

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE ENSINO
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

PANORAMA CIENCIOMÉTRICO DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS E
MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES: TENDÊNCIAS, DESAFIOS E
PERSPECTIVAS PARA A AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Autora: Gabrielly Cristiny Souza Gomes

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Braghiroli

Rio Verde, 2024

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE ENSINO
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

**PANORAMA CIENCIOMÉTRICO DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS E
MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES: TENDÊNCIAS, DESAFIOS E
PERSPECTIVAS PARA A AGRICULTURA SUSTENTÁVEL**

Autora: Gabrielly Cristiny Souza Gomes

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Braghiroli

Trabalho de Curso apresentado como parte das exigências para obtenção do título de LICENCIADA EM QUÍMICA, no Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

Rio Verde, 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) – Instituto Federal Goiano

G633p

Gomes, Gabrielly Cristiny Souza.

Panorama cienciométrico de fertilizantes organominerais e Microrganismos solubilizadores: tendências, desafios e perspectivas para a agricultura sustentável [manuscrito] / Gabrielly Cristiny Souza Gomes. – Rio Verde, GO: IF Goiano, 2024.
43 fls. : tabs., mapas.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Braghiroli.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2024.

1. Desenvolvimento científico. 2. Avanço de biotecnologias.
3. Eficiência agrônômica. I. Braghiroli, Rodrigo. II. Título. III. Instituto Federal Goiano.

CDU 631.8

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

/ /

Documento assinado digitalmente
 **GABRIELLY CRISTINY SOUZA GOMES**
Data: 07/01/2025 15:18:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Documento assinado digitalmente

Ciente e de acordo:

 **RODRIGO BRAGHIROLI**
Data: 28/01/2025 07:22:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, fonte de todas as bênçãos e da força que me sustentou em cada passo dessa jornada. Sua presença constante foi o alicerce nos momentos de dificuldade, iluminando meu caminho e renovando minha esperança mesmo nas situações mais desafiadoras. Sem sua graça, nada disso teria sido possível.

A minha mãe, minha guerreira e inspiração, devo minha eterna gratidão. Mãe, você foi muito além de qualquer definição de amor e sacrifício. Muitas vezes, deixou o seu próprio conforto de lado, apenas para me ver sorrir. Sua firmeza, dedicação e trabalho incansável, enfrentando tudo sozinha para cuidar de mim, foram lições de vida que levarei para sempre. Obrigada por acreditar em mim mesmo quando eu duvidei e por ser o meu maior exemplo de coragem.

Ao meu marido, meu companheiro de vida, as palavras não são suficientes para expressar minha gratidão. Você trabalhou incansavelmente, dia e noite, muitas vezes dormindo apenas uma ou duas horas para que eu pudesse estar aqui, realizando este sonho. Sua força, dedicação e amor foram o combustível que me motivou a seguir em frente. Saiba que cada conquista minha também é sua, pois você carregou comigo o peso dessa caminhada e nunca desistiu de acreditar no meu potencial.

Aos meus amigos, meu porto seguro em tantos momentos, obrigada por estarem sempre ao meu lado, me incentivando e lembrando que eu era capaz, mesmo quando o caminho parecia íngreme demais. Suas palavras de apoio, risadas compartilhadas e abraços de conforto foram fundamentais para que eu seguisse em frente com confiança e determinação.

Aos meus professores, que com dedicação e paciência compartilharam seus conhecimentos e me desafiaram a ser melhor a cada dia, minha mais profunda gratidão. Vocês foram guias indispensáveis nesse percurso, não apenas ensinando conteúdos, mas também demonstrando valores que levarei comigo por toda a vida.

Ao Instituto Federal Goiano, meu agradecimento especial por ser mais do que uma instituição de ensino. Este lugar foi meu lar acadêmico, proporcionando as ferramentas, os recursos e o ambiente necessário para o meu crescimento pessoal e profissional. Aqui, tive acesso a oportunidades que transformaram meu futuro, e serei eternamente grata por isso.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
Primeiros Estudos e Avanços na Utilização de Fertilizantes Organominerais e Microorganismos Solubilizadores	9
Adoção Prática e Impactos na Agricultura	11
Sustentabilidade e Benefícios Ambientais	14
Inovações Tecnológicas e Pesquisas Científicas Recentes	15
Desafios e Perspectivas Futuras	17
3. OBJETIVO	19
4. METODOLOGIA.....	19
Principais Autores com Maior Número de Publicações e Impacto	21
Força Total de Ligação	22
Análise das Áreas de Pesquisa	23
Áreas Predominantes	24
Áreas Complementares	24
Áreas Emergentes	24
Áreas de Nicho.....	25
Análise dos Anos de Publicação	26
Tendência Geral.....	26
Períodos de Maior Produtividade.....	27
Períodos de Menor Produtividade	27
Fatores que Contribuem para a Evolução Temporal.....	27
Análise das Publicações por Países	28
Distribuição Global.....	28
Principais Países Contribuintes.....	29
Países Emergentes.....	29
Padrões Regionais.....	29
Países com o Maior Volume de Citações	30
Países com Elevado Impacto Médio.....	31
Países com Impacto Moderado	32
Observações e Contextualizações.....	33
Colaboração Internacional:.....	33
Análise das Afiliações de Publicação no Brasil	33
Principais Contribuintes	34
Instituições Emergentes	34
Diversidade Institucional	35
Rede de Co-ocorrência	36
Cluster 1 (Vermelho):.....	36
Cluster 2 (Azul):.....	37
Interações entre os Clusters.....	38
Análise Geral	38

5. RESULTADOS OBSERVADOS.....	39
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
7. REFERÊNCIAS.....	41

RESUMO

Este estudo utilizou a abordagem de análise cienciométrica para mapear o desenvolvimento científico acerca dos fertilizantes organominerais e microrganismos solubilizadores no contexto agrícola. A análise baseou-se em dados da Web of Science, abrangendo o período de 2014 a 2024, e incluiu 473 artigos selecionados por meio das palavras-chave "Organomineral fertilizer" OR "solubilizing microorganisms". A triagem dos dados foi realizada com a plataforma Rayyan, e as análises foram conduzidas com os softwares VOSviewer, Bibliometrix e Google Data Studio. Os resultados destacam o Brasil como líder em publicações, seguido por China e Índia, e identificam a agricultura, as ciências vegetais e as ciências ambientais como as principais áreas de pesquisa. Apesar dos avanços, desafios como limitações tecnológicas, resistência dos agricultores a novas práticas e a necessidade de maior suporte técnico permanecem barreiras à adoção em larga escala. As perspectivas são promissoras, com o avanço de biotecnologias que integram microrganismos benéficos aos fertilizantes, promovendo maior eficiência agronômica e redução dos impactos ambientais.

Palavras-chave: Desenvolvimento científico; Avanço de biotecnologias; Eficiência agronômica.

ABSTRACT

This study employed a scientometric analysis approach to map the scientific development regarding organomineral fertilizers and solubilizing microorganisms in the agricultural context. The analysis was based on data from the Web of Science, covering the period from 2014 to 2024, and included 473 articles selected using the keywords "Organomineral fertilizer" OR "solubilizing microorganisms." Data screening was performed using the Rayyan platform, and analyses were conducted with the VOSviewer, Bibliometrix, and Google Data Studio software. The results highlight Brazil as the leader in publications, followed by China and India, and identify agriculture, plant sciences, and environmental sciences as the main research areas. Despite advancements, challenges such as technological limitations, farmers' resistance to new practices, and the need for greater technical support remain barriers to large-scale adoption. The prospects are promising, with advancements in biotechnologies integrating beneficial microorganisms into fertilizers, promoting greater agronomic efficiency and reduced environmental impacts.

Keywords: Scientific development; Biotechnology advances; Agronomic efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A fertilização agrícola tem desempenhado um papel fundamental na garantia da produtividade e na segurança alimentar global. Desde os tempos mais remotos, o manejo do solo e a adubação evoluíram significativamente, com práticas que passaram da fertilização orgânica tradicional para o uso intensivo de fertilizantes minerais, visando o aumento das colheitas e a eficiência produtiva. No Brasil, o uso de fertilizantes tem um impacto especialmente relevante devido à grande extensão de terras agrícolas e ao papel do país como um dos principais exportadores de commodities agrícolas no mundo. Entretanto, segundo Zonta, Stafanato, Pereira. (2021, p. 268) “O Brasil é o quarto país consumidor de fertilizantes, contudo, produzindo, aproximadamente, 2% da produção mundial, o que torna o país um grande importador de fertilizantes ou de matérias-primas para seus cultivos.”

Essa situação pode elevar os custos de produção e afetar a competitividade dos produtos agrícolas brasileiros no mercado internacional. Além disso, a dependência de fertilizantes importados impacta diretamente a sustentabilidade e a autonomia da produção agrícola do país.

Quanto à produção nacional de N, P₂O₅ e K₂O, em 1983 produziram-se 68% do total utilizado, em 2006 a quantidade de fertilizantes minerais produzida foi de apenas 35%, e estimativas apontam que provavelmente em 2025 apenas 14% das necessidades desses insumos serão produzidas no Brasil. (ZONTA; STAFANATO; PEREIRA. 2021, p. 269)

Dessa forma, os fertilizantes organominerais surgem como uma alternativa que combina as características benéficas dos compostos orgânicos e minerais, resultando em fertilizantes capazes de oferecer nutrientes de forma mais equilibrada e sustentável, melhorando a saúde do solo e diminuindo impactos ambientais.

Ainda, de acordo com De Castro, 2022, “O Brasil ocupa a quarta posição no consumo global de fertilizantes. Em 2021, o País consumiu cerca de 45 milhões de toneladas de fertilizantes, sendo que os fosfatados representaram 33% dessa quantidade.

Bactérias solubilizadoras de fósforo (BSP) têm sido reconhecidas como uma estratégia alternativa para melhoria da aquisição de fósforo (P) por plantas a partir de mecanismos de biossolubilização do fosfato no solo pela produção de ácidos orgânicos.

{...} Assim, os inoculantes para solubilização de fósforo podem ser aplicados em tratamento de sementes, em jato dirigido na linha de semeadura/plantio ou via sistema de irrigação localizada.

Os microrganismos solubilizadores devem ser introduzidos nos sistemas de produção próximos ao sistema radicular das plantas, de forma a ter boas condições para colonizar a rizosfera. (DE CASTRO, 2022).

Dessa forma, a aplicação de microrganismos solubilizadores de nutrientes no contexto agrícola tem atraído grande atenção nas últimas décadas. Esses microrganismos, desempenham um papel crucial na disponibilização de nutrientes para as plantas, como fósforo, potássio e enxofre, através de mecanismos naturais de solubilização e mineralização.

Os microrganismos solubilizadores utilizam diferentes métodos para transformar formas pouco solúveis de fosfato em solúveis, como processos de acidificação, quelação e reações de troca, mas o principal mecanismo de solubilização é a liberação de metabólitos, como ácidos orgânicos e enzimas extracelulares. (DE CASTRO, 2022).

Ao atuar de maneira sinérgica com fertilizantes organominerais, esses microrganismos não apenas aumentam a eficiência dos fertilizantes, mas também melhoram a qualidade biológica do solo e contribuem para práticas agrícolas mais sustentáveis.

O foco na sustentabilidade no setor agrícola é mais relevante do que nunca, diante da crescente demanda por alimentos, a degradação dos solos e os desafios ambientais. Práticas que integram fertilizantes organominerais e o uso de microrganismos solubilizadores representam um avanço em direção a um modelo de agricultura mais eficiente e ecológico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Primeiros Estudos e Avanços na Utilização de Fertilizantes Organominerais e Microorganismos Solubilizadores

A evolução das práticas de fertilização está intimamente ligada ao desenvolvimento do conhecimento humano sobre a agricultura e a nutrição das plantas. Desde os primeiros esforços para aumentar a produtividade dos solos até as bases científicas que impulsionaram a produção industrial de fertilizantes, a história dessa área reflete a busca contínua por técnicas mais eficientes e sustentáveis.

De acordo com Leão et al. (2023), os primeiros relatos sobre fertilização remontam a períodos antigos, com referências em obras clássicas como as do poeta grego Homero, entre 900 a 700 a.C., e de Theophrastus, entre 372 a 287 a.C. Práticas agrícolas e o uso de compostos para melhorar a produtividade dos solos também foram abordados por Columella em seu manual sobre agricultura (60 a.C.) e por Barnardo Palissy em seu Tratado dos Sais e da Agricultura (1563). No entanto, o desenvolvimento da ciência agrícola moderna começou a ganhar impulso a partir de 1750, com experimentações agrícolas mais sistematizadas,

culminando nos estudos do químico alemão Justus von Liebig em 1840, que é considerado o pai da química agrícola. Liebig foi fundamental para a produção industrial de fertilizantes ao documentar e esclarecer os processos que regem a nutrição das plantas e a química do solo.

No início do século XX, as primeiras iniciativas voltadas para o uso de fertilizantes organominerais surgiram no contexto de uma crescente demanda por alimentos, impulsionada pelo aumento da população mundial. Os pesquisadores da época procuravam maneiras de integrar as propriedades benéficas dos fertilizantes orgânicos e minerais: enquanto a matéria orgânica era valorizada por sua capacidade de melhorar a estrutura do solo, aumentar a retenção de umidade e estimular a atividade microbiana, os nutrientes minerais forneciam fontes prontamente disponíveis e de rápida absorção para as plantas. Esse período de inovação foi influenciado pelo avanço científico iniciado por Liebig e se consolidou com práticas mais eficientes que buscavam não apenas aumentar a produtividade, mas também melhorar a sustentabilidade e a qualidade dos solos agrícolas.

As primeiras fábricas de fertilizantes organominerais no Brasil surgiram há mais de 20 anos, principalmente nas regiões sul e sudeste, em função da abundância de matérias-primas nestas localidades.

Essas empresas trabalhavam com fertilizantes orgânicos simples, principalmente esterco, e passaram a misturá-los com fertilizantes inorgânicos. Já o setor de fertilizantes minerais é mais antigo, sendo que as primeiras fábricas de fertilizantes no Brasil surgiram nos anos 1940 e dedicavam-se exclusivamente à mistura NPK com base em fertilizantes simples importados. (DE CAMARGO et al. 2020).

Os motivadores iniciais para o desenvolvimento dos fertilizantes organominerais estavam ligados à necessidade de aumentar a eficiência do uso de nutrientes, reduzir perdas por lixiviação e melhorar a produtividade agrícola de forma sustentável. De acordo com o MANUAL INTERNACIONAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 1998 apud Fernandes et al., 2020, “Altas quantidades de nutrientes são perdidos por processos de volatilização, lixiviação e adsorção, acarretando na acidificação dos solos e degradação do mesmo pela deficiência destes nutrientes.”

Dessa forma, combinando fontes orgânicas e minerais, buscava-se alcançar um equilíbrio na liberação de nutrientes, garantindo que eles estivessem disponíveis de forma gradual e contínua. Além disso, essa combinação visava minimizar os impactos ambientais associados ao uso excessivo de fertilizantes minerais isolados, que podem resultar em contaminação de águas superficiais e subterrâneas.

Os fertilizantes organominerais são encontrados nas formas granuladas, fareladas ou

peletizadas. A característica de liberação lenta, também chamada de *slow release*, protege contra perdas de potássio e nitrogênio por lixiviação, impede a interação imediata do fósforo com óxidos presentes no solo e reduz a perda desses nutrientes por adsorção (Fernandes et al. 2020).

Paralelamente, estudos iniciais sobre o papel de microrganismos solubilizadores de nutrientes começaram a ganhar destaque. Pesquisas realizadas ao longo do século XX identificaram a capacidade de microrganismos, como bactérias e fungos, de solubilizar nutrientes essenciais, como fósforo e potássio, tornando-os mais disponíveis para as plantas. De acordo com Singh e Satyanarayana, 2012, apud Torres e Reyes, “Como as fontes orgânicas não são utilizadas diretamente para nutrição microbiana, elas devem primeiro ser hidrolisadas pela ação das enzimas fosfatase, produzidas e secretadas no solo pelos microrganismos.”

Esses microrganismos, ao interagir com a matéria orgânica presente nos fertilizantes organominerais, podem potencializar a absorção de nutrientes, melhorar a eficiência dos fertilizantes aplicados e promover um ambiente mais saudável para o desenvolvimento das plantas. Assim, a integração de microrganismos solubilizadores ao uso de fertilizantes organominerais representa um avanço importante na busca por práticas agrícolas mais sustentáveis e eficazes.

Adoção Prática e Impactos na Agricultura

A adoção dos fertilizantes organominerais por agricultores tem crescido ao longo das últimas décadas como uma resposta às necessidades de melhorar a eficiência no uso de nutrientes e reduzir os impactos ambientais da agricultura. A adaptação prática desse tipo de fertilizante não foi imediata, exigindo uma mudança de mentalidade e a superação de barreiras tecnológicas e logísticas. Contudo, a adaptação prática dessa tecnologia enfrenta desafios importantes, incluindo o tempo necessário para a produção do composto orgânico, que pode ser um obstáculo à sua aceitação em larga escala, especialmente em comparação aos fertilizantes de rápida absorção.

O processo de compostagem, etapa essencial para a produção de fertilizantes organominerais, é relativamente demorado, levando de três a quatro meses para ser concluído. Esse período compreende diversas fases: a fase mesofílica (Fase I), onde ocorre a decomposição inicial do material orgânico com a liberação de calor e vapor d'água; a fase termofílica (Fase II), caracterizada por reações bioquímicas ativas, que dependem de condições ambientais, origem do resíduo, população microbiana e balanço nutricional;

seguida da fase de resfriamento (Fase III), com duração de 2 a 5 dias; e, por fim, a fase de humificação e mineralização do húmus (Fase IV), que pode se estender por até 60 dias, resultando em um composto estabilizado rico em nutrientes (CARVALHO, 2015; AYRES, 2021 apud DRAWANZ et al. 2023).

Essa demora contrasta com a rápida disponibilidade de nutrientes oferecida pelos fertilizantes de rápida absorção, que liberam compostos essenciais quase imediatamente após a aplicação no solo. A lentidão na produção e liberação de nutrientes pelos organominerais pode ser percebida como uma desvantagem, dificultando a aceitação por parte de agricultores que buscam resultados mais imediatos.

Apesar disso, os fertilizantes organominerais oferecem benefícios importantes, como a liberação gradual de nutrientes, que contribui para uma nutrição mais equilibrada e sustentada das plantas, além de melhorias na qualidade do solo.

Os efeitos práticos do uso de fertilizantes organominerais têm sido amplamente documentados, com impactos positivos tanto na produtividade agrícola quanto na qualidade dos solos. Um dos principais benefícios observados é o aumento na produtividade das culturas. Ao combinar a liberação rápida dos nutrientes minerais com a liberação mais lenta e sustentada dos compostos orgânicos, os fertilizantes organominerais garantem uma nutrição mais equilibrada e contínua para as plantas. Isso se traduz em maior rendimento por hectare, plantas mais vigorosas e maior resistência a estresses abióticos, como seca e salinidade do solo. Outro impacto significativo é a melhoria da qualidade do solo. O uso de matéria orgânica contribui para aumentar a retenção de umidade, melhorar a estrutura do solo e estimular a atividade microbiológica, resultando em solos mais férteis e resilientes.

Estudos de caso demonstram o impacto positivo da adoção de fertilizantes organominerais em diferentes contextos agrícolas. Um exemplo disso é a aplicação de fertilizantes organominerais em plantações de café no Brasil, que pode ser relacionado com as conclusões apresentadas por Candido (2013). Segundo o autor, as plantas de café que receberam fertilizante organomineral granulado com suplementação fosfatada demonstraram um melhor desenvolvimento inicial. Isso reforça o impacto positivo do uso de fertilizantes organominerais na nutrição das plantas, especialmente quando enriquecidos com fósforo, um nutriente essencial para o crescimento vigoroso e a produtividade.

Além disso, Candido (2013) destaca ainda que a ausência de fertilização fosfatada compromete o desenvolvimento inicial das plantas de café, o que evidencia a importância de uma suplementação nutricional adequada para garantir o desempenho da cultura. Nesse

contexto, os fertilizantes organominerais, que integram fontes orgânicas e minerais de nutrientes, incluindo o fósforo, oferecem uma liberação mais equilibrada e contínua, promovendo melhores condições de desenvolvimento inicial e, conseqüentemente, maior produtividade e qualidade dos grãos.

Outro estudo, apontou que os efeitos dos fertilizantes organominerais em cultivos de feijão, destaca a redução da necessidade de fertilização mineral e o aumento da rentabilidade devido à diminuição de custos. Esse estudo é consistente com os resultados apresentados por Nakayama, Pinheiro e Zerbini, (2013). No estudo mencionado, os autores observaram que, embora não tenha havido uma diferença estatística significativa entre os tratamentos com fertilizantes organominerais e minerais, o uso do fertilizante organomineral (04-14-08+MO) resultou em uma produção superior de 2,87 sacas por hectare em relação ao tratamento exclusivamente mineral (08-28-16). Considerando o preço de mercado da saca de feijão, isso proporcionou uma rentabilidade adicional de R\$ 437,67 por hectare ou R\$ 1.059,17 por alqueire paulista.

Essa diferença em produtividade e rentabilidade demonstra como o uso de fertilizantes organominerais pode ser mais vantajoso para os agricultores, especialmente em termos de custo-benefício. A maior disponibilidade nutricional e o condicionamento proporcionado pelo organomineral, que afetam a relação solo, água e planta de maneira mais equilibrada, parecem ser os fatores que justificam o resultado observado, alinhando-se à ideia de que essa tecnologia oferece uma alternativa sustentável de manejo nutricional para as culturas agrícolas. Isso reforça o potencial dos fertilizantes organominerais não apenas para melhorar a produtividade, mas também para otimizar os recursos financeiros dos produtores rurais.

A aplicação prática de fertilizantes organominerais tem sido também muito estudada no contexto da agricultura de precisão, em que a liberação gradual de nutrientes é ajustada com base em necessidades específicas do solo e da cultura. O uso de microrganismos solubilizadores, como bactérias que liberam fósforo fixado no solo, tem amplificado os benefícios, aumentando a eficiência da absorção de nutrientes pelas plantas e reduzindo o desperdício.

A experiência de países como a Índia e partes da Europa na adoção de fertilizantes organominerais demonstra que, quando implementados de maneira correta, esses fertilizantes contribuem para a redução de impactos ambientais, como a lixiviação de nitratos, e promovem práticas agrícolas mais sustentáveis.

Sustentabilidade e Benefícios Ambientais

A adoção de fertilizantes organominerais tem um papel central na promoção da sustentabilidade agrícola, oferecendo uma alternativa ao uso intensivo de fertilizantes sintéticos, que dominou a agricultura global ao longo do século XX. A combinação de matéria orgânica com nutrientes minerais permite uma liberação gradual e mais controlada dos elementos essenciais às plantas, reduzindo a necessidade de aplicações repetidas de fertilizantes químicos. Esse aspecto tem implicações ambientais significativas, como a diminuição da dependência de insumos sintéticos, que são energeticamente caros para produzir e frequentemente associados a impactos negativos, como a contaminação de águas superficiais e subterrâneas por lixiviação de nutrientes.

Os fertilizantes organominerais são uma boa alternativa, sendo composto basicamente de uma mistura de fertilizantes minerais e orgânicos, que apresentam potencial de uso agrícola, pois tendem a ter um menor custo em relação aos fertilizantes químicos, e advém de resíduos de outros sistemas produtivos como por exemplo a cama de frango, viabilizando investimentos em seu uso e pesquisa muito por atender os ideais de conscientização crescente de uma produção, manejo e desenvolvimento rural sustentável. (MALAQUIAS, 2017)

Um fator importante que contribui para a eficácia dos fertilizantes organominerais é a presença de microrganismos solubilizadores de nutrientes. Esses microrganismos desempenham um papel crítico na conversão de nutrientes imobilizados em formas que podem ser assimiladas pelas plantas. Ao fazer isso, eles aumentam a eficiência de uso de nutrientes e reduzem a lixiviação, minimizando a perda de compostos como fósforo e nitrogênio para os corpos d'água, o que ajuda a combater a eutrofização de rios, lagos e reservatórios. Além disso, a atividade microbiana contribui para a retenção de nutrientes no solo, formando uma relação simbiótica benéfica que melhora a absorção de água e a estrutura do solo.

O uso de fertilizantes organominerais traz benefícios claros para a saúde do solo, aumentando a biodiversidade microbiana e promovendo um ambiente mais favorável ao crescimento das plantas. A matéria orgânica presente nesses fertilizantes fornece uma fonte de carbono para os microrganismos, estimulando sua atividade e diversidade. Solos enriquecidos com matéria orgânica exibem melhor retenção de água, maior capacidade de troca catiônica e são mais resilientes a condições adversas, como a seca.

A preservação da microbiologia do solo, é muito importante, dentro do sistema produtivo de áreas agrícolas. A microbiota desses solos tem grande importância, pois atua, na ciclagem de nutrientes, na sustentação do ecossistema, na cadeia

alimentar, ligada a um conjunto de fatores abióticos e bióticos influenciando diretamente na ecologia, na atividade e na dinâmica populacional de microrganismos no solo. (CARDOSO & ANDREOTE, 2016 apud DE OLIVEIRA et al. 2022).

Além disso, a substituição de fertilizantes exclusivamente sintéticos por opções organominerais pode contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa, como óxido nitroso, que é liberado durante a aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos.

A degradação do solo, vem sendo intensificado com o seu uso inadequado, através práticas agrícolas intensivas, como a monocultura, uso de fertilizantes inorgânicos, sem manejo planejado, ocasionando diminuição da matéria orgânica, afetando a saúde do solo e consequentemente a sustentabilidade e segurança alimentar do planeta (ANGGRAINI et. al., 2020 apud DE OLIVEIRA et al. 2022)

Comparado às práticas convencionais de fertilização, que geralmente dependem de fontes minerais de rápida liberação, o uso de fertilizantes organominerais proporciona uma solução de manejo mais equilibrada e sustentável. Enquanto os fertilizantes sintéticos oferecem nutrientes de rápida disponibilidade, eles também são mais suscetíveis a perdas e podem causar degradação do solo a longo prazo. Em contraste, os fertilizantes organominerais melhoram a fertilidade do solo a longo prazo e promovem um ciclo de nutrientes mais eficiente, contribuindo para uma agricultura que alia produtividade com conservação ambiental.

Inovações Tecnológicas e Pesquisas Científicas Recentes

Nos últimos anos, a pesquisa e desenvolvimento no campo dos fertilizantes organominerais avançaram significativamente, refletindo a crescente demanda por soluções mais sustentáveis e eficientes no setor agrícola. De acordo com Franco, 2019, “os fertilizantes se destacam como uma tecnologia que tem como função repor e fornecer ao solo os principais nutrientes essenciais ao crescimento das plantas com a finalidade de manter e, principalmente, ampliar o potencial produtivo das culturas”. Com base nisso, a adoção de fertilizantes especiais, como os organominerais enriquecidos com tecnologias inovadoras, surge como uma estratégia essencial para atender às demandas da agricultura moderna. Essas formulações não apenas melhoram o desempenho agrônômico das culturas, mas também contribuem para práticas agrícolas mais sustentáveis ao otimizar o uso de recursos naturais e minimizar os impactos ambientais. A liberação controlada de nutrientes e a sua maior eficiência no solo permitem um manejo mais equilibrado, favorecendo o desenvolvimento saudável das plantas e reduzindo a necessidade de aplicações excessivas de insumos. Assim, essa abordagem reforça a importância da integração entre inovação tecnológica e sustentabilidade no setor

agrícola, alinhando-se às necessidades globais de segurança alimentar e conservação ambiental.

[...] os fertilizantes especiais são produtos advindos da adição de tecnologias que visam aumentar a eficiência destes fertilizantes, podendo ser utilizados em substituição aos fertilizantes minerais convencionais ou associados ao mesmo, com o objetivo de fornecer, de forma eficaz e equilibrada, nutrientes às culturas.

Desta forma, a utilização desse tipo de fertilizante tem por finalidade reduzir as perdas e aumentar o aproveitamento dos nutrientes, proporcionando maior eficiência do mesmo e, em muitos casos, promovendo a disponibilização gradual dos nutrientes à planta. (FRANCO, 2019).

Entre as inovações recentes estão os fertilizantes organominerais com liberação controlada, que utilizam polímeros biodegradáveis para prolongar a disponibilização de nutrientes, e combinações específicas que otimizam a relação entre nutrientes minerais e compostos orgânicos para atender às demandas nutricionais de diferentes culturas.

[...] a utilização de fertilizantes especiais e de liberação lenta no campo tem aumentado significativamente pela maior eficiência de utilização, bem como melhorias nas características físico-químicas do solo, proporcionando aumento de produção das culturas. (LE MOS, 2017, apud FRANCO, 2019).

Outro aspecto importante dos desenvolvimentos recentes é a integração da biotecnologia no campo dos fertilizantes organominerais. Pesquisas têm se concentrado em incorporar microrganismos benéficos, como bactérias e fungos solubilizadores de nutrientes, diretamente nas formulações dos fertilizantes. Esses microrganismos desempenham um papel crucial ao solubilizar nutrientes como fósforo, tornando-os mais acessíveis às plantas, e promovendo a fixação biológica de nitrogênio. Além disso, contribuem para a melhoria da saúde do solo, reduzindo a dependência de fontes minerais puramente sintéticas.

A inoculação do solo ou da cultura com microrganismos solubilizadores/mineralizadores de fosfato é, portanto, uma estratégia promissora para melhorar a absorção de fósforo pelas plantas e, assim, reduzir o uso de fertilizantes químicos que têm um impacto negativo no meio ambiente. (ALORI et al. 2012 apud ALORI et al. 2017)

Pesquisas recentes têm examinado a interação e sinergia entre os fertilizantes organominerais e os microrganismos solubilizadores. Estudo após estudo destaca que, quando usados em conjunto, esses elementos resultam em maiores taxas de absorção de nutrientes, maior crescimento vegetal e melhor eficiência no uso de fertilizantes. Por exemplo, microrganismos solubilizadores de fósforo têm se mostrado altamente eficazes ao serem

combinados com fertilizantes organominerais ricos em matéria orgânica, criando um ambiente propício para o desenvolvimento radicular e a absorção otimizada de nutrientes.

A transformação de resíduos orgânicos em fertilizantes organominerais enriquecidos com microrganismos e granulados têm sido o objetivo de vários estudos. Nestes casos, é possível somar-se a eficiência do fertilizante orgânico com o fertilizante mineral, para a formação do organo-mineral, a fim de suprir de maneira adequada às exigências nutricionais da cultura, possibilitando, assim maior produtividade agrônômica e econômica. Os microrganismos são alternativas atrativas e comprovadamente viáveis para vários processos biotecnológicos, como substitutos parciais ou totais de insumos químicos, em utilização conjunta com fosfatos de rocha e resíduos, como os de mandioca (OGB, 2010) de cana (VASSILEV et al., 2009, apud ALMEIDA et al. 2015)

Assim, a pesquisa científica recente confirma que os fertilizantes organominerais, especialmente em sinergia com microrganismos solubilizadores, são um componente fundamental da agricultura sustentável do futuro, com benefícios práticos que vão desde maior produtividade até melhorias significativas na saúde do solo e na eficiência do uso de recursos naturais.

Desafios e Perspectivas Futuras

A utilização em larga escala de fertilizantes organominerais e de microrganismos solubilizadores ainda enfrenta diversos desafios que precisam ser resolvidos para que se tornem amplamente viáveis. Entre os principais desafios está a resistência inicial dos agricultores a mudar práticas tradicionais de fertilização, que muitas vezes se baseiam no uso de fertilizantes minerais sintéticos de rápida absorção. Essa resistência pode ser atribuída à falta de conhecimento e à percepção de risco associada ao uso de tecnologias menos conhecidas, além da complexidade tecnológica na conversão de resíduos em fertilizantes, que atualmente demanda um tempo prolongado e grandes áreas para a estabilização.

[...] o setor de fertilizantes organominerais surge como alternativa competitiva de fornecimento ao agronegócio de parte da matéria orgânica e dos nutrientes necessários à adequada correção do solo e à nutrição das plantas. [...]

Entretanto, para o aproveitamento desse potencial é necessária a superação dos gargalos atuais. Atualmente, os processos empregados nessa conversão exigem um tempo elevado, o que acarreta na necessidade de se manter o material em amplas áreas até sua correta estabilização. Existem, portanto, limitações tecnológicas para correta e eficiente conversão dos resíduos em fertilizantes, demandando o

desenvolvimento de novas maneiras de converter o resíduo em fertilizantes em um tempo reduzido. (CRUZ; PEREIRA; FIGUEIREDO, 2017).

Outro desafio importante está relacionado à variabilidade dos resultados observados em diferentes condições climáticas, de solo e na quantidade de fertilizante aplicada. Como os efeitos dos fertilizantes organominerais dependem, em parte, de fatores locais, como a composição do solo, o manejo da cultura, o tipo de microrganismo utilizado e a dosagem empregada, é essencial um maior nível de conhecimento técnico para otimizar sua utilização.

Estudos, como o de Porto (2023), demonstram que doses maiores de fertilizantes aumentam o índice SPAD nas plantas, o que está associado à manutenção de maiores teores de minerais, tanto na cultura do milho quanto na braquiária. No entanto, fertilizantes organominerais farelados, mesmo em doses menores, podem superar os resultados das fontes minerais na mesma quantidade e, em alguns casos, apresentar desempenho semelhante ao dos minerais em doses mais altas.

Adicionalmente, o efeito residual dos fertilizantes organominerais também se destaca. De acordo com o estudo, os organominerais apresentaram melhores resultados em doses menores, enquanto as fontes minerais obtiveram maior eficiência apenas com doses mais altas. Isso evidencia que o uso estratégico e equilibrado de fertilizantes organominerais pode maximizar a eficiência, reduzir custos e minimizar impactos ambientais.

Por outro lado, a necessidade de determinar a quantidade ideal de aplicação frequentemente exige assistência técnica especializada, um obstáculo significativo em regiões com pouca infraestrutura agrícola. Assim, para o sucesso na adoção dos fertilizantes organominerais, é crucial investir em capacitação, suporte técnico e políticas de incentivo que viabilizem a aplicação eficiente dessa tecnologia.

A necessidade de mais pesquisas e inovações também é evidente para que os benefícios sustentáveis dos fertilizantes organominerais e dos microrganismos solubilizadores possam ser plenamente aproveitados. Ainda que os estudos demonstrem vantagens, como a maior eficiência na disponibilização de nutrientes e a redução de impactos ambientais, é essencial que as pesquisas continuem avançando para otimizar formulações, melhorar a estabilidade dos microrganismos em diferentes contextos e ampliar a compreensão sobre suas interações com o solo e as plantas. Investimentos em pesquisa aplicada e em parcerias entre setores público e privado podem acelerar o desenvolvimento de soluções mais acessíveis e eficazes para diferentes culturas e regiões.

Apesar dos desafios, as perspectivas para o futuro da agricultura sustentável com práticas organominerais são promissoras. Os avanços na biotecnologia, como o uso de

microrganismos específicos para diferentes condições de solo e culturas, têm potencial para transformar a maneira como os nutrientes são fornecidos às plantas, reduzindo a dependência de insumos sintéticos e os impactos ambientais associados. Os fertilizantes organominerais, em sinergia com práticas de manejo sustentável, oferecem uma abordagem equilibrada para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade do solo, ao mesmo tempo que promovem a conservação dos recursos naturais.

3. OBJETIVO

Analisar o panorama científico relacionado ao uso de fertilizantes organominerais e microrganismos solubilizadores na agricultura, identificando tendências de pesquisa, principais autores, áreas de estudo, evolução temporal das publicações e os desafios e perspectivas para a adoção em larga escala dessas tecnologias no setor agrícola.

4. METODOLOGIA

O presente estudo utilizou como abordagem a análise cienciométrica, uma metodologia quantitativa amplamente empregada para mapear o panorama da produção científica em uma área específica do conhecimento. Essa técnica permite identificar padrões de publicações, tendências, colaborações e redes de coautoria, contribuindo para uma visão abrangente do estado da arte em torno de um tema de interesse. De acordo com José Aparecido e Maria de Lourdes, “A cientometria está relacionada com a demografia da comunidade científica mundial e tem se tornado um tema importante não somente em países mais industrializados, mas também naqueles em desenvolvimento, que pretendem melhor distribuir os seus fundos de suporte à ciência.”

Para a coleta de dados, foi utilizada a base de dados **Web of Science**, reconhecida mundialmente pela qualidade e abrangência de seu acervo de publicações científicas. Essa base foi escolhida devido à sua robustez e por oferecer ferramentas avançadas de refinamento e exportação de registros, essenciais para a realização de análises cienciométricas.

A busca foi realizada utilizando as palavras-chave "Organomineral fertilizer" OR "solubilizing microorganisms", termos que cobrem os dois principais eixos temáticos do estudo: os fertilizantes organominerais e os microrganismos solubilizadores. A pesquisa foi refinada para abarcar apenas os últimos 10 anos (2014-2024), garantindo a relevância e a atualidade dos dados analisados.

Foram identificados 473 artigos científicos relacionados ao tema, provenientes de diferentes partes do mundo, evidenciando a abrangência global das pesquisas na área. Para garantir a exclusividade dos registros, utilizamos a plataforma Rayyan, uma ferramenta de triagem que auxiliou na verificação de duplicatas. Após essa etapa, realizamos uma análise criteriosa de cada artigo para avaliar sua relevância e verificar se estavam alinhados aos temas propostos. Esse processo assegurou que cada registro representasse um artigo único e pertinente, eliminando redundâncias que poderiam comprometer a qualidade e a integridade dos dados analisados.

Após a triagem e organização dos dados, foi empregada uma análise cienciométrica por meio de três ferramentas principais:

VOSviewer: Um software especializado em visualização de redes, amplamente utilizado para mapear relações entre autores, palavras-chave e instituições. Essa ferramenta permitiu a construção de gráficos e mapas de coautoria, coocorrência de palavras-chave e clusters temáticos, proporcionando insights sobre as interações e tendências no campo de estudo.

Bibliometrix: Uma ferramenta que complementa o VOSviewer ao realizar análises quantitativas detalhadas sobre o volume de publicações, evolução temporal, impacto de citações e distribuições geográficas. Esse software permitiu análises adicionais, como a identificação dos autores mais influentes, instituições com maior produção científica e países líderes na pesquisa.

Google Data Studio: O Data Studio foi utilizado para criar um mapa-múndi que representou visualmente as publicações científicas distribuídas por país. Essa ferramenta permitiu consolidar os dados e gerar uma visualização acessível e dinâmica, destacando os principais países líderes em publicações no tema. Com isso, foi possível identificar as regiões com maior contribuição científica, bem como áreas emergentes no campo de fertilizantes organominerais e microrganismos solubilizadores.

O estudo caracteriza-se como uma abordagem quantitativa, uma vez que a análise cienciométrica depende da quantificação de dados bibliográficos para gerar métricas e representações visuais. As análises realizadas baseiam-se em contagens de publicações, citações, relações colaborativas e frequência de palavras-chave, permitindo uma avaliação objetiva e detalhada da produção científica na área.

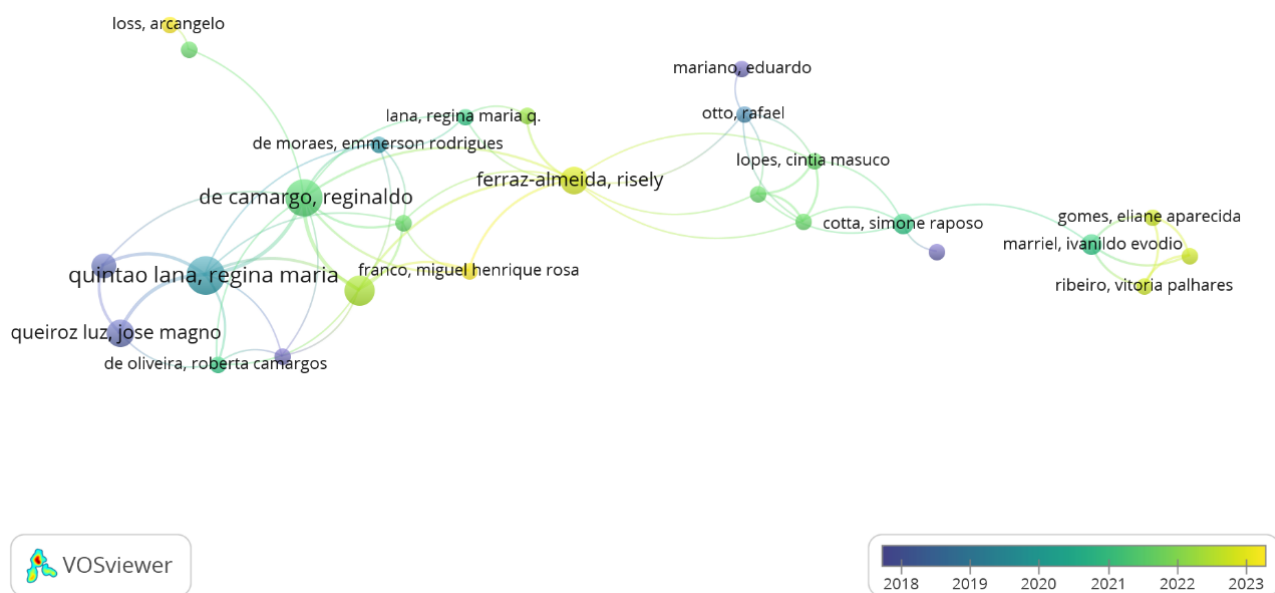
A análise cienciométrica foi escolhida por sua capacidade de sistematizar e sintetizar grandes volumes de dados bibliográficos, fornecendo informações estratégicas sobre os avanços científicos e lacunas de pesquisa.

A análise dos dados informétricos e cienciométricos oferece informações sobre a orientação e a dinâmica científica de um país, bem como sobre sua participação na ciência e na tecnologia mundial. Análises cooperativas tornam possível identificar redes científicas e revelar os elos entre países, instituições e pesquisadores, assim como permitem conhecer o impacto dos principais programas e organizações. A ciencimetria também traz à luz a estrutura das disciplinas científicas e as conexões entre elas. (MACIAS-CHAPULA, 1988)

Esse método é particularmente relevante para compreender o desenvolvimento de áreas emergentes, como o uso de fertilizantes organominerais e microrganismos solubilizadores, onde há uma crescente demanda por soluções sustentáveis no setor agrícola.

Principais Autores com Maior Número de Publicações e Impacto

Figura 1 - Autores com maiores números de Publicações



Fonte: Compilação do Autor

No conjunto de dados da Figura 1, vários autores se destacam por sua significativa produção científica na área de fertilizantes organominerais e microrganismos solubilizadores, com um número considerável de documentos publicados e uma forte influência nas citações. Estes autores contribuem diretamente para o avanço do conhecimento na área, disseminando informações e práticas inovadoras que têm potencial de impacto na agricultura sustentável.

Reginaldo de Camargo, afiliado à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), se apresenta como um dos autores com maior número de publicações, com 9 documentos. A quantidade de publicações indica um comprometimento contínuo com a pesquisa nesta área específica, o que sugere uma expertise consolidada e provavelmente a condução de projetos de grande relevância.

Regina Maria Quintão Lana, também afiliada à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), lidera em termos de número de documentos publicados, com 10 publicações. Esse volume de produção reflete um alto grau de envolvimento com as práticas de fertilização organomineral e as interações com microrganismos. Além disso, seu trabalho tem forte potencial de impactar as diretrizes e inovações agrícolas no contexto brasileiro e internacional.

Autores como Bashan, Y. e Puente, M.E. possuem um elevado número de citações, com 288 cada. Esse dado sugere que seus estudos são amplamente utilizados como base para outras pesquisas, denotando uma influência científica significativa que reforça a importância de seus trabalhos na integração de soluções microbiológicas na agricultura.

Força Total de Ligação

A força total de ligação é um indicador essencial para compreender a conectividade de um autor dentro de uma rede de pesquisa. Ele indica a extensão das colaborações e a importância do autor no campo específico, refletindo o grau em que ele se relaciona com outros pesquisadores e sua influência em debates e avanços conjuntos.

Hossein Ali Alikhani apresenta uma força total de ligação de 15, indicando uma posição relevante em termos de colaboração. A conectividade forte sugere que ele trabalha de forma integrada com outros pesquisadores, possivelmente liderando projetos colaborativos ou estabelecendo parcerias que impulsionam o avanço do tema.

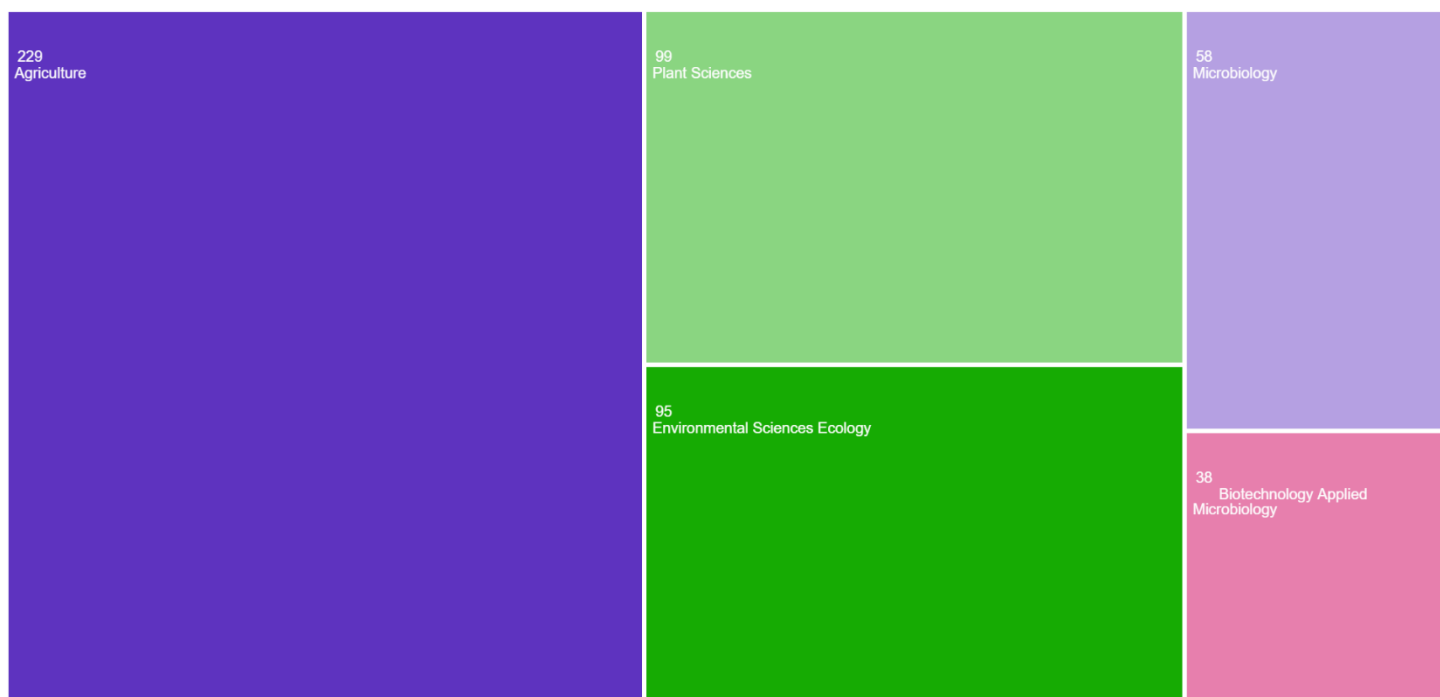
Juliano Corulli Correa, com 19 de força total de ligação em 6 documentos, mostra que ele não apenas é um autor ativo, mas que suas pesquisas estão no centro de várias interações colaborativas. Essa posição pode fazer dele um ponto de convergência importante para estudos multidisciplinares ou para a disseminação de resultados aplicados.

O autor Benites, Vinicius de Melo, com um valor de força total de 6, representa uma rede de interação científica significativa, especialmente em contextos locais e regionais que tratam do uso de fertilizantes organominerais.

A força total de ligação dos autores destaca a importância de redes de pesquisa colaborativa no desenvolvimento de soluções práticas e sustentáveis. Pesquisadores com alta conectividade frequentemente têm um papel central na disseminação de conhecimento, promovendo avanços mais amplos e integrados dentro da comunidade científica.

Análise das Áreas de Pesquisa

Figura 2 - Áreas de Pesquisa de maior relevância



Fonte: Compilação do Autor

De acordo com a Figura 2, a distribuição das áreas de pesquisa dos 473 artigos extraídos da Web of Science evidencia a interdisciplinaridade e a amplitude do tema de fertilizantes organominerais e microrganismos solubilizadores. Essa diversidade reflete a relevância desse campo em diferentes contextos científicos e sua integração em múltiplas áreas do conhecimento.

Áreas Predominantes

- Agricultura (48,41%): Com 229 artigos, a agricultura lidera como a área mais representativa na base de dados, indicando que os fertilizantes organominerais e microrganismos solubilizadores têm uma aplicação direta e significativa na melhoria da produção agrícola. Os estudos nessa área frequentemente abordam o impacto dessas tecnologias na produtividade das culturas, saúde do solo e sustentabilidade agrícola.
- Ciência Vegetal (20,93%): Com 99 artigos, essa área foca na interação dos fertilizantes e microrganismos com o metabolismo das plantas, incluindo absorção de nutrientes, resistência a estresses abióticos e biológicos, e incremento de rendimento.
- Ciências Ambientais e Ecologia (20,08%): Representando 95 artigos, os estudos exploram como os fertilizantes organominerais e microrganismos contribuem para a redução de impactos ambientais, como a lixiviação de nutrientes, além de promover a sustentabilidade no manejo agrícola.

Áreas Complementares

- Microbiologia (12,26%): Com 58 artigos, essa área destaca o papel dos microrganismos solubilizadores no ciclo de nutrientes, sua biotecnologia e as interações com o solo e as plantas.
- Biotecnologia e Microbiologia Aplicada (8,03%): Com 38 artigos, essa categoria está focada no desenvolvimento de novas formulações de fertilizantes organominerais enriquecidos com microrganismos e suas aplicações industriais.
- Química (4,86%): Com 23 artigos, reflete estudos que investigam a composição química, liberação de nutrientes e eficiência dos fertilizantes organominerais.
- Engenharia (4,01%): Com 19 artigos, aborda aspectos técnicos, como o desenvolvimento de processos industriais para produção de fertilizantes organominerais.

Áreas Emergentes

- Ciências dos Alimentos (1,69%) e Recursos Hídricos (1,48%): Indicam uma ligação indireta, mas relevante, explorando como fertilizantes organominerais podem impactar a qualidade dos alimentos e o manejo da água no contexto agrícola.
- Energia e Combustíveis (1,48%): Sugere o aproveitamento de resíduos orgânicos para produção de fertilizantes e bioenergia, um campo com crescente interesse.

- Toxicologia (1,27%): Explora potenciais impactos adversos ou benefícios do uso de fertilizantes organominerais na saúde humana e ambiental.

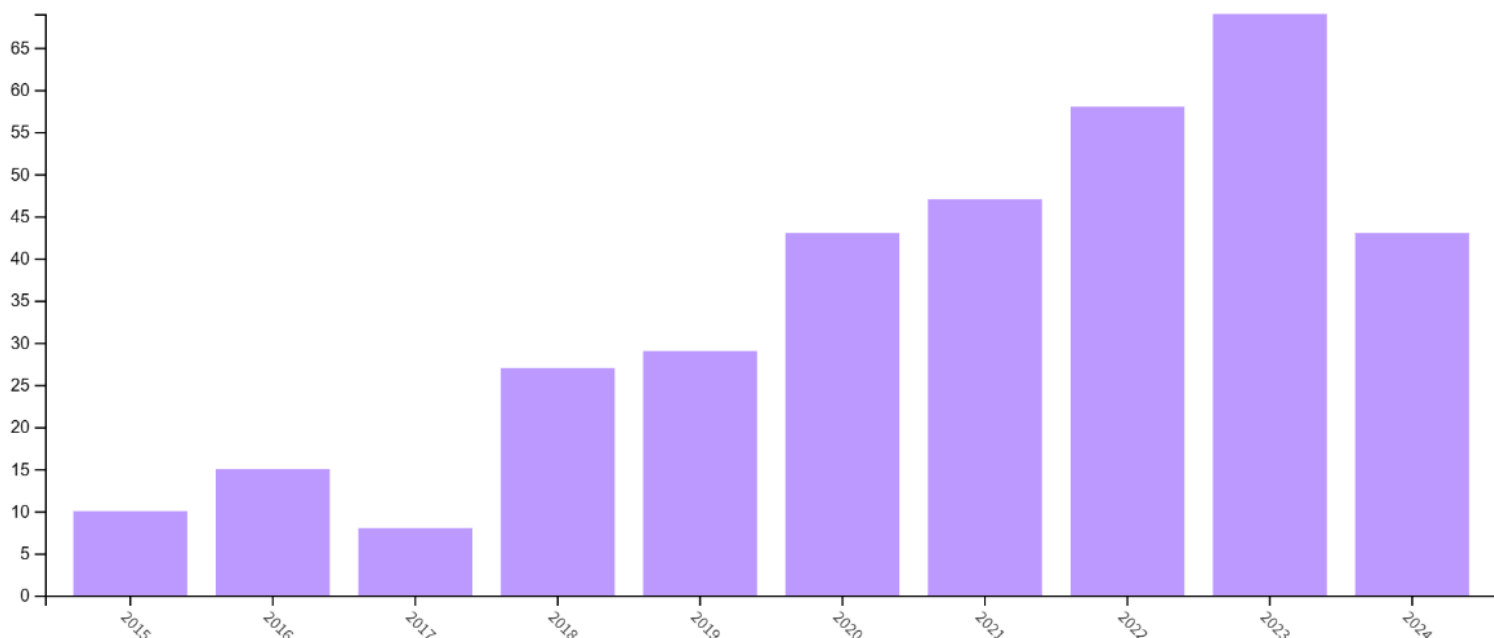
Áreas de Nicho

- Veterinária (0,42%): Representada por 2 artigos, essa área pode estar relacionada ao uso de resíduos de origem animal na produção de fertilizantes organominerais.
- Micologia (0,63%) e Biologia Marinha e de Água Doce (0,63%): Destacam estudos mais específicos, como o papel de fungos ou microrganismos aquáticos em processos de fertilização ou reciclagem de nutrientes.

A predominância das áreas agrícolas, biológicas e ambientais reflete a aplicação prática dos fertilizantes organominerais e microrganismos solubilizadores em setores diretamente ligados à produção de alimentos e sustentabilidade. Áreas como biotecnologia e engenharia indicam esforços tecnológicos para otimizar a produção e aplicação desses insumos.

Análise dos Anos de Publicação

Figura 3 - Publicações por ano



Fonte: Compilação do Autor

De acordo com a Figura 3, os dados relativos aos anos de publicação fornecem uma visão da evolução temporal das pesquisas sobre fertilizantes organominerais e microrganismos solubilizadores. A análise revela tendências importantes no campo, destacando períodos de maior atividade científica e apontando possíveis razões para o crescimento em determinados anos.

Tendência Geral

No período analisado (2014-2024) a distribuição dos registros por ano mostra um crescimento constante ao longo do tempo, especialmente nos últimos três anos, sugerindo uma intensificação do interesse pela área, possivelmente impulsionado pela busca por práticas agrícolas mais sustentáveis.

Os anos mais recentes (2022-2024) concentram 45,58% de todas as publicações, indicando um foco crescente nesse campo.

Períodos de Maior Produtividade

2023 (18,90%): Com 69 artigos, foi o ano de maior produtividade científica no período analisado. Esse aumento pode estar relacionado à intensificação de pesquisas voltadas à sustentabilidade agrícola e ao uso de novas tecnologias, como biotecnologia e microrganismos para melhorar a eficiência de fertilizantes.

2022 (15,89%): Com 58 artigos, marca outro pico de publicações, provavelmente resultado do avanço de colaborações internacionais e maior financiamento para pesquisas relacionadas à sustentabilidade.

2024 (11,78%, até agora): Apesar de ser um ano ainda em andamento, já conta com 43 publicações, indicando uma forte continuidade nas pesquisas.

Períodos de Menor Produtividade

2017 (2,19%): Registrou apenas 8 artigos, sendo o ano de menor atividade científica. Esse dado pode refletir um período de menor interesse ou investimento no tema antes de sua consolidação como um campo emergente.

2015 (2,74%) e 2016 (4,11%): Com 10 e 15 artigos, respectivamente, esses anos também tiveram uma baixa produção científica, possivelmente devido à fase inicial de desenvolvimento e consolidação do tema como prioridade de pesquisa.

Fatores que Contribuem para a Evolução Temporal

Avanços tecnológicos e pressão ambiental: O aumento nas publicações nos últimos anos pode estar relacionado à crescente urgência em desenvolver práticas agrícolas sustentáveis, motivada pelas mudanças climáticas, esgotamento do solo e demanda global por alimentos.

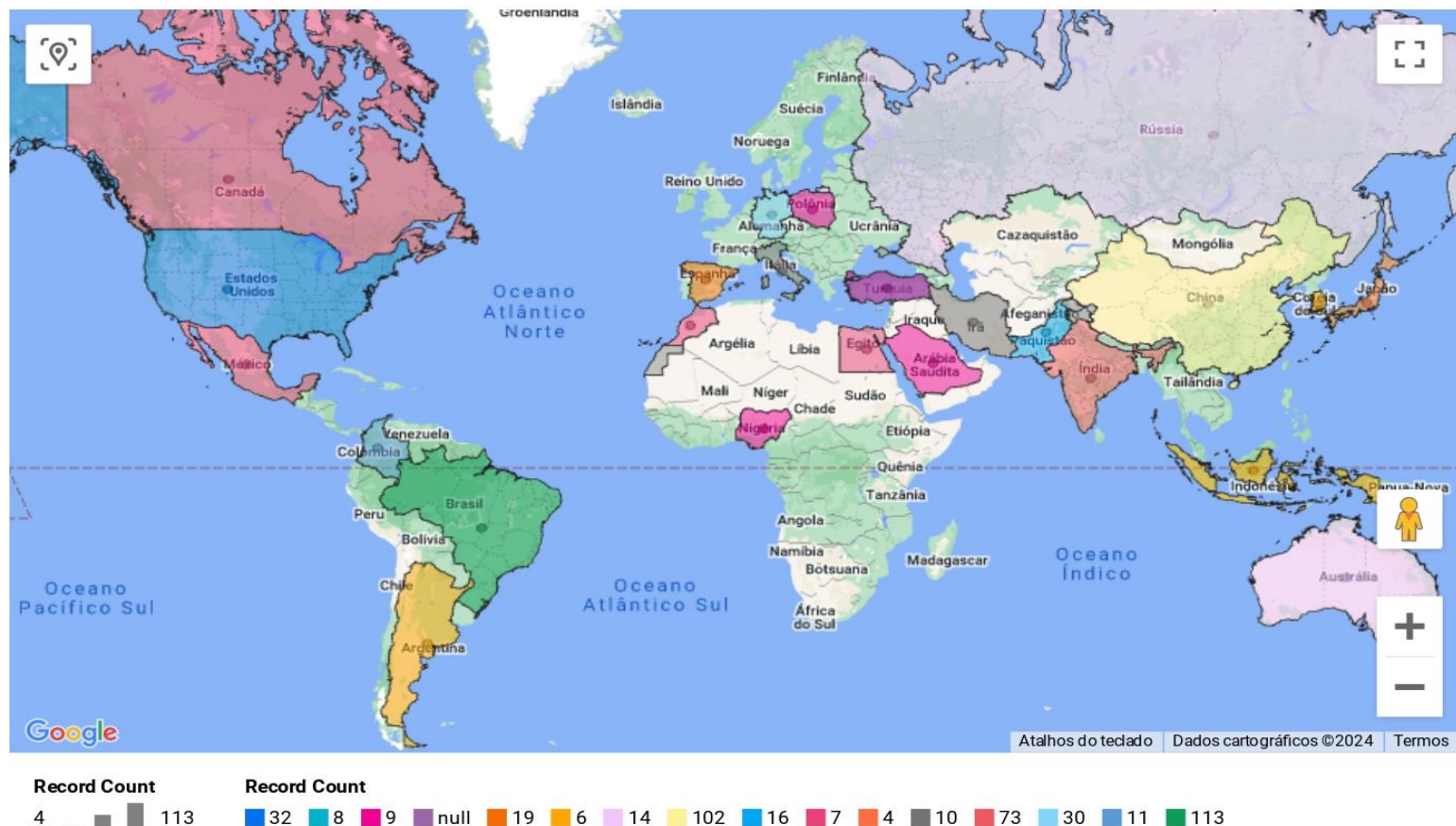
Pandemia de COVID-19 (2020-2021): Durante a pandemia, o número de publicações (43 em 2020 e 47 em 2021) permaneceu estável, sugerindo resiliência na área, apesar dos desafios globais. Essa estabilidade pode estar relacionada ao foco em pesquisas agrícolas devido à sua importância estratégica para segurança alimentar.

Políticas globais de sustentabilidade: A partir de 2020, políticas internacionais que incentivam a redução do uso de fertilizantes químicos e a adoção de práticas sustentáveis podem ter estimulado a produção acadêmica.

O crescimento contínuo em 2024 sugere que o tema continuará em destaque nos próximos anos, especialmente com o avanço de tecnologias, como o uso de microrganismos solubilizadores e fertilizantes de liberação controlada.

Análise das Publicações por Países

Figura 4 - Publicações por País



Fonte: Compilação do Autor

A Figura 4 indica que os números revelam a distribuição de esforços de pesquisa por países, destacando as lideranças regionais e globais nesse campo.

Distribuição Global

Das 473 publicações analisadas, os países mais produtivos incluem grandes economias agrícolas e tecnológicas, com destaque para:

- Brasil (113 publicações; 23,89%)
- China (102 publicações; 21,56%)
- Índia (73 publicações; 15,43%)

Estes três países representam juntos 60,88% das publicações, consolidando-se como os principais centros de pesquisa na área.

Principais Países Contribuintes

- **Brasil:**

Líder absoluto em publicações, com 23,89% do total.

O protagonismo brasileiro reflete sua posição como um dos maiores exportadores agrícolas do mundo, além de sua forte ênfase em práticas agrícolas sustentáveis, liderada por instituições como a EMBRAPA.

- **China:**

Com 102 publicações (21,56%), é o segundo maior contribuinte.

O avanço chinês está associado ao seu grande mercado agrícola e investimento massivo em biotecnologia e sustentabilidade.

- **Índia:**

Com 73 publicações (15,43%), ocupa a terceira posição.

A relevância indiana no tema pode ser explicada por sua dependência agrícola e necessidade de melhorar práticas agrícolas em um contexto de alta densidade populacional.

- **Estados Unidos e Alemanha:**

Com 32 (6,76%) e 30 (6,34%) publicações, respectivamente, ambos os países reforçam sua liderança em inovação científica, com foco em tecnologias avançadas para agricultura.

Países Emergentes

Paquistão (3,38%), Colômbia (2,32%) e Nigéria (1,90%) destacam-se entre os países emergentes, com esforços crescentes em pesquisa agrícola para atender suas necessidades locais.

Países da África e Oriente Médio (como Nigéria, Egito e Arábia Saudita) começam a aparecer mais frequentemente, indicando um interesse crescente por práticas agrícolas inovadoras em regiões desafiadas pela desertificação e mudanças climáticas.

Padrões Regionais

- **América Latina:**

Além do Brasil, Colômbia e Argentina contribuem significativamente, evidenciando o papel da região como um dos principais produtores agrícolas globais.

- **Ásia:**

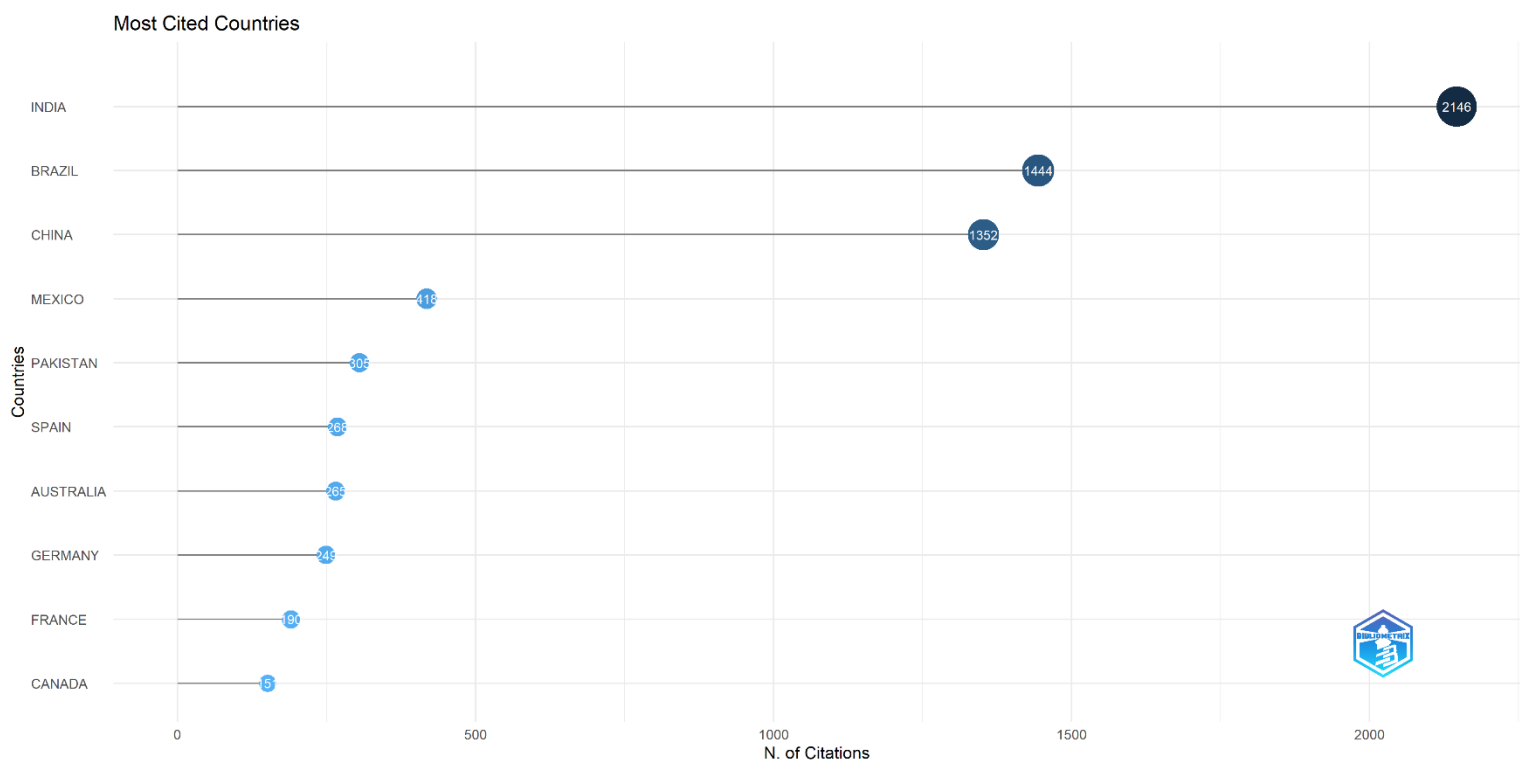
China, Índia e Paquistão lideram, reforçando o papel do continente asiático em iniciativas de segurança alimentar e sustentabilidade agrícola.

- **Europa:**

Países como Alemanha, Espanha e Itália mantêm presença relevante, com foco em inovações tecnológicas e pesquisa interdisciplinar.

Países com o Maior Volume de Citações

Figura 5 - Citações por País



Fonte: Compilação do Autor

De acordo com a Figura 5, a análise das citações por país revela diferentes padrões de impacto na produção científica sobre fertilizantes organominerais e microrganismos solubilizadores. Os países variam em termos de quantidade total de citações, média de

citações por artigo e relevância global das pesquisas publicadas, destacando características únicas em suas contribuições acadêmicas.

- Índia (2.146 citações, média de 30,2 por artigo):

A Índia é a maior contribuinte em termos de número total de citações. Este alto número pode estar relacionado a uma produção acadêmica volumosa em áreas-chave de pesquisa e uma forte colaboração internacional.

A média de 30,2 citações por artigo indica um impacto significativo, sugerindo que os artigos indianos são amplamente citados e reconhecidos.

- Brasil (1.444 citações, média de 13,2 por artigo):

Apesar de estar em segundo lugar no total de citações, o Brasil apresenta uma média de citações por artigo relativamente baixa, o que sugere que muitos artigos são publicados, mas nem todos têm alto impacto.

Pode refletir a natureza emergente da pesquisa no país e o foco em temas regionais que nem sempre atraem atenção global.

- China (1.352 citações, média de 13,7 por artigo):

A China também possui um alto volume de citações totais, com uma média de impacto semelhante ao Brasil. Assim como o Brasil, isso pode ser resultado de um grande volume de publicações, mas com impacto moderado na comunidade global.

Países com Elevado Impacto Médio

- México (418 citações, média de 69,7 por artigo):

O México se destaca com a maior média de citações por artigo (69,7), o que sugere que os trabalhos publicados neste país possuem uma relevância científica excepcional.

Isso pode estar associado a pesquisas publicadas em revistas de alto impacto ou a colaborações estratégicas com outros países de destaque.

O número relativamente baixo de citações totais indica que o país publica menos artigos, mas com maior qualidade e relevância.

- Austrália (265 citações, média de 37,9 por artigo):

A Austrália também demonstra um alto impacto médio por artigo, embora seu total de citações seja moderado.

Este resultado pode estar ligado a um enfoque em áreas específicas de pesquisa com alta relevância global, o que atrai citações frequentes.

- França (190 citações, média de 190 por artigo):

A média de 190 citações por artigo é extraordinária, embora o número total de citações seja menor.

Isso provavelmente se deve à publicação de um número limitado de artigos que alcançaram altíssimo impacto. A França pode estar priorizando qualidade em vez de quantidade.

Países com Impacto Moderado

- Paquistão (305 citações, média de 23,5 por artigo):

O Paquistão apresenta uma contribuição significativa com um impacto médio moderado. A média de 23,5 citações por artigo sugere que suas publicações atraem atenção considerável, mas não em nível de excelência global.

Pode estar relacionado a esforços crescentes de pesquisa e inovação científica no país.

- Espanha (268 citações, média de 24,4 por artigo):

A Espanha mostra resultados semelhantes ao Paquistão, com impacto médio moderado. A produção acadêmica espanhola é reconhecida, mas não chega a liderar globalmente na área.

- Alemanha (249 citações, média de 22,6 por artigo):

Apesar de ser uma potência científica global, a Alemanha tem um impacto médio inferior ao esperado nesta análise. Isso pode ser reflexo de contribuições em áreas menos citadas ou voltadas para temas específicos.

- Canadá (151 citações, média de 25,2 por artigo):

O Canadá apresenta números mais baixos tanto em citações totais quanto em média por artigo, mas ainda demonstra relevância em áreas específicas.

Observações e Contextualizações

Índia e Brasil lideram em quantidade, mas o impacto médio é moderado.

Ambos os países produzem muitos artigos, mas nem todos conseguem atingir um impacto elevado. Isso pode estar relacionado ao foco em problemas regionais ou à inclusão de artigos em revistas de menor impacto global.

México e Austrália são destaques em qualidade, apesar de volumes menores.

A estratégia de publicar em revistas de alto impacto ou em colaboração com pesquisadores renomados aumenta a média de citações por artigo nesses países.

Colaboração Internacional:

É provável que países como México, Austrália e França estejam envolvidos em colaborações internacionais que impulsionam suas médias de impacto, enquanto Índia e Brasil podem focar mais em produção independente.

Análise das Afiliações de Publicação no Brasil

Figura 6 - Afiliações com maior número de publicações



Fonte: Compilação do Autor

De acordo com a Figura 6, as afiliações institucionais das 113 publicações analisadas revelam uma concentração significativa de pesquisas em fertilizantes organominerais e microrganismos solubilizadores em um pequeno grupo de instituições. As cinco principais organizações respondem por 83,07% das publicações, evidenciando sua liderança e relevância na promoção da pesquisa e inovação no campo da agricultura sustentável. A seguir, destaca-se a contribuição de cada instituição e seu impacto na área.

Principais Contribuintes

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA):

Com 31 publicações (27,43%), a EMBRAPA lidera como a principal instituição brasileira no tema, refletindo sua missão institucional de promover a agricultura sustentável no Brasil.

Seu destaque provavelmente está associado à integração de pesquisa aplicada e ao impacto direto no setor agrícola nacional.

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (UFU):

Com 22 publicações (19,47%), a UFU se posiciona como a segunda maior contribuinte.

Isso pode estar relacionado ao fortalecimento de programas de pós-graduação e colaborações com a EMBRAPA.

- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP):

A USP aparece em terceiro lugar, com 19 publicações (16,81%), destacando-se como um dos polos acadêmicos mais importantes do Brasil.

- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP) e UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV):

Com 13 (11,50%) e 10 (8,85%) publicações, respectivamente, ambas as instituições confirmam sua relevância em ciências agrárias e pesquisa sustentável.

Instituições Emergentes

- INSTITUTO FEDERAL GOIANO (IF Goiano):

Com 9 publicações (7,97%), é uma das poucas instituições federais técnicas entre os líderes, sugerindo um papel emergente no apoio à pesquisa aplicada.

- UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA (UDESC):

Aparece com 8 publicações (7,08%), reforçando o crescente protagonismo das universidades estaduais.

- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS (IAC):

Com 5 publicações (4,43%), o IAC mantém sua relevância histórica em pesquisa agrícola.

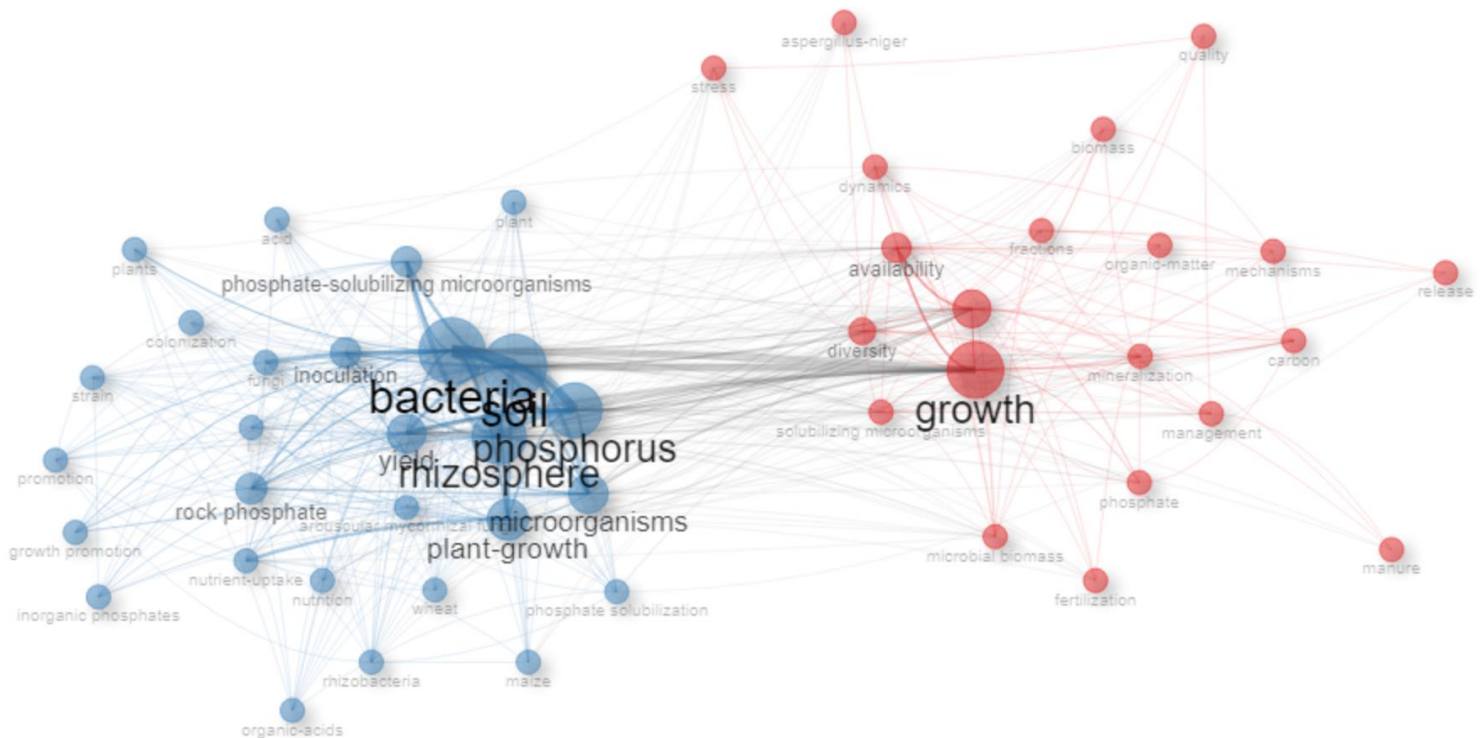
Diversidade Institucional

Embora a concentração de publicações em instituições maiores seja evidente, há uma presença diversificada de instituições federais e estaduais que contribuem de forma significativa, ainda que em menor volume. Isso inclui desde universidades como a UFSC (4,43%) até organizações técnicas como o Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2,65%).

A análise aponta para a continuidade da liderança de instituições como a EMBRAPA e UFU, com potencial de crescimento de universidades emergentes e institutos técnicos. Investimentos em infraestrutura e parcerias podem expandir a contribuição de instituições menores e diversificar ainda mais a produção científica.

Rede de Co-ocorrência

Figura 7 - Co-ocorrência



Fonte: Compilação do Autor

A Figura 7 apresenta uma análise de co-ocorrência de palavras-chave utilizadas em publicações científicas na área de fertilização do solo e microrganismos solubilizadores.

Cluster 1 (Vermelho):

- Palavra-chave central: Growth (crescimento).

Essa palavra é dominante no cluster vermelho, sugerindo que grande parte das pesquisas foca em processos que afetam o crescimento de plantas e microrganismos.

- Outros termos destacados:

- Diversity (diversidade):

Relacionada à biodiversidade microbiana e sua importância na promoção da fertilidade do solo e no equilíbrio dos ecossistemas.

- Availability (disponibilidade):

Refere-se à disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente elementos essenciais como fósforo, carbono e nitrogênio, que são fundamentais para o crescimento das plantas.

➤ Mineralization (mineralização):

Processo no qual a matéria orgânica é decomposta e os nutrientes são liberados em formas assimiláveis pelas plantas.

➤ Carbon (carbono):

Destaca o papel do carbono no ciclo biogeoquímico e sua importância como fonte de energia para microrganismos e como fator no sequestro de carbono em sistemas agrícolas sustentáveis.

- Interpretação:

O cluster vermelho indica que a gestão de nutrientes e diversidade microbiana está diretamente relacionada à promoção de crescimento. A presença de palavras como "mineralization", "availability" e "carbon" reforça a ideia de que a eficiência na disponibilização de nutrientes é um tema central para melhorar o crescimento vegetal e a sustentabilidade agrícola.

Cluster 2 (Azul):

➤ Palavra-chave central: Bacteria (bactérias).

Bactérias são organismos fundamentais nos processos de solubilização de fósforo e promoção do crescimento vegetal. Elas desempenham papel ativo na rizosfera, influenciando a disponibilidade de nutrientes.

- Outros termos destacados:

➤ Phosphorus (fósforo):

O fósforo é um dos principais nutrientes limitantes para o crescimento de plantas. Sua baixa mobilidade no solo faz com que a solubilização de fosfatos seja um processo crítico.

➤ Rhizosphere (rizosfera):

Refere-se à região do solo próxima às raízes, onde ocorre uma interação intensa entre microrganismos e plantas, resultando na liberação de compostos orgânicos e na disponibilização de nutrientes.

- Phosphate-solubilizing microorganisms (microrganismos solubilizadores de fosfato):
São microrganismos que atuam na solubilização de fosfatos insolúveis, liberando fósforo assimilável para as plantas, geralmente por meio da excreção de ácidos orgânicos.
- Plant-growth (crescimento de plantas):
Esse termo destaca a relação positiva entre microrganismos solubilizadores e o crescimento vegetal, com aumento de biomassa e produtividade.
- Rock phosphate (fosfato de rocha):
Relacionado ao uso de fontes alternativas de fósforo, como fosfatos naturais, que dependem da ação de microrganismos para serem solubilizados.
- Interpretação:
O cluster azul indica que a atividade microbiana, especialmente das bactérias solubilizadoras de fosfato, é essencial para a mobilização de fósforo no solo e para o crescimento das plantas. A palavra "rhizosphere" sugere que esses processos são particularmente relevantes na interação planta-solo.

Interações entre os Clusters

As linhas que conectam os dois clusters representam relações temáticas entre as palavras dos dois grupos. A interconexão mais evidente ocorre entre:

- Growth (crescimento) e Bacteria (bactérias):
Indica que o crescimento das plantas é impulsionado pela ação de microrganismos no solo.
- Availability (disponibilidade) e Phosphorus (fósforo):
Demonstra que a disponibilidade de fósforo é influenciada diretamente pela atividade de microrganismos solubilizadores.
- Diversity (diversidade) e Rhizosphere (rizosfera):
Reforça a relação entre a diversidade microbiana na rizosfera e a promoção da fertilidade do solo.

Análise Geral

A figura destaca dois principais temas interconectados:

- Disponibilidade de nutrientes e crescimento (Cluster Vermelho):

Pesquisas focam na importância da diversidade microbiana e nos processos de mineralização e liberação de nutrientes como fatores essenciais para o crescimento das plantas.

- Papel dos microrganismos na solubilização de fósforo (Cluster Azul):

Destaca o papel crucial das bactérias e microrganismos solubilizadores no aumento da disponibilidade de fósforo, com impacto direto na nutrição e crescimento vegetal.

A integração entre os clusters reforça que os processos biológicos e químicos no solo são interdependentes. O uso de microrganismos solubilizadores é uma estratégia fundamental para aumentar a eficiência no uso de nutrientes e promover sistemas agrícolas sustentáveis e produtivos.

5. RESULTADOS OBSERVADOS

A análise realizada no decorrer deste trabalho evidenciou a relevância dos fertilizantes organominerais e microrganismos solubilizadores para o avanço de práticas agrícolas mais sustentáveis e produtivas. Com base nos 473 artigos revisados da Web of Science, foi possível observar os seguintes resultados:

- Principais Autores com Maior Número de Publicações e Impacto

Destaque para os autores Regina Maria Quintão Lana e Reginaldo de Camargo, pela alta produtividade e impacto.

- Interdisciplinaridade e Relevância Científica

Os artigos estão distribuídos em diversas áreas do conhecimento, sendo as mais representativas a agricultura (48,41%), ciência vegetal (20,93%) e ciências ambientais e ecologia (20,08%). Essa diversidade reforça a integração do tema em setores-chave para a segurança alimentar e sustentabilidade.

- Evolução Temporal

Houve um crescimento constante nas publicações entre 2014 e 2024, com destaque para os últimos três anos (2022-2024), que concentram 45,58% do total de estudos. O ano de 2023 se destacou como o mais produtivo (18,90%), refletindo o aumento da preocupação global com práticas agrícolas sustentáveis e o avanço tecnológico nesse campo.

- Distribuição Geográfica das Pesquisas

O Brasil, a China e a Índia lideram o número de publicações, representando juntos 60,88% dos artigos analisados. Essa concentração reflete a importância dessas regiões como grandes potências agrícolas, bem como a ênfase em soluções locais para problemas globais.

O Brasil destacou-se como o principal contribuidor (113 publicações, 23,89%), impulsionado por instituições como a EMBRAPA.

A Índia obteve o maior impacto em termos de citações totais, enquanto países como México e Austrália demonstraram excelência em impacto médio por artigo.

- Impacto Institucional no Brasil

No Brasil, instituições como EMBRAPA, UFU, USP e UNESP lideram a produção científica. A predominância dessas organizações destaca a concentração de esforços em polos tradicionais de pesquisa, embora instituições emergentes, como o Instituto Federal Goiano, estejam ganhando relevância.

- Redes de Co-ocorrência

Os clusters de co-ocorrência indicaram que as pesquisas se concentram em dois eixos principais:

Disponibilidade de nutrientes e diversidade biológica (Cluster Vermelho).

Microrganismos solubilizadores de fósforo e crescimento de plantas (Cluster Azul).

Essas interações reforçam a conexão entre fatores biológicos e químicos no desenvolvimento de sistemas agrícolas eficientes.

Desafios Identificados:

1. Limitações tecnológicas na conversão de resíduos em fertilizantes organominerais.
2. Variabilidade de resultados devido a fatores climáticos e características de solo.
3. Resistência inicial dos agricultores às novas tecnologias e necessidade de suporte técnico especializado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho evidenciou que os fertilizantes organominerais enriquecidos com microrganismos solubilizadores são uma alternativa promissora para enfrentar desafios

contemporâneos, como o esgotamento do solo e as mudanças climáticas. Os resultados apontam que:

- O uso combinado de fertilizantes organominerais e microrganismos solubilizadores promove melhorias significativas na produtividade agrícola, reduzindo a dependência de insumos químicos e mitigando impactos ambientais.
- Países como Brasil, China e Índia estão liderando em volume de publicações, mas os resultados de países como México e Austrália destacam a importância de colaborações internacionais para aumentar o impacto científico.
- Embora o volume de publicações tenha crescido, a análise revelou que a maior parte das pesquisas ainda está concentrada em países desenvolvidos ou emergentes com forte viés agrícola. A expansão da pesquisa para regiões menos representadas, como África e Oriente Médio, pode ser crucial para lidar com desafios globais.
- A incorporação de tecnologias, como a biotecnologia, em fertilizantes organominerais e o uso de microrganismos específicos demonstraram alto potencial de impacto no aumento da eficiência e na sustentabilidade do manejo agrícola.

Dessa forma, conclui-se que a continuidade de investimentos em pesquisa e o fortalecimento de parcerias interinstitucionais e internacionais são essenciais para consolidar os fertilizantes organominerais como uma solução central para uma agricultura mais sustentável. O desenvolvimento de novas formulações, associado à análise de impacto ambiental e socioeconômico, deverá guiar as próximas etapas da ciência aplicada nesse campo.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Cássia Naiara Soares et al. **Atividade de fosfatases em solo cultivado com milho em resposta à adubação com fertilizantes organominerais associados a microrganismos solubilizadores de fosfato**. Portal Embrapa, 2015.

ALORI, Elizabeth T.; GLICK, Bernard R.; BABALOLA, Olubukola O. **Microbial Phosphorus Solubilization and Its Potential for Use in Sustainable Agriculture**. *Frontiers in Microbiology*, 2017.

CANDIDO, Amarilson de Oliveira et al. **Fertilizantes organominerais no desenvolvimento inicial do cafeeiro arábica**. VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2013.

CRUZ, André Camargo; PEREIRA, Felipe dos Santos; FIGUEIREDO, Vinicius Samu. **Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro**. Indústria química | BNDES Setorial, v. 45, p. 137–187, 2020.

DA SILVA, José Aparecido; BIANCHI, Maria de Lourdes Pires. **Cientometria: a métrica da ciência**. Paidéia (Ribeirão Preto), v. 11, n. 21, p. 5–10, 2001.

DE CAMARGO, Reginaldo et al. **Fertilizantes organominerais: do surgimento até as novas possibilidades**. Revista Campo&Negócios, 2020.

DE CASTRO, José Roberto Pereira. **Microrganismos solubilizadores - mais eficiência do fósforo**. Revista Campo&Negócios, 2022.

DE OLIVEIRA, Kethelin Cristine Laurindo et al. **Alteração da biodiversidade microbiana do solo devido ao cultivo agrícola: uma revisão**. Research, Society and Development, v. 11, 2022.

DRAWANZ, Bruna Bento; GIACONOMI, Rui Rafael Faraco; RIGHI, Eléia. **Fertilizantes organominerais: um levantamento das aplicações em diferentes culturas agrícolas no Brasil**. Cultivando o Saber, v. 16, p. 32–51, 2023.

FERNANDES, Pedro Henrique; PORTO, Douglas William Batista; FRANÇA, André Cabral; FRANCO, Miguel Henrique Rosa; MACHADO, Caroline Maira Miranda. **Uso de fertilizantes organominerais fosfatados no cultivo da alface e de milho em sucessão**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 6, 2020.

FRANCO, Miguel Henrique Rosa et al. **Fertilizantes especiais: tecnologia para altas produtividades**. Revista Campo & Negócios, 2019.

LEÃO, Arizeu Luiz Arantes et al. **Diversidade de matéria-prima para a produção e as aplicações de fertilizantes organominerais**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – IF Goiano, 2023.

MACIAS-CHAPULA, Cesar A. **O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional**. Ciência da Informação, v. 27, n. 2, p. nd-nd, 1998.

MALAQUIAS, Carlos Arnaldo Alcântara; SANTOS, Alessandro José Marques. **Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (Zea mays L.)**. Pubvet Medicina Veterinária e Zootecnia, 2017.

NAKAYAMA, Fernando Takayuki; PINHEIRO, Glauco Aurélio Squizato; ZERBINI, Edson Fernando. **Eficiência do fertilizante organomineral na produtividade do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) em sistema de semeadura direta**. Fórum Ambiental da Alta Paulista, n. 9, p. 122–138, 2013.

PORTO, Iris da Silva. **Eficiência e efeito residual de fontes de fertilizantes organominerais associadas a diferentes doses**. Repositorio.ufu.br, 2023.

TORRES, Carlos Omar Patiño; REYES, Oscar Eduardo Sanclemente. **Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible**. Entramado, v. 10, n. 2, p. 288–297, 2014.

ZONTA, Everaldo; STAFANATO, Juliano Bahiense; PEREIRA, Marcos Gervasio. **Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais**. Portal Embrapa, 2021.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 82/2024 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos dez dias do mês de dezembro de 2024 as 19:00 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Prof. Dr. Rodrigo Braghiroli, Prof. Dr. Carlos Frederico de Souza Castro e Prof. Dr. Rodrigo Braghiroli, para examinar o Trabalho de Curso intitulado "PANORAMA CIENTÍFICO DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS E MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES: TENDÊNCIAS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A AGRICULTURA SUSTENTÁVEL" da estudante apresentado pela estudante Gabrielly Cristiny de Souza Gomes, matrícula 2020102221530050, do Curso de Licenciatura em Química do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)
Prof. Dr. Rodrigo Braghiroli
Orientador

(Assinado Eletronicamente)
Prof. Dr. Carlos Frederico de Souza Castro
Membro

(Assinado Eletronicamente)
Prof. Dr. Wesley Renato Viali
Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Rodrigo Braghiroli, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 20/12/2024 14:42:28.
- **Wesley Renato Viali, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 20/12/2024 14:47:13.
- **Carlos Frederico de Souza Castro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 20/12/2024 14:53:01.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 20/12/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 664266

Código de Autenticação: 3f914326b2



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000