.org.br/crescimento-do-mercado-de-bioinsumos-faz-anpii-reestruturar-sua-atuacao-e-investir-em-novas-pesquisas-e-expansao/>>. Acesso em: 4 abr. 2023

ANPII. **Brasil utiliza mais de 130 milhões de doses de inoculantes biológicos nas lavouras e os benefícios ambientais ganham destaque.** ANPII, 1 ago. 2023 (b). Disponível em: <<https://www.anpii.org.br/brasil-utiliza-mais-de-130-milhoes-de-doses-de-inoculantes-biologicos-nas-lavouras-e-os-beneficios-ambientais-ganham-destaque/>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

AWIKA, J. M. **Major Cereal Grains Production and Use around the World.** Em: AWIKA, J. M.; PIIRONEN, V.; BEAN, S. (Eds.). ACS Symposium Series. Washington, DC: American Chemical Society, 2011. v. 1089 p. 1–13.

BASHAN, Y. et al. **Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013).** Plant and Soil, v. 378, n. 1–2, p. 1–33, maio 2014.

BOVAL, M.; DIXON, R. M. **The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological progress in the tropics.** Animal, v. 6, n. 5, p. 748–762, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Programa Nacional de Bioinsumos - Nota Técnica**, 28 maio 2020. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/material-para-imprensa/pt/release-04-programanacionalbioinsumos_divulgacao/view>. Acesso em: 25 mar 2022.

BRASIL. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. **Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (PNF 2050).** Brasília: SAE, 2021, v.1, 195 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Estatísticas do Setor**, 3 maio 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/estatisticas-do-setor/estatisticas-do-setor>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

BRASIL. **Sustentabilidade na cadeia de fertilizantes e produção agrícola no Brasil: Economia Circular práticas ESG**, 3 maio 2022 (b). Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/sustentabilidade-na-cadeia-de-fertilizantes-e-producao-agricola-no-brasil-economia-circular-praticas-esg>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

BRASIL. **Plano ABC e ABC+**, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais>>. Acesso em: 14 jun. 2024.

BP BUNGE, 2023. BP Bunge pretende eliminar uso de fertilizante mineral até 2025. Disponível em: <<https://bpbunge.com.br/bp-bunge-pretende-eliminar-uso-de-fertilizante-mineral-ate-2025/>>. Acesso em: 15 dez. 2023.

BURAK, D. L. et al. INSUMOS BIOLÓGICOS NA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS DA REGIÃO SUL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Em: GONÇALVES, F. G. et al. (Eds.). **Sistemas Integrados de Produção: pesquisa e desenvolvimento de tecnologias**. 1. ed. [s.l.] Editora Científica Digital, 2021. p. 304–326.

CASSÁN, F.; DIAZ-ZORITA, M. **Azospirillum sp. in current agriculture: From the laboratory to the field**. Soil Biology and Biochemistry, v. 103, p. 117–130, dez. 2016.

CONAB. **Boletim da Safra de Grãos**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

CONAB. **Produção de cana-de-açúcar é estimada em 652,9 milhões de toneladas influenciada por boa produtividade**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5124-producao-de-cana-de-acucar-e-estimada-em-652-9-milhoes-de-toneladas-influenciada-por-boa-productividade>>. Acesso em: 10 dez. 2023.

CONAB. **Base de dados de Insumos Agrícolas.** Disponível em: <<https://consultaweb.conab.gov.br/consultas/consultaInsumo.do?method=acaoCarregarConsulta>>. Acesso em: 16 dez. 2023.

CROPLIFEBRASIL. **Agricultura regenerativa: a conservação dos recursos naturais em destaque,** c2019. Disponível em: <<https://croplifebrasil.org/conceitos/agricultura-regenerativa/>>. Acesso em: 5 abr. 2023.

DI BENEDETTO, N. A. et al. **The role of Plant Growth Promoting Bacteria in improving nitrogen use efficiency for sustainable crop production: a focus on wheat.** *AIMS Microbiology*, v. 3, n. 3, p. 413–434, 7 jun. 2017.

EMBRAPA. **Pastagens - Portal Embrapa,** 4 nov. 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/sitio-tecnologico/trilha-tecnologica/tecnologias/pastagens>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

EMBRAPA. **Aplicativo Bioinsumos - Portal Embrapa.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/7227/aplicativo-bioinsumos>>. Acesso em: 28 ago. 2024.

EMBRAPA. **Pesquisa contribui para o desenvolvimento de novas forrageiras.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/78698123/pesquisa-contribui-para-o-desenvolvimento-de-novas-forrageiras>>. Acesso em: 8 dez. 2023.

FARIAS, P. I. V. et al. **Input assurance for Brazilian food production.** *Fertilizer Focus*, v. 38, n. 1, p. 52-54, jan./fev. 2021.

GARCIA, R. et al. **INTERAÇÕES UNIVERSIDADE-EMPRESA E A INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DOS GRUPOS DE PESQUISA ACADÊMICOS.** *Revista de Economia Contemporânea*, v. 18, n. 1, p. 125–146, abr. 2014.

GUIMARÃES, G. S. et al. **Pointing Out Opportunities to Increase Grassland Pastures Productivity via Microbial Inoculants: Attending the Society's Demands for Meat Production with Sustainability.** *Agronomy*, v. 12, n. 8, p. 1748, 25 jul. 2022.

HUNGRIA, M. et al. **Improving maize sustainability with partial replacement of N fertilizers by inoculation with *Azospirillum brasilense***. *Agronomy Journal*, v. 114, n. 5, p. 2969–2980, set. 2022.

HUNGRIA, M. e NOGUEIRA, M. A. **Inoculação multifuncional para pastagens com braquiárias**. Folder Embrapa, 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1133103/inoculacao-multifuncional-para-pastagens-com-braquiarias>>. Acesso em: 17 dez. 2023.

IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 11: N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application.

IPCC, 2014. **IPCC WGI Fifth Assessment Report**. Chapter 8, Disponível em https://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

IPCC, 2022. Publications - **IPCC-TFI**. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>. Acesso em: 5 jun. 2023.

KUMAR, S. et al. **Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability**. *Current Research in Microbial Sciences*, v. 3, p. 100094, 2022.

KUMAR, P., & KUMAR, V. **Preface to the Special Issue “Agricultural Environmental Pollution, Risk Assessment, and Control”**. *Agriculture*, v.14, n.1, Article 1. 2024, <https://doi.org/10.3390/agriculture14010104>

MCKINSEY & COMPANY. **The Brazilian Farmer’s Mind**, 2022 - McKinsey & Company - Mente do Agricultor. Disponível em: <<https://mente-do-agricultor.mckinsey.com/english/>>. Acesso em: 5 jun. 2023.

MORDOR INTELLIGENCE. **Fertilizers Market Analysis - Industry Report - Trends, Size & Share**, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/fertilizers-market>>. Acesso em: 28 ago. 2024.

MAURI, G. DE S. et al. **Produtividade da cultura do milho em função da adubação de cobertura**. *Revista Científica Unilago*, v.1, n.1, 12 dez. 2022.

NOSHEEN, S.; AJMAL, I.; SONG, Y. **Microbes as Biofertilizers, a Potential Approach for Sustainable Crop Production**. Sustainability, v. 13,n. 4, p. 1868, 9 fev. 2021.

OECD; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.OECD-FAO **Agricultural Outlook 2021-2030**.[s.l.] OECD, 2021. Disponível em: < <https://www.fao.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook/2021-2030/en/>>. Acesso em: 3 abr. 2023.

ORTIZ, J. **Fertilizantes de nitrogênio são faca de dois gumes para o Brasil**. Dialogo Chino, 24 abr. 2023. Disponível em: <<https://dialogochino.net/pt-br/agricultura-pt-br/65222-fertilizantes-nitrogenio-brasil-emissoes/>>. Acesso em: 24 maio. 2023

REDAÇÃO AGRISHOW. **O Impacto dos Bioinsumos na Agropecuária Brasileira**, 22 fev. 2023. Disponível em: <<https://digital.agrishow.com.br/materiais-para-download/o-impacto-dos-bioinsumos-na-agropecuaria-brasileira>>. Acesso em: 4 abr. 2023.

RENGALAKSHMI, R. et al. **Building Bioeconomy in Agriculture: Harnessing Soil Microbes for Sustaining Ecosystem Services**. Em: LEAL FILHO, W. et al. (Eds.). Towards a Sustainable Bioeconomy: Principles, Challenges and Perspectives. World Sustainability Series. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 261–277.
ROCKSTRÖM, J. et al. A safe operating space for humanity. Nature, v. 461, n. 7263, p. 472– 475, set. 2009.

SAMMAURIA, R. et al. **Microbial inoculants: potential tool for sustainability of agricultural production systems**. Archives of Microbiology, v. 202, n. 4, p. 677–693, maio 2020.

SANTOS, M. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. AMB Express, v. 9, n. 1, p. 205, dez. 2019.
SCIENCE DIRECT TOPICS. Apocarotenoid — An overview, 2023. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/apocarotenoid>>. Acesso em: 13 de março de 2024.

SHAHWAR, D. et al. **Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: A review.** Heliyon, v. 9, n. 6, p. e16134, jun. 2023.

SOARES, D. **Emissões de gases de efeito estufa por fertilizantes nitrogenados em lavoura cafeeira irrigada.** Tese de doutorado, 2016.

SUN, B. et al. **Bacillus subtilis biofertilizer mitigating agricultural ammonia emission and shifting soil nitrogen cycling microbiomes.** Environment International, v. 144, p. 105989, 1 nov. 2020.

WALLING E. e VANEECKHAUTE C. **Greenhouse gas emissions from inorganic and organic fertilizer production and use: A review of emission factors and their variability.** Journal of Environmental Management, v. 276, p. 111211, 15 dez. 2020.

YUAN, G. **Top 10 global agricultural highlights of 2022 | Exploring countermeasures and opportunities, capturing new growth areas,** 10 mar. 2023. Disponível em:

<<https://news.agropages.com/News/Detail-45767.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ANEXOS

ANEXO 1: DIVULGAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE LIVRE OPINIÃO VIA REDE SOCIAL LINKEDIN

 Formulário de pesquisa sobre Bioinsumos

 Chamamos produtores rurais, representantes técnicos de empresas e acadêmicos da área de bioinsumos a participar e compartilhar este importante formulário de pesquisa para o setor:

<https://lnkd.in/d2qehZ7j>

"Este formulário objetiva entender os pontos de vista de produtores rurais, empresas e acadêmicos sobre a temática de desenvolvimento e uso de bioinsumos para o cultivo de gramíneas."

"O formulário dura poucos minutos e auxiliará no levantamento de informações para o projeto "Estudo estratégico de bioinsumos como substitutos a fertilizantes em gramíneas", desenvolvido em parceria entre o Ministério da Agricultura, a ABBI e o SENAI-CETIQT (maiores informações <https://lnkd.in/dHNFiyMw> e <https://lnkd.in/dwpATs6w>). "

"As respostas aqui fornecidas não serão utilizadas para outros fins, nem divulgadas com identificação ou sem consentimento, muito menos serão usadas com a finalidade de promover, difamar, nem prejudicar pessoas e/ou empresas. Agradecemos desde já sua contribuição."

[#bioinsumos](#) [#sustentabilidade](#) [#agro](#) [#agronegocio](#) [#agribusiness](#)
[#biológicos](#) [#controlebiologico](#) [#agricultura](#) [#agriculture](#) [#produtividade](#)
[#diversidade](#) [#biotecnologia](#) [#biotechnology](#) [#farming](#) [#microbiologia](#)
[#microbiology](#)

APÊNDICES

APÊNDICE 1: QUESTIONÁRIO DE LIVRE OPINIÃO SOBRE BIOINSUMOS

Bioinsumos no cultivo de gramíneas

Este formulário objetiva entender os pontos de vista de produtores rurais, empresas e acadêmicos sobre a temática de desenvolvimento e uso de bioinsumos para o cultivo de gramíneas. O formulário dura poucos minutos e auxiliará no levantamento de informações para o projeto "Estudo estratégico de bioinsumos como substitutos a fertilizantes em gramíneas", desenvolvido em parceria entre o Ministério da Agricultura, a ABBI e o SENAI- CETIQT (maiores informações <https://www.youtube.com/watch?v=3Jb8tsNLZT4> e <https://www.youtube.com/watch?v=qGfIIYrbliQ>). As respostas aqui fornecidas não serão utilizadas para outros fins, nem divulgadas com identificação ou sem consentimento, muito menos serão usadas com a finalidade de promover, difamar, nem prejudicar pessoas e/ou empresas. Agradecemos desde já sua contribuição.

* Obrigatória

Informações gerais

1. Nome ou identificação da empresa ou instituição (opcional)

Ocupação *

- Produtor/Agricultor/Pecuarista
- Representante de empresa fabricante de bioinsumos
- Representante de empresa consumidora de bioinsumos
- Professor, pesquisador ou acadêmico
- Outra (favor especificar abaixo)

2. Caso tenha respondido "outra" na pergunta acima, por favor, especifique sua ocupação. *

3. Você faz uso de insumos biológicos (bioinsumos) em sua lavoura ou pasto?

Sim

Não

4. Se respondeu sim na pergunta acima, com que finalidade você/sua empresa usa o bioinsumo? (pode marcar mais de um item e/ou completar a opção "outra")

Biodefensivo (controle de pragas)

Biofertilizante (complementar o uso de fertilizantes minerais)

Bioestimulante (auxiliar o crescimento da planta)

Outra

5. Qual(is) a(s) principal(is) cultura(s) que você trabalha? (pode marcar mais de um item e/ou completar a opção "outra")

Soja Milho Cana Trigo

Algodão Hortaliças Pastagens Outra

6. Poderia mencionar o(s) nome(s) de algum(ns) bioinsumo(s) que você utiliza?

7. Qual(is) o(s) principal(is) motivo(s) que te fizeram optar pelo uso de bioinsumos? (pode marcar mais de um item)

- Menor valor
- Maior rendimento da lavoura
- Preocupação com o meio ambiente
- Incentivos do governo
- Maior qualidade dos produtos
- Maior aceitação dos consumidores
- Melhor qualidade do pasto

8. Como é feita a aplicação do bioinsumo em sua lavoura/pasto? (pode marcar mais de um item e/ou completar a opção "outra")

- Aplicação na semente
- Aplicação no sulco
- Pulverização nas plantas
- Outra

9. Você segue alguma recomendação para o uso do bioinsumo?

10. Se respondeu "sim" na pergunta anterior, como obteve as recomendações de uso? (pode marcar mais de um item e/ou completar a opção "outra")

- Outro produtor/agricultor que já fazia uso
- A empresa com a qual comprei o produto
- As instruções vieram junto com o produto

O engenheiro agrônomo (ou profissional) que me acompanha

A associação de agricultores a qual faço parte

Outra

11. Você/sua empresa faz uso do bioinsumo juntamente com o fertilizante mineral?

12. Se sim, poderia explicar brevemente como faz o uso do bioinsumo juntamente com o fertilizante?

13. Você produz o bioinsumo em sua própria lavoura, a chamada produção *on farm*?

Sim

Não, sempre compro produtos das empresas

14. Se sim, poderia descrever brevemente a estrutura que utiliza para a produção do bioinsumo?

15. Na sua opinião, quais os principais aspectos negativos ou desafios para o uso de bioinsumos? (pode marcar mais de um item)

Não tenho informações corretas de como usar

Tenho dificuldades para aplicar os produtos

Tenho que realizar mudanças na minha rotina de manejo

Os produtos são caros

Os produtos não funcionam corretamente

Não vejo diferenças ao usar bioinsumos

16. De 1 a 5 (sendo 1 baixo e 5 alto), como você/sua empresa classificaria o interesse atual dos produtores brasileiros pelo uso de bioinsumos?



17. Em que tipo de classes de produtos sua empresa está focada? (pode marcar mais de um item)

Biodefensivos

Biofertilizantes

Bioestimulantes

Outra

18. Se respondeu "outra" na questão anterior, por favor, especifique.

19. Poderia citar algum(ns) nome(s) do(s) bioinsumo(s) produzidos por sua empresa?

20. Qual seria o diferencial do(s) seu(s) produto(s), comparado(s) a outros similares?

21. Qual é o shelf-life (tempo de prateleira) do(s) produto(s) da sua empresa?

- Até 12 meses
- De 12 a 24 meses
- De 24 a 36 meses
- Mais de 36 meses

22. O(s) produto(s) da sua empresa pode(m) ser aplicado(s) juntamente com fertilizantes minerais?

- Sim
- Não

23. Se sim, como deve ser tal aplicação? Essa informação é fornecida ao produtor juntamente com o produto?

24. Na sua opinião, qual é a principal limitação para o desenvolvimento de novos produtos (bioinsumos) pela empresa?

25. Na sua opinião, quais os incentivos ou ações do governo deveriam existir para permitir a facilidade de produção de bioinsumos pelas empresas brasileiras?

26. Na sua opinião ou de acordo com seus conhecimentos/pesquisas, quais os principais aspectos positivos (potencialidades) a respeito do uso de bioinsumos, principalmente para complementação ou substituição parcial de fertilizantes? (é possível marcar mais de uma opção e completar a opção "outra")

- Menor preço em comparação com fertilizantes minerais
- Potencial de descarbonização
- Eficácia dos produtos
- Permitir o crescimento e vanguarda do país no setor
- Aumento da produtividade das culturas/pecuária com consequente aumento da segurança alimentar
- Outra

27. Na sua opinião ou de acordo com seus conhecimentos/pesquisas, quais os principais aspectos negativos (desafios) do uso de bioinsumos para complementação ou substituição parcial de fertilizantes em gramíneas? (é possível marcar mais de uma opção e completar a opção "outra")

- Dificuldade do uso/manejo dos produtos
- Falta de informações para a utilização dos produtos
- Mudanças na rotina do produtor para uso dos produtos

- Baixa eficácia
- Falta de investimentos para escalonamento e aumento de uso
- Outra

28. Como você vê o futuro do uso de bioinsumos no Brasil? (é possível marcar mais de uma opção e completar a opção "outra")

- Acredito que o Brasil poderia se tornar líder mundial na produção e desenvolvimento da tecnologia
- Acredito que o uso de bioinsumos no país tende a aumentar nos próximos anos
- Acredito que o Brasil será consumidor de produtos desenvolvidos por empresas estrangeiras
- Acredito que as dificuldades de regulamentação e receio de uso pelos produtores dificultarão o desenvolvimento do setor no país
- Acredito que a falta de incentivo às pesquisas no setor poderão limitar a ampliação de uso
- Acredito que os pequenos produtores e os consumidores aceitarão melhor os bioinsumos
- Outra

29. Outros aspectos que gostaria de ressaltar. Esse espaço é livre, para apresentação de aspectos não contemplados no formulário e/ou para o desenvolvimento da temática discutida.

APÊNDICE 2: PERGUNTAS REALIZADAS DURANTE ENTREVISTA COM EMPRESAS

Poderia se apresentar e falar um pouco sobre a empresa em que atua e como ela tem investido no setor de biológicos?

Quais os principais desafios que a empresa enfrenta para desenvolver novos produtos biológicos a serem utilizados para a agricultura? Quais os principais gargalos atuais do setor em sua opinião?

Quais os principais aspectos técnicos a serem considerados para o desenvolvimento de novos insumos biológicos para a agricultura? Na opinião da empresa, quais as principais inovações na área atualmente e para o futuro?

Como a empresa tem visto a adesão dos produtores brasileiros a essas tecnologias?

Como a inovação e a biotecnologia contribuem para o desenvolvimento de novos bioinsumos agrícolas?

Na sua opinião e em poucas palavras, como você descreveria o cenário atual e as perspectivas para o desenvolvimento e aplicação de bioinsumos na agricultura?

Outras considerações que gostaria de pontuar?

APÊNDICE 3: FICHAS DAS TECNOLOGIAS

MICROORGANISMO	CLASSE	
<i>Azospirillum</i> sp.	Bactéria	
SOBRE O ORGANISMO		
Características gerais e ações principais:	São bactérias que estimulam o crescimento de plantas, podendo ser encontradas em muitos tipos de solo em todo o mundo. O uso de inoculantes à base de <i>Azospirillum</i> sp. pode minimizar o consumo de fertilizantes nitrogenados sem comprometer a produção, gerando economia e aumento da rentabilidade ¹ . Tem sido intensamente aplicada em culturas de gramíneas e soja no Brasil. Dentre as ações observadas, destacam-se: indução de perfilhamento, acúmulo de N, ação positiva em produção de hormônios (auxinas), melhora na absorção de nutrientes e de água, maior tolerância a estresses abióticos (salino, hídrico), maior resistência à patógenos e maior teor de clorofila.	
Principais espécies usadas:	<i>A. brasilense</i> , <i>A. amazonense</i> (= <i>Nitrospirillum amazonense</i>), <i>A. baldaniorum</i>	
Principais cepas aplicadas:	AbV5, AbV6, AbV7, HM053, Az1, Az2, CNPSo 2083 e 2084; Sp245; CBAmC, Cbamc-BR11145	
Culturas aplicadas:	Milho, trigo, cana-de-açúcar, pastagens: Capim-murundu - <i>Urochloa brizantha</i> (= <i>Brachiaria brizantha</i>), <i>Urochloa ruziziensis</i> , Azevém (<i>Lolium multiflorum</i>), Capim-bermuda (<i>Cynodon dactylon</i>), Capim-mombaça (<i>Megathyrsus maximus</i>), Paspalum (<i>Paspalum regnellii</i>)	
Consórcios recentemente descritos:	<i>Anabaena cylindrica</i> , <i>Herbaspirillum seropedicae</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Bradyrhizobium japonicum</i> , <i>Rhizobium tropici</i> , <i>R. leguminosarum</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Pantoea ananatis</i> , <i>Burkholderia ambifaria</i>	
Tipo de aplicação:	Semente, solo, pulverização	
Potencial de descarbonização:	20-130 kg N/ha 53-344,5 kg/ha CO ₂ eq./ 0,2-1,3 kg/ha N ₂ O	
PRODUTOS FERTILIZANTES PARA GRAMÍNEAS E NOVAS PATENTES		
Produtos comercializados para gramíneas como biofertilizantes ou inoculantes	Número de patentes depositadas no Brasil (últimos 5 anos)	
AGFX-AZOS, GRAP NOD AL, GRAMMY CROP, AZOSPHERA GRAMÍNEAS, AZOSPHERA GRAMÍNEAS TURFA, AZOTROP, PASTOMAX, AZOS, AZOS SIEMBRA, FIXARON AZOS, NITROGEO AZ, RIZOPLANT AZOS, AZOKOP, NITRO1000 GRAMÍNEAS, AUFIX, AZOMAX, MASTERFIX GRAMÍNEAS, MASTERFIX GRAMÍNEAS, AZOTOTAL, ACCELERATE FERTILITY, AZZOFIX, BIOMAX AZUM, HOBER AZOS, WELT, SIMBIOSE MAIZ, NITROBACTER AZP	15 patentes	
		
<small>¹ http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.08.020</small>		

MICRORGANISMO

Herbaspirillum sp.

CLASSE

Bactéria



SOBRE O ORGANISMO

Características gerais e ações principais: Bactérias reconhecidas por sua capacidade de fixar nitrogênio da atmosfera, sendo tipicamente ligadas a gramíneas, auxiliando em seu crescimento. O gênero, no entanto, também contém bactérias com variedade ecológica e fisiológica significativa e que não fixam nitrogênio.² Essas bactérias têm sido amplamente estudadas e aplicadas sobretudo em cana-de-açúcar, agindo no aumento de produtividade, de matéria seca, de estoque de C no solo, N acumulado, síntese de fitormônios, aumento da biomassa de raízes e parte aérea.

Principais espécies usadas: *H. seropedicae*, *H. rubrisubalbicans*

Principais cepas aplicadas: HRC54, ZAE94, HIII 215, HIV 206, BR11417; HCC103, HCC 101

Culturas aplicadas: Milho, trigo, cana-de-açúcar, pastagens (*Brachiaria decumbens*)

Consórcios recentemente descritos: *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia tropica*, *H. rubrisubalbicans*, *H. seropedicae*, *Azospirillum brasilense*. Adicionalmente: inclusão de ácido húmico

Tipo de aplicação: Semente, tratamento de plântulas, turfa dissolvida em água e inoculada em segmentos nodais, pulverização, irrigação

Potencial de descarbonização: 30-120 kg N/ha
79,5-318 kg/ha CO₂ eq./ 0,3-1,2 kg/ha N₂O

PRODUTOS FERTILIZANTES PARA GRAMINEAS E NOVAS PATENTES

Produtos comercializados para gramíneas como biofertilizantes ou inoculantes

Número de patentes depositadas no Brasil (últimos 5 anos)

Não encontrados

5 patentes



²<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/herbaspirillum>

MICROORGANISMO <i>Bacillus</i> sp.	CLASSE Bactéria	
SOBRE O ORGANISMO		
Características gerais e ações principais:	Bactérias usadas sobretudo como inoculantes para mobilização e solubilização de fósforo, algumas com ações defensivas. Têm sido amplamente aplicadas na substituição de fertilizantes em culturas no Brasil. ³ Agem no aumento de crescimento e produtividade, aumento das taxas de germinação, aumento de peso seco da parte aérea e teor de P e K da parte aérea, aumento do peso seco da raiz, teor de N e K da raiz e atividades de fosfatase ácida e alcalina. Promove uma maior sanidade das plantas, maior vigor, tolerância a estresses, além de otimizar o uso da água pela planta.	
Principais espécies usadas:	<i>B. subtilis</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>B. velezensis</i> , <i>B. thuringiensis</i> , <i>B. methylotrophicus</i> , <i>B. simplex</i> , <i>B. aryabhatai</i> , <i>B. amyloliquefaciens</i>	
Principais cepas aplicadas:	AP-3, BS-290, B2084, UFRA-92, B-320, PRBS-1, BRM 2084, CCTB04; Ag87; Ag75; RZ2MS9, B116, IP21; CMAA 1363; FZB45, CCTB09	
Culturas aplicadas:	Milho, cana-de-açúcar, pastagens: capim-marandu (<i>Urechloa brizantha</i>)	
Consórcios recentemente descritos:	<i>B. thuringiensis</i> , <i>Azospirillum</i> sp., <i>Trichoderma asperellum</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>B. amyloliquefaciens</i> , <i>B. pumilus</i> , <i>Lysinibacillus</i> sp., <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Enterobacter</i> sp.	
Tipo de aplicação:	Semente, aplicação direta em plantas, irrigação, sulco	
Potencial de descarbonização:	12,5 kg N/ha 33,125 kg/ha CO ₂ eq./ 0,125 kg/ha N ₂ O	
PRODUTOS FERTILIZANTES PARA GRAMINEAS E NOVAS PATENTES		
Produtos comercializados para gramíneas como biofertilizantes ou inoculantes	Número de patentes depositadas no Brasil (últimos 5 anos)	
BIOMAPHOS, ACCMAX, ONIX, BIOTRINSIC SIMPLEX, AURAS CAMPO, PHOSBAC	23 patentes	
		
* https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00667		

MICROORGANISMO

Pseudomonas sp.

CLASSE

Bactéria



SOBRE O ORGANISMO

Características gerais e ações principais: *Pseudomonas* são bactérias capazes de produzir sideróforos, moléculas capazes de capturar ferro insolúvel do ambiente e convertê-lo em uma forma solúvel disponível para plantas.⁴ Em relação à solubilização de P, têm sido consideradas muito eficientes. Além da solubilização de fosfatos, promovem o desenvolvimento das plantas pela produção de hormônios e vitaminas (aumento de produtividade e produção de grãos), indução da resistência contra agentes patogênicos e microrganismos nocivos.

Principais espécies usadas: *P. fluorescens*

Principais cepas aplicadas: CNPSo 2719, CCTB 03; AMG521

Culturas aplicadas: Milho, pastagens: capim-mombaça (*Megathyrsus maximus*), capim-murundu (*Urochloa brizantha*, *U. ruziziensis*)

Consórcios recentemente descritos: *Azospirillum brasilense*, *Rhizobium tropici*

Tipo de aplicação: Sementes, pulverização foliar

Potencial de descarbonização: 22,5-80 Kg N/ha
59,625-212 kg/ha CO₂ eq/ 0,225-0,8 kg/ha N₂O

PRODUTOS FERTILIZANTES PARA GRAMINEAS E NOVAS PATENTES

Produtos comercializados para gramíneas como biofertilizantes ou inoculantes

Número de patentes depositadas no Brasil (últimos 5 anos)

PASTOMAX, SIEMBRA PHOSPRO, ACCELERATE FERTILITY, HOBER PHOS



16 patentes



⁴ <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-09900-7.00012-2>

MICROORGANISMO		CLASSE	
Rizóbios (<i>Rhizobium</i> sp., <i>Bradyrhizobium</i> sp.)		Bactéria	
SOBRE O ORGANISMO			
Características gerais e ações principais:	São bactérias de solo ligadas à fixação biológica de nitrogênio, que possuem habilidade para induzir a formação de nódulos nas raízes especialmente em algumas leguminosas. Além disso, essas bactérias agem como promotoras de crescimento em plantas, atuando na melhoria de parâmetros de crescimento e produtividade das plantas, crescimento de parte aérea e raízes. ⁵		
Principais espécies usadas:	<i>R. tropici</i> , <i>R. leguminosarum</i> , <i>B. japonicum</i> , <i>B. sacchari</i>		
Principais cepas aplicadas:	MT08, MT15, CIAT 899; MT16; SEMIA 5079 e 5080; BR 10280T		
Culturas aplicadas:	Trigo, cana-de-açúcar, pastagem: capim-mombaça (<i>Megathyrsus maximus</i>)		
Consórcios recentemente descritos:	<i>Azospirillum brasilense</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i>		
Tipo de aplicação:	Semente, solo, aplicação em plântulas		
Potencial de descarbonização:	Sem dados encontrados		
PRODUTOS FERTILIZANTES PARA GRAMINEAS E NOVAS PATENTES			
Produtos comercializados para gramíneas como biofertilizantes ou inoculantes	Número de patentes depositadas no Brasil (últimos 5 anos)		
AZZOFIX	16 patentes		
	      		
⁵ https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.619676			

MICROORGANISMO		CLASSE	
<i>Burkholderia</i> sp., <i>Pantoea</i> sp., <i>Gluconacetobacter</i> sp.		Bactéria	
SOBRE O ORGANISMO			
Características gerais e ações principais:	Bactérias do gênero <i>Burkholderia</i> apresentam amplo potencial agrícola e biotecnológico. São promotoras de crescimento em plantas agindo na fixação biológica do nitrogênio e produção de fitormônios, sendo supressores de algumas doenças, biorremediadores e agentes de biocontrole. ⁶ A bactéria endofítica <i>Gluconacetobacter</i> tem grande potencial para ser usada como biofertilizante em associação com cana-de-açúcar, pois fixa nitrogênio e estimula o crescimento da planta. Essas bactérias agem no aumento da produtividade, peso fresco e seco, aumento da produção de auxinas, N acumulado. ⁷		
Principais espécies usadas:	<i>B. tropica</i> , <i>B. amfibaria</i> , <i>P. ananatis</i> , <i>G. diazotrophicus</i>		
Principais cepas aplicadas:	Ppe8, PPe8T-BR11366T; M 3-87; T 1-14; PAL5T, Pal5		
Culturas aplicadas:	Trigo, milho, cana-de-açúcar		
Consórcios recentemente descritos:	<i>Burkholderia tropica</i> , <i>Herbaspirillum rubrisubalbicans</i> , <i>Herbaspirillum seropedicae</i> , <i>Azospirillum brasilense</i> , <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i>		
Tipo de aplicação:	Semente, tratamento das plântulas, turfa dissolvida em água e inoculada em segmentos nodais, pulverização, irrigação		
Potencial de descarbonização:	50-120 kg N/ha 132,5-318 kg/ha CO ₂ eq./ 0,5-1,2 kg/ha N2O		
PRODUTOS FERTILIZANTES PARA GRAMINEAS E NOVAS PATENTES			
Produtos comercializados para gramíneas como biofertilizantes ou inoculantes	Número de patentes depositadas no Brasil (últimos 5 anos)		
Não encontrados	13 patentes		
			
<small>⁶ http://dx.doi.org/10.1016/j.syapm.2012.04.001, ⁷ https://www.sciencedirect.com/topic/s/agricultural-and-biological-sciences/gluconacetobacter</small>			

MICROORGANISMO
Methylobacterium sp.

CLASSE
Bactéria



SOBRE O ORGANISMO

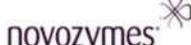
Características gerais e ações principais:	Bactérias do gênero <i>Methylobacterium</i> são um dos principais componentes dos microbiomas vegetais. A diversidade da comunidade de <i>Methylobacterium</i> no solo é influenciada pelo crescimento das plantas. Interação com as plantas como endofíticas ou epifíticas, e mostram efeitos no crescimento vegetal. Agem na fixação de N, solubilização de P e ferro, modulam níveis hormonais e agem na defesa vegetal. ⁸
Principais espécies usadas:	<i>M. symbioticum</i>
Principais cepas aplicadas:	SB23, 40 GRM1
Culturas aplicadas:	Trigo, milho, tricale, arroz, aveia, sorgo
Consórcios recentemente descritos:	-
Tipo de aplicação:	Pulverização
Potencial de descarbonização:	30 kg N/ha 79,5 kg/ha CO ₂ eq./ 0,3 kg/ha N ₂ O

PRODUTOS FERTILIZANTES PARA GRAMINEAS E NOVAS PATENTES

Produtos comercializados para gramíneas como biofertilizantes ou inoculantes	Número de patentes depositadas no Brasil (últimos 5 anos)
<p>UTRISHA N ou BLUE N</p> <p> NATURAL GROWTH</p> <p></p>	<p>6 patentes</p> <p> NATURAL GROWTH</p> <p></p> <p></p>

<https://doi.org/10.3390/su13073941>

MICROORGANISMO		CLASSE	
<i>Aspergillus</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp.		Fungos	
SOBRE O ORGANISMO			
Características gerais e ações principais:	Fungos podem agir de maneira positiva na agricultura. Além do amplo uso como biodefensivos, diversas espécies de fungo podem agir na solubilização de nutrientes. <i>Aspergillus niger</i> apresenta potencial para solubilizar compostos de fosfato inorgânico insolúveis, promovendo o crescimento de plantas. ⁹ Fungos do gênero <i>Trichoderma</i> controlam patógenos por meio de parasitismo. Contudo, <i>T. asperellum</i> tem mostrado efeitos positivos também no crescimento de plantas. ¹⁰ Os fungos agem no aumento de produtividade, favorecem a absorção de micronutrientes de fontes minerais, aumento do crescimento, área foliar, taxa de alongamento, conteúdo de nutrientes na planta.		
Principais espécies usadas:	<i>A. niger</i> , <i>T. asperellum</i>		
Principais cepas aplicadas:	BRMCTAA 82; UFRA-06, UFRA-09, UFRA-12, UFRA-52		
Culturas aplicadas:	Pastagem: azevém (<i>Lolium multiflorum</i>), capim-marandu (<i>Uruclioa brizantha</i>)		
Consórcios recentemente descritos:	<i>Bacillus subtilis</i>		
Tipo de aplicação:	Solo, irrigação		
Potencial de descarbonização:	12,5 kg N/ha 33,125 kg/ha CO ₂ eq./ 0,125 kg/ha N2O		
PRODUTOS FERTILIZANTES PARA GRAMINEAS E NOVAS PATENTES			
Produtos comercializados para gramíneas como biofertilizantes ou inoculantes	Número de patentes depositadas no Brasil (últimos 5 anos)		
Não encontrados*	4 patentes		
			
<small>* não considera defensivos ⁹ https://doi.org/10.3390/microorganisms10040674, ¹⁰10.3390/jms23042329</small>			

ORGANISMO <i>Ascophyllum</i> sp., <i>Anabaena</i> sp., <i>Chlorella</i> sp.	CLASSE Algas e cianobactérias	
SOBRE O ORGANISMO		
<p>Características gerais e ações principais:</p> <p>Principais espécies usadas:</p> <p>Principais cepas aplicadas:</p> <p>Culturas aplicadas:</p> <p>Consórcios recentemente descritos:</p> <p>Tipo de aplicação:</p> <p>Potencial de descarbonização:</p>	<p><i>Ascophyllum nodosum</i> é uma alga marrom com o potencial em elevar o crescimento vegetal, devido à presença de auxinas e outros hormônios, sendo usadas como bioestimulantes.¹¹ <i>Anabaena cylindrica</i> é uma cianobactéria que tem sido empregada como biofertilizante.¹² Esses organismos mostraram ações sobre crescimento, produção de forragem sob estresse salino, aumento de produtividade, aumento da aquisição de fósforo pelas plantas e crescimento radicular e caulinar, além do aumento na produção de auxinas.</p> <p><i>Ascophyllum nodosum</i> , <i>Anabaena cylindrica</i> , <i>Chlorella vulgaris</i></p> <p>Não se aplica</p> <p>Milho, cana-de-açúcar, trigo, sorgo, arroz, pastagens: capim-pangolão (<i>Digitaria pentzii</i>), Capim-marandu (<i>Urechloa brizantha</i>)</p> <p><i>Azospirillum brasilense</i></p> <p>Semente, solo, pulverização</p> <p>12,5 kg N/ha 33,125 kg/ha CO₂ eq./ 0,125 kg/ha N₂O</p>	
PRODUTOS FERTILIZANTES PARA GRAMINEAS E NOVAS PATENTES		
<p>Produtos comercializados para gramíneas como biofertilizantes ou bioestimulantes</p> <p>DIMIAGRO ALGAMAI, ASCOMAXX, ULTRABOR, SWALLOW, PRIMAFERT, BRASPO*</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   </div> <div style="text-align: center;">   </div> </div>	<p>Número de patentes depositadas no Brasil (últimos 5 anos)</p> <p>11 patentes</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   </div> <div style="text-align: center;">    </div> </div>	
<p>* fertilizantes minerais mistos com extrato/ biomassa de alga. ¹¹https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655, ¹²https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2043350</p>		