

DESENVOLVIMENTOS INICIAIS DE CANA-DE-AÇÚCAR COM USO DE PÓ DE ROCHA BASÁLTICA ENRIQUECIDA COM MICROORGANISMOS

PRODUCTION OF BASALT ROCK POWDER ENRICHED WITH MICROORGANISMS AND ITS EFFECTS ON THE INITIAL GROWTH AND DEVELOPMENT OF SUGARCANE

JOÃO MARCOS JACOMINI PETITA¹ – joao_petita@hotmail.com
LEONARDO PIM PETEAN² – leonardo.petean@umfg.edu.br

1. Acadêmico do curso de graduação do curso de **agronomia** da Faculdade UMFG.

2. Professor Orientador. Faculdade UMFG - Rod PR-082 KM 468 - Lote 45/46 - Gleba, R. Ribeira, Cianorte - PR, 87200-000.

Recebido em 03/09/2025. Publicado em 12/12/2025

RESUMO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma cultura de extrema relevância econômica para o Brasil, sendo o país o maior produtor mundial, responsável por 45,72% da produção global. Por outro lado, a produtividade dessa cultura enfrenta desafios relacionados à disponibilidade de fósforo (P) no solo, um nutriente essencial com baixa mobilidade e alta adsorção às partículas do solo. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da rochagem e da biossolubilização do fósforo, no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido, utilizando mudas pré-brotadas (MPB). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições: T1 (controle, sem adubação de base), T2 (adubação padrão + MAP), T3 (adubação padrão + *Bacillus subtilis*) e T4 (adubação padrão + pó de rocha + *B. subtilis*). Foram avaliados o crescimento em altura e os teores de clorofila aos 45 dias após o plantio (DAP), utilizando um clorofilômetro Minolta SPAD 502. Os resultados demonstraram que os tratamentos T3 e T4 apresentaram maior crescimento em altura e teores de clorofila em comparação aos demais, indicando que a biossolubilização do fósforo por *B. subtilis* aumentou a disponibilidade de nitrogênio (N) para as plantas. A combinação com pó de rocha (T4) mostrou-se promissora, embora sejam necessários mais estudos para otimizar sua eficiência. Portanto, a biossolubilização é uma técnica viável para melhorar o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, enquanto a rochagem demanda investigações adicionais para comprovar seu potencial como alternativa sustentável à fertilização convencional.

Palavras-chave: *Bacillus subtilis*; Biossolubilização; Fósforo; Rochagem.

ABSTRACT

Sugarcane (*Saccharum* spp.) is an economically vital crop for Brazil, the world's leading producer accounting for 45.72% of global production. However, crop productivity faces challenges due to phosphorus (P) availability in soil, an essential nutrient with low mobility and high adsorption to soil particles. This study evaluated the effects of rock dust application and phosphorus biosolubilization on early sugarcane development using pre-sprouted seedlings (PSS). The experiment followed a randomized block design with four treatments and four replicates: T1 (control, no base fertilization), T2 (standard fertilization + MAP), T3 (standard fertilization + *Bacillus subtilis*), and T4 (standard

fertilization + rock dust + *B. subtilis*). Plant height and chlorophyll content were measured at 45 days after planting (DAP) using a Minolta SPAD 502 chlorophyll meter. Results showed that T3 and T4 treatments significantly improved plant height and chlorophyll content compared to others, demonstrating that P biosolubilization by *B. subtilis* enhanced nitrogen (N) availability. While the rock dust combination (T4) showed promising results, further research is needed to optimize its effectiveness. These findings suggest that biosolubilization is an effective technique for improving early sugarcane growth, whereas rock dust application requires additional investigation to confirm its potential as a sustainable alternative to conventional fertilization.

Keywords: Biosolubilization; *Bacillus subtilis*; Phosphorus; Rock dust.

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma cultura de grande importância econômica e que encontrou, no Brasil, condições climáticas favoráveis para o seu desenvolvimento. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2024), em 2022, a produção mundial de cana-de-açúcar alcançou 1,58 bilhão de toneladas, cultivadas em aproximadamente 27 milhões de hectares.

Assim, o Brasil lidera essa produção, representando 45,72% do total global, seguido pela Índia, China, Tailândia e Paquistão. Em 2023, a produção nacional atingiu 610,8 milhões de toneladas e, em 2024, registrou um aumento de 16,8% em relação à safra anterior, impulsionada por condições climáticas favoráveis e investimentos no setor (CONAB, 2024). Na região Sul, a produção foi estimada em 38,73 milhões de toneladas, com um aumento de área e produtividade de 73,860 kg/ha, representando um crescimento de 13,4% em relação à safra anterior (CONAB, 2024).

A produtividade da cana-de-açúcar está diretamente relacionada à disponibilidade de nutrientes no solo, sendo o fósforo (P) um dos elementos mais limitantes. Esse macronutriente apresenta baixa disponibilidade, devido a sua forte interação com a fração argilosa do solo, tornando a adubação um desafio na agricultura (Malavolta, 2006). Além disso, o fósforo possui mobilidade reduzida e sua fração adsorvida é liberada lentamente para a solução do solo, dificultando sua absorção pelas plantas (Barber *et al.*, 1963; Darrah, 1993). A escassez de fontes naturais de fosfato e a redução da qualidade das rochas exploradas exigem novas estratégias para o fornecimento desse nutriente na agricultura (Osvaldt, 2023).

Nesse contexto, a aplicação de pó de rocha surge como uma alternativa sustentável e de menor impacto ambiental. Em contrapartida, a eficiência desse insumo depende de fatores como sua origem, composição química e mineralogia, além da interação com características do solo, tempo de incubação, condições climáticas e microbiota (Souza, 2014).

A remineralização do solo promove uma maior diversidade de macro e micronutrientes para as plantas, além de contribuir para a melhoria da estrutura do solo. O Brasil possui um grande potencial para essa tecnologia, com mais de 500 pedreiras e um mercado potencial de 75 milhões de toneladas por ano de pó de rocha (Silva, 2022).

Além dos benefícios físicos e químicos, a aplicação de pó de rocha pode favorecer o aumento da matéria orgânica no solo, elevando a atividade microbiana, melhorando a retenção de água, a porosidade e auxiliando na formação de agregados. A utilização de bactérias solubilizadoras de fósforo tem se mostrado uma estratégia promissora para aumentar a eficiência do uso desse nutriente, promovendo sua solubilização e tornando-o mais disponível para as plantas. A associação dessas bactérias com fosfatos naturais reativos e pó de rocha pode contribuir significativamente para a melhoria da eficiência nutricional da cultura da cana-de-açúcar (Sustakowski, 2021).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da rochagem e da biossolubilização do fósforo no solo e seus impactos na produtividade da cana-de-açúcar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), de origem asiática, é uma planta perene pertencente à família Poaceae, e é de grande importância no Brasil, tanto pelo ponto de vista socioeconômico quanto ambiental. No âmbito socioeconômico, destaca-se a criação de empregos, a distribuição de riquezas para o interior do país, o incremento nas exportações e a alternativa para suprir a demanda energética nacional, reduzindo a dependência de petróleo e gás natural (Oliveira, 2012).

Do ponto de vista ecológico, o cultivo da cana-de-açúcar ajuda a reduzir os níveis de CO₂ na atmosfera, mitigando o efeito estufa causado pela queima de combustíveis fósseis. Além disso, essa cultura é essencial na produção de etanol, um biocombustível renovável e menos poluente, que pode substituir ou complementar os derivados de petróleo, contribuindo para a redução do aquecimento global (Oliveira, 2012).

Por apresentar metabolismo fotossintético C₄, a cana-de-açúcar demonstra elevada eficiência no aproveitamento de CO₂ atmosférico, fixando aproximadamente 100mg de CO₂ por dm² de área foliar a cada hora. Essa característica resulta em um rápido acúmulo de biomassa, com taxa média de crescimento de 18 g/m²/dia, o que possibilita uma produtividade média de 65,7 toneladas de colmos por hectare/ano, superando a média mundial de 53 t/ha. Em comparação com plantas de metabolismo C₃, a cana-de-açúcar chega a produzir o dobro de matéria seca no mesmo período. Esse desempenho superior está diretamente relacionado a sua capacidade de armazenar grandes quantidades de sacarose nos colmos, tornando-a uma das culturas mais produtivas para fins energéticos e industriais (Yano,

2024).

O Brasil é um dos maiores produtores, consumidores e exportadores de açúcar e álcool, graças a sua eficiência no cultivo da cana-de-açúcar. Em contrapartida, essa competitividade não foi sempre uma realidade. Antes da década de 70, o país não se destacava em produtividade. Foi apenas a partir da segunda metade dessa década que a produção começou a crescer de forma expressiva, superando a média global somente nos anos 80 (Satolo, 2009).

De acordo com o órgão Gov Brasil (2025), a safra de 2024/25 de cana-de-açúcar, no Brasil, encerrou sua produção com estimativa de 676,96 milhões de toneladas, sendo o segundo maior volume colhido na história da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Apesar disso, houve uma queda de 5,1% em comparação com a safra de 2023/24. Isso se deu, principalmente, pelos “baixos índices de chuvas, aliados às altas temperaturas registradas na Região Centro-Sul, que representa 91% da produção total do país, prejudicando a safra que se encerra” (Gov Brasil, 2025, online).

Os fertilizantes solúveis possuem custos elevados associados ao beneficiamento e ao transporte a longas distâncias, criam problemas ambientais, como eutrofização de águas superficiais e subsuperficiais e liberação de gases poluentes na atmosfera (Martins *et al.*, 2010; Manning, 2010). Além disso, necessitam de fontes não renováveis de energia no seu processamento e dependem da utilização de recursos minerais não renováveis, escassos e mal distribuídos entre os países (Foley *et al.*, 2005; Fixen, Johnston, 2012).

A produção de biocombustíveis enfrenta questionamentos globais devido à elevada dependência de fertilizantes importados, que correspondem a 70% do consumo nacional. Como alternativa sustentável para repor os nutrientes extraídos pelas culturas e recuperar a fertilidade do solo, destaca-se a técnica da rochagem. Essa tecnologia consiste na aplicação de rochas moídas no solo, promovendo o equilíbrio nutricional, a preservação ambiental e uma produção agrícola ecologicamente viável (Batista, 2013).

Assim, a agricultura brasileira enfrenta desafios significativos quanto à fertilização dos solos. Com a crescente dependência de importações de fertilizantes, a escassez de insumos adequados para sistemas agroecológicos e a demanda por alternativas economicamente viáveis, o pó de rochas surge como uma solução estratégica. Esse insumo natural se apresenta como uma opção acessível e sustentável para complementar as necessidades nutricionais das culturas, oferecendo uma resposta prática aos atuais obstáculos do setor agrícola (Batista, 2013).

Logo, o uso de rochas silicatadas como fonte de nutrientes na agricultura é uma prática antiga, mas que foi, de certa forma, esquecida com o advento do uso de fertilizantes solúveis (Gillman, 1980; Hensel, 2003; Winiwarter, Blum, 2008). Atualmente, no Brasil, a revalorização recente dessa prática

está ligada a três motivações principais: a) busca por alternativas para às fontes de nutrientes importadas (especialmente K), pois o país é um dos maiores importadores mundiais de fertilizantes; b) necessidade de aproveitamento de grandes quantidades de rejeitos de pedreiras e mineradoras e; c) expansão das correntes de agricultura de bases agroecológicas, com restrições ao uso de fertilizantes solúveis e estímulos à utilização de recursos localmente disponíveis (Martins, 2008).

Ademais, os microrganismos que solubilizam fosfato inorgânico (MSFI) atuam principalmente por meio da produção de ácidos orgânicos, como ácido glucônico, cítrico, glutâmico, oxálico, láctico, fumárico, tartárico e succínico. Esses compostos ácidos competem com o fósforo (P) pela adsorção em óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), além de agirem como agentes quelantes para íons como cálcio (Ca), alumínio (Al) e ferro (Fe), facilitando a liberação do fosfato inorgânico no solo. Dentre os microrganismos mais eficientes nesse processo, destacam-se bactérias dos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Rhizobium*, bem como fungos, principalmente das espécies *Aspergillus* e *Penicillium* (Tironi *et al.*, 2009).

Entre os inoculantes solublizadores de fosforo tem-se o BiomaPhos. Esses organismos associam-se à planta desde o início da formação das raízes. As bactérias presentes no produto se multiplicam e colonizam a rizosfera da planta. Durante esse processo, as cepas BRM 119 (*Bacillus megaterium*) e BRM 2084 (*Bacillus subtilis*) iniciam a produção de diferentes ácidos orgânicos. Esses ácidos atuam na porção do solo que se encontra em contato com as raízes das plantas, iniciando, assim, o processo de solubilização do fósforo que está retido ao cálcio, alumínio e ferro presentes no solo, deixando-o prontamente disponível para a absorção e à assimilação pela planta. Além disso, o BiomaPhos também atua na mineralização do Fósforo presente na matéria orgânica do solo (fitatos), dando maior aporte desse elemento para o cultivo (Bioma, 2025).

Uma pesquisa realizada por Souza *et al.*, (2013) demonstrou a eficácia da rochagem como fonte nutricional alternativa para o cultivo de cana-de-açúcar. A pesquisa comparou os efeitos do pó-de-rocha de biotita-xisto com o fertilizante convencional cloreto de potássio (KCl), revelando que o insumo mineral apresentou desempenho equivalente ou superior em todos os aspectos fisiológicos avaliados. Os dados de produtividade confirmaram a viabilidade do pó de rocha como fonte de nutrientes para a cultura, com resultados particularmente expressivos quando utilizado em associação com o KCl (Yano, 2024).

O basalto é formado por inúmeros minerais silicatados, sendo um importante material de origem de solos, contribuindo para a fertilidade em função do predomínio de minerais facilmente intemperados e ricos em cátions, destacando-se os feldspatos cálcio-sódicos epiroxênios (Resende *et al.*, 2002).

A aplicação dos resíduos dessa rocha basáltica, incluindo o pó de rocha, proporciona a adição

de coloides negativos, devido à presença de sílica, que retém cátions como o Ca, Mg e K, evitando que sejam lixiviados pela água (Kavaleridze, 1978). Embora a utilização do pó de rocha apresente inúmeras vantagens agronômicas, ambientais e sociais, ainda assim é um fator técnico bastante limitante para o emprego, em sistema agrícola, com cultivo de espécies anuais (temporárias) e produção de mudas seria devido a lenta solubilização dos minerais presentes (Harley, 2000).

Desse modo, o pó de rocha solubilizado, quando adicionado ao solo, beneficia a sua microbiota e o seu funcionamento, permitindo diminuir com gastos em corretivos e fertilizantes solúveis (Resende, 2000). Dentre os diferentes grupos de microrganismos do solo que possuem potencial na biossolubilização de nutrientes, destacam-se as bactérias dos gêneros *Rhizobium* (Sridevi, Mallaiah, 2009), *Paenibacillus* (Lal, Tabacchioni, 2009; Wang *et al.*, 2012), *Bacillus* (Silva Filho, Vidor, 2001), e entre os fungos os *Aspergillus* e o *Penicillium* (Lopes-Assad *et al.*, 2006; Lian *et al.*, 2008).

Portanto, a busca por práticas agrícolas sustentáveis tem impulsionado pesquisas sobre alternativas aos fertilizantes convencionais. Dentre essas iniciativas, destaca-se a aplicação de pó de rocha como fonte de nutrientes para diversas culturas. Essa técnica, conhecida como rochagem, promove a remineralização do solo, fornecendo tanto macro quanto micronutrientes, variáveis conforme o tipo de rocha utilizada. Estudos demonstram que a rochagem representa uma estratégia eficaz para reduzir o uso de fertilizantes minerais tradicionais. Além de melhorar a fertilidade do solo de forma natural, essa abordagem mantém o equilíbrio ecológico, atendendo às crescentes demandas por sistemas de cultivo ambientalmente responsáveis (Silva, 2023).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade UMFG, situada no município de Cianorte, Paraná, durante o período agrícola de 2022/2023. A localização geográfica da área de pesquisa corresponde às coordenadas 24°05'36,1" S (latitude sul) e 52°23'38,1" W (longitude oeste), apresentando altitude de 628 metros acima do nível do mar (Google, 2025). Para o desenvolvimento da cultura, foram produzidas mudas de cana-de-açúcar utilizando a técnica de Mudas Pré-Brotadas (MPB).

Dessa forma, elas foram produzidas por meio de cortes da cana, conhecidos como minirrebolos, onde se encontram as gemas da planta. As mudas passaram por uma seleção visual e receberam tratamento com fungicida. Logo após, foram colocadas em caixas de brotação, com temperatura e umidade controladas, ajustadas em tubetes e aclimatadas.

O período total de cultivo teve duração média de 60 dias após o plantio. As mudas, após serem

produzidas, foram transplantadas para o campo em 17 de dezembro de 2022. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições, somando 16 parcelas. Cada parcela foi composta por duas linhas de plantio, com espaçamento de 0,90M entre linhas e 6 metros de comprimento, ocupando uma área total de 10,8m² por parcela.

Os tratamentos utilizados foram T1- testemunha (sem adubação de base), T2 - adubação padrão + map, T3 - adubação padrão + solubilizador fósforo (*Bacillus .subtillus*), T4 - adubação padrão + pó de rocha + solubilizador fósforo (*Bacillus .subtillus*). A adubação utilizada aplicada foi de 30kg/ha de N; 150kg/ha de P₂O₅ e 150 kg/ha de K₂O, sendo que as dosagens foram determinadas considerando os dados da análise química do solo e as exigências nutricionais da cultura.

A inoculação de *B. subtilis* e *B. megaterium* foi feita diretamente no sulco de plantio, com o uso do produto comercial Biomaphos, que é desenvolvido pela EMBRAPA. Para esse produto, foi utilizado a proporção de 500 ml por hectare, aplicado com um pulverizador costal pressurizado a CO₂ (45 libras por polegada quadrada). O equipamento conta com uma barra de aplicação dotada de quatro bocais KYUMY, de jato em leque simples (modelo KFAD 110-02), posicionados com um espaçamento de 0,5 metros entre eles.

Logo, foi realizada a mensuração de altura de plantas aos 45 DAP. Para isso, foi utilizada uma fita métrica, sendo selecionadas ao acaso 10 touceiras de cada parcela, avaliando a altura de uma planta por touceira.

O conteúdo de clorofila foi quantificado por meio de um medidor portátil Minolta SPAD 502 (Soil Plant Analysis Development). Para as medições, posicionou-se a folha entre as hastes do equipamento, orientando sua face adaxial (superior) em direção ao sensor. O dispositivo foi então fechado sobre o material vegetal para registro da leitura, realizada em três pontos distintos da mesma folha. Para esta avaliação, foram coletadas aleatoriamente 10 folhas por parcela.

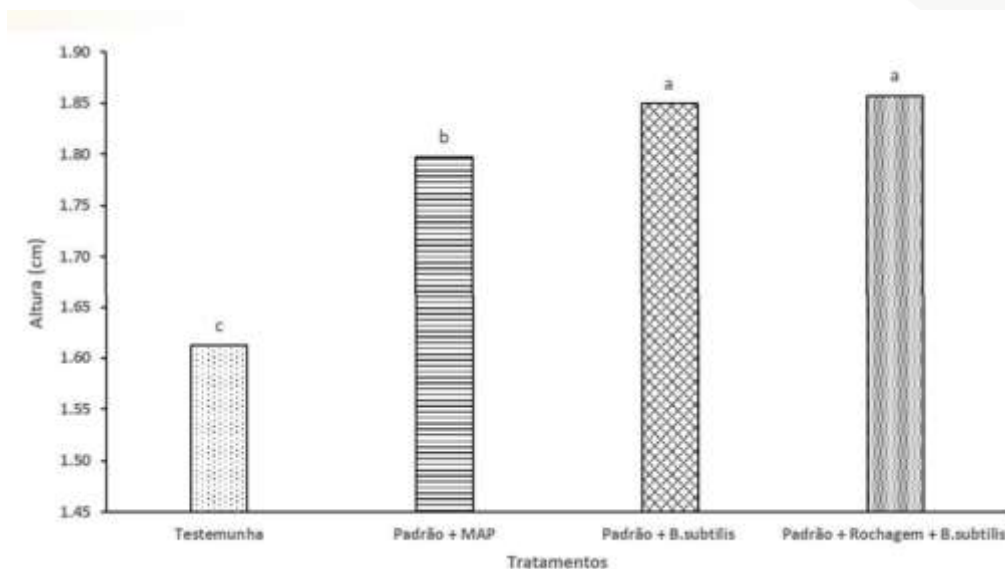
A avaliação de peso e produtividade foi conduzida por meio de colheita manual em 17 de dezembro de 2023, aos 365 dias após o plantio (DAP). O peso total de cada parcela foi mensurado utilizando-se um guincho acoplado a um trator e uma balança digital. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, empregando-se o software estatístico GENES.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aos 45 dias após o plantio (DAP), foi realizada a primeira medição da altura das plantas e da concentração de clorofila nos diferentes tratamentos a análise da clorofila foi feita com um equipamento portátil Minolta SPAD 502 (Soil Plant Analysis Development).

Os dados obtidos demonstraram que, aos 45 dias após o plantio (DAP), os tratamentos que receberam adubação de base padrão combinado com *B. subtilis* (T3) ou adubação de base com rochagem mais *B. subtilis* (T4) apresentaram maior crescimento em altura das plantas (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Altura das plantas aos 45 dias do plantio (DAP)

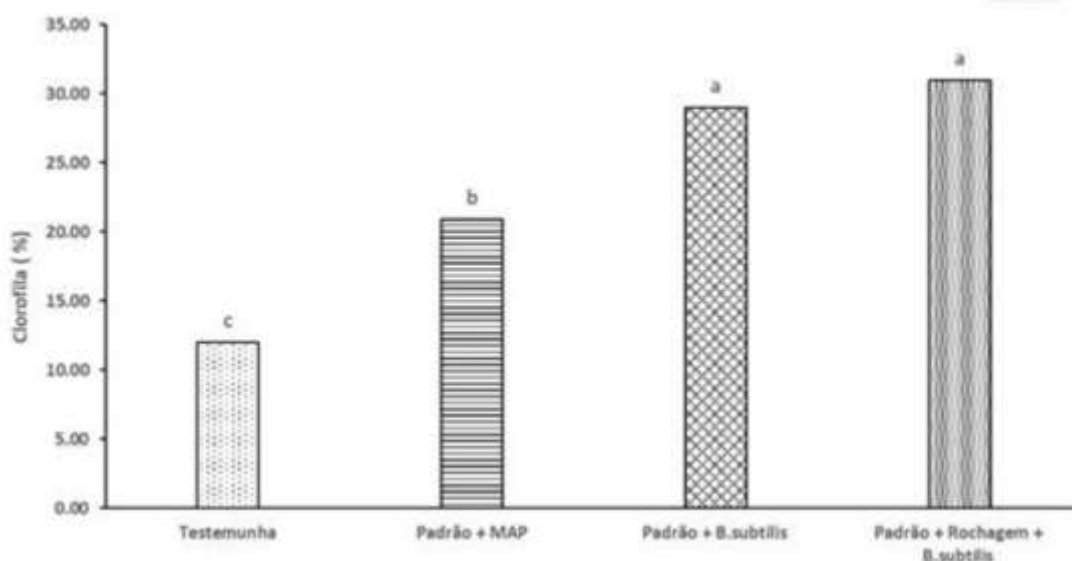


Fonte: Macena, 2023.

O teor de clorofila seguiu a mesma tendência observada no crescimento vegetativo, com os tratamentos T3 e T4, registrando os maiores valores (Gráfico 2). Conforme Piekielek *et al.* (1995), a concentração de clorofila foliar é um indicador indireto do status de nitrogênio (N) na planta, uma vez que existe correlação positiva entre esse pigmento e os teores de N. Argenta *et al.* (2000a) reforçam que medições com clorofilômetro fornecem estimativas precisas do conteúdo de clorofila em milho, sendo úteis para diferenciar plantas com deficiência ou suprimento adequado de nitrogênio.

Estudos relatam que a deficiência de fósforo (P) pode comprometer a absorção de N (Novais; Smyth, 1999). Evidências dessa interação foram observadas em experimentos com milho, onde plantas cultivadas em vasos com diferentes disponibilidades de P exibiram sintomas de deficiência nitrogenada em um dos lados da folha, próximo à nervura central.

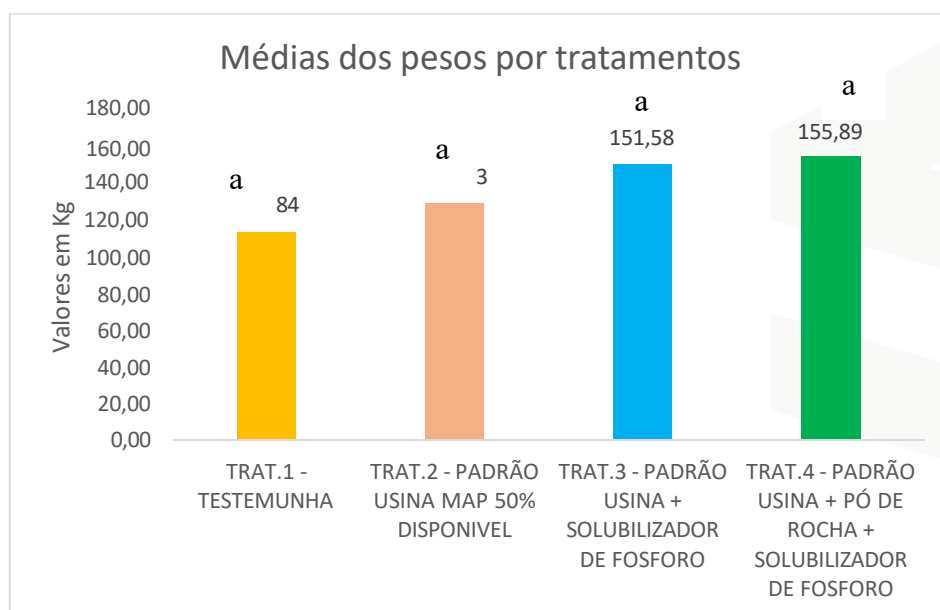
Gráfico 2 – Teor de clorofila aos 45 dias do plantio (DAP)



Fonte: Macena, 2023.

A análise das médias de peso por tratamento na cultura da cana-de-açúcar revelou uma tendência de incremento nos valores à medida que se incorporaram práticas agrônômicas adicionais, como o uso de solubilizadores de fósforo e pó de rocha basáltica (Gráfico 3). Embora as diferenças observadas não tenham atingido significância estatística, os resultados tiveram efeitos positivos dessas intervenções no desenvolvimento inicial da cultura.

Gráfico 3 – Médias dos pesos por Tratamento



Fonte: Macena, 2025.

O tratamento que combinou o padrão da usina com o solubilizador de fósforo apresentou um aumento notável no peso médio das plantas. Esse resultado pode ser atribuído à ação dos microrganismos solubilizadores, que promovem a disponibilização do fósforo presente no solo, essencial para o crescimento radicular e o desenvolvimento vegetativo das plantas (EMBRAPA, 2022).

A adição de pó de rocha basáltica, rica em minerais como cálcio, magnésio e potássio, contribui para a melhoria das propriedades físico-químicas do solo, proporcionando um ambiente mais favorável ao crescimento das plantas. De acordo com Souza *et al.* (2022), a aplicação de remineralizadores pode aumentar a eficiência no uso da água e a concentração interna de CO₂ nas plantas, refletindo em melhorias no processo fotossintético e, conseqüentemente, no acúmulo de biomassa.

Além disso, a utilização de pó de rocha como remineralizador tem sido associada à melhoria das propriedades físicas do solo, como a porosidade e a condutividade hidráulica, fatores que influenciam diretamente na absorção de água e nutrientes pelas plantas (SILVA, 2021).

Portanto, mesmo na ausência de diferenças estatisticamente significativas, os dados sugerem que a integração de práticas como a aplicação de solubilizadores de fósforo e pó de rocha basáltica pode favorecer o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, refletindo em aumentos no peso médio das plantas. Esses resultados reforçam a importância de estratégias sustentáveis e integradas no manejo da fertilidade do solo para a otimização da produtividade agrícola.

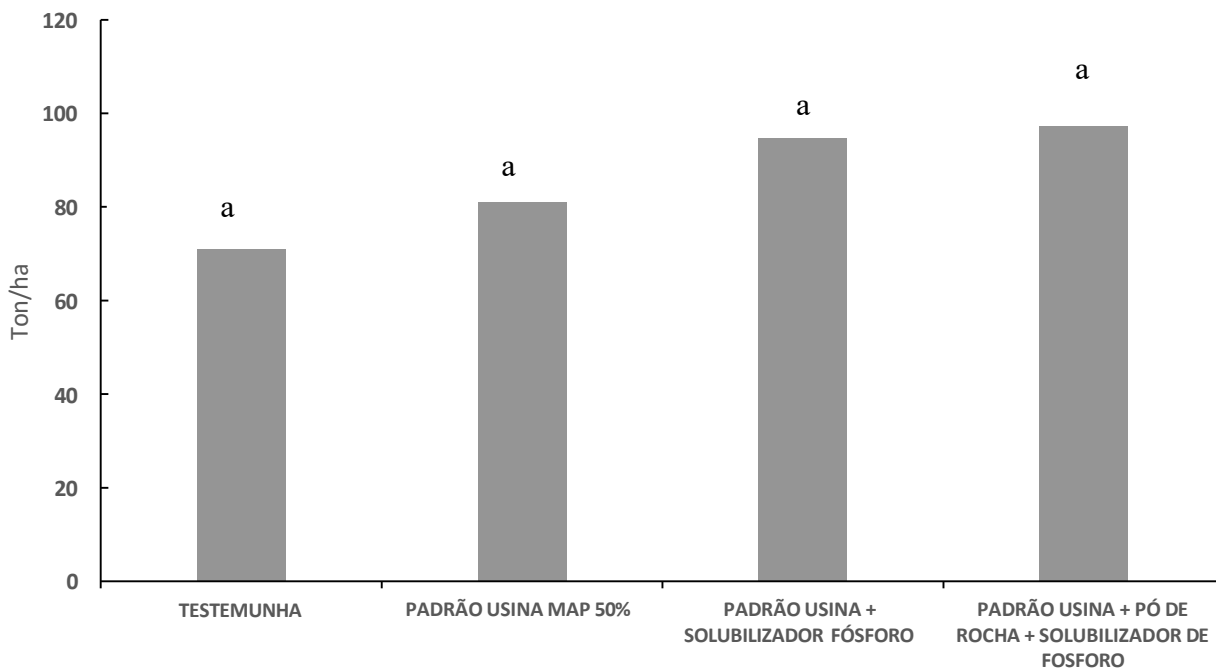
A análise da produtividade em toneladas por hectare (Gráfico 4) demonstrou um aumento nos valores médios em resposta à aplicação de solubilizadores de fósforo e pó de rocha basáltica. Ainda que as diferenças observadas não tenham sido estatisticamente significativas, a elevação na produtividade sugere benefícios agrônômicos potenciais elevando de 71 toneladas para 97 toneladas (Gráfico 4).

Os tratamentos que incluíram a aplicação de solubilizadores de fósforo apresentaram produtividades maiores em relação à testemunha. Essa resposta positiva pode ser atribuída à capacidade desses microrganismos de solubilizar formas indisponíveis de fósforo no solo, tornando-o mais acessível às plantas, o que favorece o crescimento radicular e o aumento da produtividade (EMBRAPA, 2022).

A adição de pó de rocha basáltica também parece ter contribuído para o incremento da produtividade. Estudos como o de Reis *et al.* (2023) indicam que o uso de remineralizadores, como o pó de rocha, melhora a fertilidade do solo de forma gradual e sustentável, liberando nutrientes essenciais ao longo do tempo. Essa liberação contínua de nutrientes pode melhorar a nutrição das

plantas, refletindo em maiores produtividades.

Gráfico 4 – Toneladas por hectare.



Fonte: Macena, 2025.

Além disso, Souza *et al.*, (2022) ressaltam que o uso de remineralizadores contribui para a melhoria da estrutura física do solo, aumentando a porosidade e facilitando a infiltração e a retenção de água. Essas alterações no ambiente edáfico podem proporcionar condições mais favoráveis para o desenvolvimento da cultura, influenciando diretamente no rendimento agrícola.

Assim, mesmo sem comprovação estatística, os resultados apontam para o potencial do uso integrado de solubilizadores de fósforo e pó de rocha basáltica na promoção de aumentos na produtividade da cana-de-açúcar. Esses achados reforçam a importância de práticas agrícolas que aliam ganhos produtivos à sustentabilidade e à melhoria da qualidade do solo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa permitem chegar a algumas conclusões importantes. Em primeiro lugar, verificou-se que o processo de biossolubilização mostrou-se eficaz no estímulo ao desenvolvimento vertical das plantas e no incremento dos teores de clorofila durante os primeiros 45 dias após o plantio. Esse efeito foi particularmente relevante na fase inicial de crescimento da cultura.

Observou-se, ainda, que a associação entre a aplicação de rochagem e a técnica de biossolubilização proporcionou resultados superiores quando comparada aos demais tratamentos testados, tanto em termos de crescimento vegetativo quanto nos níveis de pigmentação clorofílica. Essa combinação demonstrou potencial para otimizar o desenvolvimento inicial das plantas.

Diante dos dados obtidos, conclui-se que os tratamentos com inoculação de microrganismos solubilizadores de fósforo promoveram maior disponibilidade de N nas folhas, refletindo tanto no crescimento quanto nos teores de clorofila.

No contexto específico do cultivo de cana-de-açúcar, a biossolubilização confirmou seu valor como prática agrícola eficaz para favorecer o estabelecimento inicial da cultura. Por outro lado, em relação ao uso complementar da rochagem, os dados indicam que são necessários estudos mais aprofundados para compreender plenamente seus efeitos quando combinada com a biossolubilização, sugerindo que essa abordagem merece investigação adicional para determinar suas reais vantagens agronômicas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me dar força e sabedoria durante todo o percurso acadêmico. À minha família, pelo apoio incondicional em todos os momentos dessa caminhada.

A minha esposa, Luana, e à minha filha, Laura, por todo amor, paciência e compreensão nos momentos em que precisei me ausentar para me dedicar aos estudos.

Aos meus colegas de classe, que compartilharam comigo essa jornada, pelos aprendizados e pelas amizades que levarei para a vida toda.

A todos os professores do curso de Agronomia, por transmitirem não só o conhecimento técnico, mas também valores essenciais para a nossa formação. Em especial, à coordenadora da fazenda experimental, Prof.^a Andreia Maria Faria Macena, pelo apoio fundamental nos trabalhos práticos.

Agradeço também ao coordenador do curso, Prof. Rogerio Lavanholi, pela dedicação e comprometimento em garantir a qualidade do nosso ensino.

E, finalmente, ao meu orientador, Prof. Leonardo Pim Petean, pela orientação, paciência e incentivo em todas as etapas deste trabalho

REFERÊNCIAS

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar: Safra 2023/24,

Quarto levantamento. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 03 mar. 2023.

BATISTA, Nayra Thaís Ferreira *et al.* Uso de pó de rocha como condicionador de solos e fertilizante em cultura de cana-de-açúcar. In: **II Congresso Brasileiro de Rochagem**, Anais. 2013.

EMBRAPA. BIOMAPHOS **Solubilização de Fósforo**. Disponível em: <https://bioma.ind.br/produto/biomaphos-2/>. Acesso em: 17 mai. 2025.

EMBRAPA. Novo bioinsumo aumenta produtividade de cana-de-açúcar em até 20%. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/77086074/new-bioinput-increases-sugarcane-yield-by-up-to-20>. Acesso em: 30 maio 2025.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Statistical Yearbook 2024. Rome: FAO, 2024.

FOLEY, Jonathan A. *et al.* Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

FIXEN, Paul; JOHNSTON, A. The efficient use of phosphorus in agriculture. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 67, p. 45-50, 2012.

GILLMAN, G. Basalt rock dust as a soil amendment. **Soil Science Journal**, v. 45, p. 123-128, 1980.

GOV BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Safra 2024/25 de cana-de-açúcar encerra com produção estimada em 676,96 milhões de toneladas**. Brasília, DF, 2025, online. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/safra-2024-25-de-cana-de-acucar-encerra-com-producao-estimada-em-676-96-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 17 abr. 2025.

GOOGLE. Google Maps. Disponível em: <https://www.google.com/maps>. Acesso em 17 maio 2025.

HENSEL, Wolfgang. A importância da ciência na educação: perspectivas para o ensino. **Educação e Ciência**, v. 5, p. 112-120, 2003.

HARLEY, R. The role of rock dust in sustainable agriculture. **Agricultural Sciences Review**, v. 22, p. 89-93, 2000.

KAVALERIDZE, EDWARD. A. Geochemical implications of basaltic soils in agricultural practices. **Geochemistry Journal**, v. 12, p. 67-75, 1978.

LAL, RATTAN; TABACCHIONI, S. Importance of conservation in vegetable production. **Food and Agriculture Journal**, v. 67, n. 1, p. 12-17, 2009.

LOPES-ASSAD, M. F.; DIAS, P.; PEREIRA, T. Study on *Macrophomina phaseolina* in common bean cultivation in Paraná. **Journal of Plant Pathology**, v. 14, n. 4, p. 233-240, 2006.

LIAN, T.; SHAO, X.; LIU, Q. The effect of basalt rock dust on soil fertility. **Geosciences and Environment**, v. 21, p. 155-160, 2008.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Agronômica Ceres, 2006.

MARTINS, Éder de Souza *et al.* Agrominerais-Rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. CETEM/MCTI, 2008.

MARTINS, A. B.; SILVA, C. R.; SOUZA, D. F. Mastite subclínica em bovinos leiteiros: prevalência e principais microrganismos. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 32, n. 2, p. 55-60, 2010.

MANNING, C. Fórmula de Manning e sua aplicação no escoamento de canais abertos. **Journal of Hydraulics**, v. 45, p. 123-130, 2010.

OLIVEIRA, Terezinha Bezerra Albino *et al.* Tecnologia e custos de produção de cana-de-açúcar: um estudo de caso em uma propriedade agrícola. **Latin American Journal of Business Management**, v. 3, n. 1, 2012.

OSVALDT, Henrique Augusto. **Disponibilidade de fósforo na solução do solo após a aplicação de pó de rocha**. 2023.

REIS, T. M.; CASTRO, J. M.; SANTOS, R. F. Uso de remineralizadores na agricultura brasileira: perspectivas e benefícios. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 53, n. 1, p. 144-156, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/717ee27e-962b-4711-8783-b8b01686c0ab>. Acesso em: 30 maio 2025.

RESENDE, F. A.; SOUZA, J. P.; OLIVEIRA, M. Antibacterial activity of essential oils against pathogenic microorganisms. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 82, p. 73-77, 2002.

RESENDE, A. S. **Biossolubilização de nutrientes em solos: uma alternativa para a agricultura sustentável**. [s.l.]: [s.n.], 2000.

SATOLO, Luiz Fernando; BACCHI, Mirian Rumenos Piedade. Dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar. **Economia Aplicada**, v. 13, p. 377-397, 2009.

SRIDEVI, M.; MALLAIAH, K. Biosolubilization potential of *Rhizobium* spp. **Journal of Agricultural Microbiology**, v. 48, p. 235-242, 2009.

SILVA FILHO, C.; VIDOR, C. Solubilização de nutrientes por bactérias do solo. **Revista Brasileira de Microbiologia**, v. 32, p. 85-91, 2001.

SOUZA, L. F. **Efeitos da rochagem no solo e no cultivo de culturas agrícolas**. Piracicaba: ESALQ, 2014.

SOUZA, R. P. de; LIMA, M. E. A.; CUNHA, P. C. **Remineralizadores de solo: potencialidades e desafios na agricultura brasileira**. Universidade Federal da Paraíba, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/32421>. Acesso em: 30 maio 2025.

SILVA, R. M. **Uso de pó de rocha como remineralizador de solos no Brasil**. Curitiba: Editora Agronômica, 2022.

SILVA, L. A. da. Aplicação de remineralizadores e suas implicações nas propriedades físicas do

solo na cultura da cana-de-açúcar. Universidade Estadual de Goiás, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ueg.br/jspui/handle/riueg/2612>. Acesso em: 30 maio 2025.

SILVA, Lucas Inácio Da. **Pó de rocha no cultivo da cana de açúcar e efeitos nas propriedades do solo**. 2023.

SUSTAKOWSKI, D. P. **Impactos da rochagem nas propriedades físicas e biológicas do solo**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2021.

TIRONI, S. P. *et al.* Impacto de herbicidas na biomassa microbiana e nos microrganismos solubilizadores de ortofosfato do solo rizosférico de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, p. 1053-1062, 2009.

WINIWARTER, V.; BLUM, W. E. H. From soil ecology to conservation: The importance of soils in historical ecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 123, p. 241-244, 2008.

WANG, X.; LI, Y.; ZHANG, H. Phosphorus and potassium fertilization in crop productivity. **Agricultural Sciences in China**, v. 11, p. 182-188, 2012.

YANO, Vitor Kendy. **Efeito residual do pó de rocha de origem basáltica no plantio de cana-de-açúcar em ambiente restritivo: terceiro ano/segunda soca**. 2024.