

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA

CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

VITOR KENDY YANO

**EFEITO RESIDUAL DO PÓ DE ROCHA DE ORIGEM BASÁLTICA NO
PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM AMBIENTE
RESTRITIVO:TERCEIRO ANO / SEGUNDA SOCA**

Ilha Solteira - SP

2024

VITOR KENDY YANO

**EFEITO RESIDUAL DO PÓ DE ROCHA DE ORIGEM BASÁLTICA NO
PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM AMBIENTE
RESTRITIVO:TERCEIRO ANO / SEGUNDA SOCA**

Trabalho de conclusão de curso apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS) – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cesar Bolonhezi

Ilha Solteira

2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Y24 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 /
Vitor Kendy Yano. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
33 f.


Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia
Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista, (UNESP), Faculdade de
Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: Antonio Cesar Bolonhezi

Inclui bibliografia

1. Saccharum spp . 2. Pó de rocha. 3. Remineralizador. 4.
Rochagem; . 5.

(Folha de aprovação)

unesp  UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Ilha Solteira

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" FACULDADE
DE ENGENHARIA - UNESP - CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA CURSO DE GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

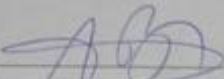
TÍTULO: EFEITO RESIDUAL DO PÓ DE ROCHA DE ORIGEM BASÁLTICA NO
PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM AMBIENTE RESTRITIVO: TERCEIRO
ANO/SEGUNDA SOCA.

ALUNO: VITOR KENDY YANO - RA: 191050296

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO CESAR BOLONHEZI

Aprovado Reprovado () pela Comissão Examinadora com nota obtida: 8,5

Comissão Examinadora:



PROF. DR. ANTONIO CESAR BOLONHEZI
(ORIENTADOR)



PROFA. DRA. ELOIZA SANTANA SEIXAS



PROF. DR. RODOLFO NIRO GAZOLA



VITOR KENDY YANO
Aluno

Ilha Solteira (SP), 24 de julho de 2024.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Biotecnologia
Av. João Dória, 60 - Centro - CEP 13.080-100 - Ilha Solteira - São Paulo - Brasil
Fone: (13) 2743-1144 - www.fea.unesp.br

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família pelo apoio incondicional e todo sacrifício ao longo de toda vida.

Agradeço também ao Professor e orientador Dr. Antonio Cesar Bolonhezi por me aceitar, ensinar e acreditar durante o período da graduação.

A parceria entre a Usina Alcoolvale S/A - Aparecida do Taboado - MS e UNESP de Ilha Solteira.

À equipe de colaboradores da Usina Alcoolvale liderado por Eng. Agrônomo Tiago e Ronaldo por todo auxílio nessa caminhada.

Ao professor Dr. Rodolfo de Niro Gazola em sua dedicação aos ensinamentos de seu aprendizado.

Aos meus colegas de graduação e principalmente aos companheiros de experimento durante as avaliações. Em especial Caroliny Berceli por toda a paciência e ensinamentos a condução do experimento.

Resumo

Práticas agrícolas para recondicionar o solo são fundamentais no crescimento das plantas e na busca por maior produtividade e sustentabilidade dos recursos, fontes alternativas são oportunidades de mineralizar o solo. Dessa forma, o pó de rocha pode se tornar um aliado na produção visando o equilíbrio da fertilidade a longo prazo. Os experimentos foram instalados no município de Aparecida do Taboado-MS, sendo uma dose à lanço e a outra sem e ambos com cinco doses no sulco de plantio e dessa forma realizadas quatro avaliações biométricas e uma tecnológica. Maiores médias foram com os tratamentos com pó a lanço em especial para açúcares totais recuperáveis (ATR), toneladas de cana para hectare (TCH) e número de colmos (NC). Doses no sulco entre 0,5 a 1,5 T obtiveram resultados significativos para comprimento de colmo (CC), massa de colmo (MC) e número de colmo (NC) em seus tratamentos. Esse trabalho teve como objetivo avaliar dados biométricos e químicos da cana de açúcar, cultivar CTC 4 em 2 doses a lanço e 5 doses no sulco de plantio.

Palavra- chave: *Saccharum spp; pó de rocha; remineralizador; rochagem; cana-de-açúcar*

Abstract

Agricultural practices to recondition the soil are fundamental in plant growth and in the search for greater productivity and sustainability of resources, alternative sources are opportunities to mineralize the soil. In this way, rock dust can become an ally in production aimed at balancing fertility in the long term. The experiments were carried out in the municipality of Aparecida do Taboado-MS, with one dose in the spray and the other without and both with five doses in the planting furrow and in this way four biometric evaluations and one technological evaluation were carried out. The highest averages were with the powder treatments by hauling, especially for total recoverable sugars (ATR), tons of sugarcane per hectare (TCH) and number of stalks (NC). In-furrow doses between 0.5 and 1.5 T obtained significant results for stem length (CC), stem mass (MC) and stem number (NC) in their treatments. This work aimed to evaluate biometric and chemical data of sugarcane, cultivate CTC 4 in 2 quantity at the throw and 5 quantity in the planting furrow.

Keyword: Saccharum spp; rock dust; remineralizer; rocking; Sugar cane

LISTA DE TABELA

| | |
|---|----|
| Tabela 1- Valores médios do número de perfilho por metro (NP) em três épocas da variedade CTC 4 cultivada em função de doses de pó de rocha no sulco. Aparecida do Taboado, MS,2023. | 22 |
| Tabela 2 –Valores médios do número de perfilhos por metro (NP) em três épocas da variedade CTC 4 submetida a aplicação de 5 toneladas de pó de rocha á lanço em função de doses de pó de rocha no sulco. Aparecida do Taboado, MS,2023. | 23 |
| Tabela 3 –. Médias dos valores biométricos em função das doses no sulco de plantio sem aplicação à lanço de pó de rocha para diâmetro do colmo (DC), comprimento (CC), massa de um colmo (MC) e número de colmo (NC). Aparecida do Taboado, MS,2023. | 24 |
| Tabela 4 - Médias dos valores biométricos em função das doses no sulco de plantio com aplicação à lanço de 5 toneladas de pó de rocha para diâmetro do colmo (DC), comprimento (CC), massa de um colmo (MC) e número de colmo (NC). Aparecida do Taboado, MS,2023. | 25 |
| Tabela 5 – Médias da análise tecnológica de Fibra, Pol de cana (PC), Açúcares totais recuperáveis da cana (ATR) e Tonelada de cana por hectare (TCH) submetida a diversas doses de pó de rocha no sulco de plantio. Aparecida do Taboado, MS,2023. | 26 |
| Tabela 6 – Médias da fibra, Pol de cana (PC), Açúcares totais recuperáveis da cana (ATR) e Tonelada de cana por hectare (TCH) submetida a diversas doses de pó de rocha no sulco de plantio associada a 5 toneladas de pó de rocha á lanço. Aparecida do Taboado, MS,2023. | 27 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO | 10 |
| REVISÃO DE LITERATURA | 11 |
| 2.1 Cultura da Cana-de-açúcar: História e Importância..... | 11 |
| 2.2 Rochagem: Princípios e Processos | 14 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 19 |
| 3.1 Localidade e área de estudo | 19 |
| 3.2 Delineamento experimental..... | 19 |
| 3.3 Variedade | 20 |
| 3.4 Avaliações | 20 |
| 3.5 Análise Estatísticas | 21 |
| RESULTADOS E DISCUSSÕES | 22 |
| 4.1 Experimentos sem e com pó á lanço e doses no sulco | 22 |
| CONCLUSÕES | 28 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 29 |

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), de origem asiática, é uma planta perene pertencente à família Poaceae e desempenha um papel fundamental na agricultura brasileira. Segundo dados da Conab (2017), seu cultivo abrange vastas regiões do Brasil, sendo de grande importância para o País devido à produção de açúcar e etanol, que atende à crescente demanda nos mercados nacional e internacional.

Para alcançar níveis de produção satisfatórios e atender a essa demanda, é essencial a implementação de práticas agrícolas adequadas, juntamente com a reposição de nutrientes no solo, de acordo com as recomendações de análise de solo. Isso assegura que a cultura se desenvolva em um ambiente nutricionalmente equilibrado conforme Almeida Júnior (2016).

Neste sentido, a técnica de rochagem, que envolve a aplicação de rochas moídas ao solo, particularmente aquelas de origem silicática com múltiplos nutrientes, é uma forma de remineralizar o solo. De acordo com Beneduzzi (2011), o pó de rocha se diferencia dos adubos químicos, pois sua solubilização é mais lenta, o que reduz o risco de lixiviação. Essa técnica é uma alternativa viável para o setor agrícola, pois contribui para a redução de custos e diminui a dependência do Brasil em relação a fontes externas de fertilizantes.

Visando esses aspectos, objetivou-se avaliar o efeito residual do pó de rocha na cana soca de terceiro ano.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da Cana-de-açúcar: História e Importância

A cultura da cana-de-açúcar tem suas raízes na ilha de Papua, no Sudoeste Asiático, na região que abrange a Nova Guiné e a Indonésia. Além de seu crescimento na natureza, essa planta também era usada como uma planta ornamental para embelezar jardins e residências. De acordo com Miranda (2008), a expansão da cultura coincidiu com as migrações marítimas das populações do Oceano Pacífico, espalhando-se pelas ilhas do Sul do Pacífico, Arquipélago da Malásia, Bengala e Indochina. A Índia é apontada como o local onde a cana-de-açúcar surgiu como uma planta produtora de açúcar. Delgado e Cesar (1977) sugerem que os persas foram os pioneiros no desenvolvimento das técnicas de produção de açúcar, estabelecendo rotas comerciais entre países africanos e asiáticos.

Horri (2004) afirma que a domesticação da cana-de-açúcar na Nova Guiné ocorreu cerca de 8.000 anos antes de Cristo, realizada por horticultores neolíticos. No Brasil, as primeiras mudas de cana-de-açúcar foram introduzidas em São Vicente em 1532 por Martim Afonso de Souza, vindo da ilha da Madeira e dos Açores, cujas condições ambientais eram semelhantes às do Brasil. Isso impulsionou a criação dos primeiros engenhos de açúcar no país, conforme indicado por Miranda (2008).

De acordo com Mattos (1942), muitos engenhos surgiram ao longo da costa brasileira, destacando-se os Estados de Pernambuco e Bahia, que absorveram a maior parte da produção açucareira da colônia. Alguns desses engenhos evoluíram para se tornar usinas de cana-de-açúcar. No Brasil, segundo a União da Indústria de Cana-de-açúcar (2013 apud Sobrinho et al., 2019), o plantio da cana-de-açúcar teve início em São Paulo em 1522. Atualmente, o Brasil é o principal produtor mundial de cana-de-açúcar, reconhecido internacionalmente como líder na produção dessa cultura, seguido pela Índia, Tailândia e Austrália. O cultivo da cana-de-açúcar abrange as regiões do Sudeste, Centro-Oeste, Sul e Nordeste, permitindo duas safras por ano e a produção de açúcar e etanol para os mercados interno e externo.

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene do gênero *Saccharum*, da família Poaceae, com metabolismo fotossintético do tipo C4, caracterizada por armazenar grandes quantidades de sacarose em seus colmos. Quando cultivada, fixam em torno de 100 mg de CO₂ por dm² de área foliar em uma hora, resultando em alta quantidade de matéria seca dentro de um período de um ano obtendo-se uma taxa de crescimento médio de 18 g em um m² por dia, equivalente a produção de 65,70 t ha⁻¹ de colmos, em que a média mundial era de 53 t ha⁻¹, para efeito de parâmetro, chega a acumular o dobro de biomassa que uma planta C3, como a soja (Alencar, 2012; Rodrigues, 1995). Isso a torna de grande importância comercial nas plantações de cana-de-açúcar, sendo cultivada como um híbrido interespecífico conhecido como *Saccharum* spp. (Ripoli; Ripoli, 2006).

A cana-de-açúcar é caracterizada por possibilitar vários cortes, sem que haja a exigência de replantio, entretanto, ao decorrer de cada safra faz-se necessário o fornecimento de insumos agrícolas para que a cultura continue com patamares de produtividades vantajosas. À medida que o número de cortes aumenta, a resposta da cultura à aplicação desses insumos é menor, tornando necessária a renovação dos canaviais (CONAB, 2014).

Conforme Gascho e Shih (1983), os estágios fenológicos da cana-de-açúcar são divididos em brotação e emergência, perfilhamento, crescimento dos colmos e maturação dos colmos. A brotação e a emergência começam quando os brotos rompem as folhas do nó e crescem em direção à superfície do solo. Simultaneamente, as raízes do tolete também começam a se desenvolver. A emergência do broto ocorre entre 20 e 30 dias após o plantio (DAP). O broto é um pequeno caule que aparece acima do solo e é chamado de colmo primário. O perfilhamento é o processo pelo qual a planta emite novos colmos, conhecidos como perfilho.

Conforme indicado por Gava et al. (2011), a necessidade de água para o cultivo da cana-de-açúcar varia de acordo com as diferentes fases do ciclo da cultura. Essa demanda hídrica é igualmente afetada por fatores ambientais, práticas de manejo agrícola, época de plantio e variedade plantada. Normalmente, ao longo das safras sucessivas, a demanda de água da cultura tende a diminuir, conforme observado por Silva et al. (2012).

Rockstrom et al (1999) relataram uma eficiência do consumo de água de 123 a 168 L por kg de massa seca. Yates e Taylor (1988) mencionam gasto que foi registrado bem inferior na Austrália (entre 69 e 111 litros por tonelada de cana), sendo que a média das plantas C4 está entre 250 a 350 L kg⁻¹ de massa seca e a das plantas C3 está entre 450 a 1000 litros de água por tonelada de massa seca (Rodrigues, 1995).

A cana-de-açúcar é adaptada a climas tropicais e subtropicais e tem uma notável exigência por água em seu processo de crescimento, especialmente durante seu estágio de desenvolvimento vegetativo. Nesse período, a cultura produz uma quantidade significativa de biomassa, conforme mencionado por Tejera et al. (2007).

Conforme Alvarez et al. (2000) a cana-de-açúcar tem grande potencial para suplementação de energia, tanto no que diz respeito à produção de etanol, quanto à produção de energia elétrica por meio da queima do bagaço nas usinas. As etapas de processamento nas usinas estão estruturadas para receberem os colmos da cana-de-açúcar adquiridos da colheita e retirarem o caldo para a produção do etanol. O resíduo restante da prensagem da cana, o bagaço, é prontamente utilizado pela usina nas caldeiras, para gerar energia elétrica, que a torna autossuficiente em relação à energia elétrica para as mais variadas atividades. Além disso, há usinas que comercializam o excedente de produção para concessionárias de energia elétrica.

A cana soca embora seja a mesma cultura, a gestão da nutrição mineral da cana-de-açúcar não segue um padrão uniforme para a cana-planta e a cana-soca. Um fator crucial a ser considerado é o estágio de desenvolvimento das plantas no campo, já que as necessidades nutricionais da cana tendem a mudar de acordo com seu estágio fenológico. Fornecer os nutrientes em concentrações adequadas por meio da adubação, incluindo macronutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, além de micronutrientes como boro, cobre, manganês, zinco e molibdênio são fundamentais.

Teores de nutrientes absorvidos e exportados pela cultura, conforme expressos em tabelas de extração e exportação servem para determinar a quantidade de nutrientes a ser aplicada conforme a expectativa de produtividade. A extração se refere à quantidade total de nutrientes absorvidos pela planta durante todo o ciclo, enquanto a exportação se relaciona à quantidade de nutrientes presente no colmo que será removida da área durante a colheita. A eficiência da adubação relaciona-se à época de aplicação, logo considerar a fase da cultura (cana-planta e cana-soca), o comportamento do nutriente no solo, a idade do canavial e a distribuição das chuvas.

No caso da cana-soca, algumas das principais diferenças no manejo da fertilização incluem a necessidade de menores doses de nitrogênio devido à associação com bactérias fixadoras de N do ar e à presença de açúcar no tolete, o que resulta em um suprimento adicional de nitrogênio. Além disso, há uma demanda mais elevada por fósforo e potássio na cana-soca. Como não existe mais essa associação benéfica com bactérias fixadoras de nitrogênio, torna-se necessário aplicar doses mais elevadas de nitrogênio e potássio, enquanto a necessidade de fósforo é menor. É importante destacar que na relação do adubo N/K, é aconselhável trabalhar com fórmulas na faixa de 1,0/1,3 a 1,0/1,5 (Nutrição de Safra, 2019).

2.2 Rochagem: Princípios e Processos

Segundo Theodoro e Leonardos (2006), a utilização de pó de rocha proporciona vantagens econômicas e ambientais, resultando em ganhos significativos em várias culturas, como arroz, milho, mandioca e cana-de-açúcar.

Pó de rocha refere-se a qualquer rocha que tenha sido transformada em pó através de um processo de britagem, moagem e classificação por tamanho de partículas. No entanto, é importante ressaltar que nem todos os pós de rochas são adequados para uso na agricultura. Apenas aqueles que demonstrarem eficácia comprovada e que atenderem aos requisitos estabelecidos pelas regulamentações em termos de teores de metais pesados podem ser considerados apropriados para aplicação agrícola.

O termo "agro mineral" abrange uma variedade de materiais de origem mineral que podem ser utilizados na agricultura de maneira eficaz e segura. Isso inclui exemplos como calcários, fosfatos e remineralizadores, desde que estejam devidamente registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

Por outro lado, um remineralizador é uma categoria específica de insumo agrícola definida pela legislação de fertilizantes. Essa definição é estabelecida pela Lei nº 12.890/2013 e se aplica a qualquer material que tenha passado apenas por processos de redução do tamanho de partículas. Além disso, o remineralizador deve ser capaz de melhorar os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promover melhorias nas propriedades físicas, físico-químicas ou na atividade biológica do solo (Martinazzo et al., 2022).

Os remineralizadores de solo, apresentados na forma de pó de rocha e empregados na prática de manejo conhecida como rochagem ou "rocks-for-crops", emergem como uma alternativa sustentável recente. Portanto, sua aplicação na agricultura contemporânea requer análises técnicas, ambientais e econômicas aprofundadas para se consolidar como uma tecnologia efetiva e viável (Dettmer et al., 2020).

Souza et al. (2013), em um estudo sobre o uso da rochagem como fonte alternativa de nutrientes na produção de cana-de-açúcar, concluiu que o pó-de-rocha de biotita-xisto teve um efeito igual ou superior ao cloreto de potássio (KCl) em todos os parâmetros fisiológicos das plantas. Além disso, os resultados de produção indicam que o pó de rocha é eficaz como fonte de nutrientes para a cana-de-açúcar, especialmente quando combinado com o KCl. A produção nos diferentes tratamentos e ciclos de cultivo superou a média da região. Destaca-se também o efeito residual do pó-de-rocha na produção da cana-soca, o que demonstra sua eficácia a longo prazo. Além disso, o pó-de-rocha contribuiu para melhorar a qualidade da matéria-prima, reduzindo o teor de fibras e aumentando a pureza, o que impacta positivamente na eficiência da extração de açúcar pela indústria. Operacionalmente, a aplicação do pó-de-rocha no sulco de plantio é um processo simples e de baixo custo.

A rochagem é uma técnica que se baseia na remineralização, assim repondo os nutrientes extraídos através da lixiviação ou do uso intenso da agricultura. As primeiras pesquisas sobre o assunto foram catalogadas no século 19 e busca ser uma alternativa ou complemento à fertilização tradicional (Loureiro et al., 2009).

De acordo com Cola e Simão (2012), a prática da rochagem visa diversificar as fontes de nutrientes, oferecendo novas opções de fornecimento ao incorporar rochas e minerais ao solo. Considerada como um remineralizador, a rochagem envolve a aplicação direta de rochas moídas ou que contenham finos naturais, como o pó de rocha. Seu principal objetivo é revitalizar solos empobrecidos ou lixiviados, fundamentando-se na busca pelo equilíbrio da fertilidade, na conservação dos recursos naturais e na promoção de uma produtividade sustentável.

Estabelecer um sistema eficiente é crucial para maximizar a disponibilidade dos nutrientes encontrados na rocha. O uso na agricultura pode ser vantajoso devido à contribuição para uma adubação mais completa, contendo diversos nutrientes. No entanto, a principal desvantagem do pó de rocha, conforme apontado por Harley e Gilkes em 2000, reside na liberação dificultada de nutrientes, tornando-os temporariamente indisponíveis para as plantas.

Osterroht (2003), também afirma que a dissolução dos pós de rochas é um processo bastante lento e complexo, influenciado por diversos fatores, tais como a composição química e mineralógica da rocha, sua granulometria, o tempo de reação, o pH do solo e a atividade de microrganismos envolvidos em seu processo de degradação.

Portanto, a rochagem deve ser uma prática de manejo de solo e auxiliar na fertilização e não uma substituição de insumos químicos por pó de rocha de acordo com Brugnera (2012).

Já Perozini et al. (2019) numa avaliação das características agronômicas da cana-de-açúcar, cultivada em doses crescentes do condicionador pó de rocha de origem "basalto gabro", concluiu que a aplicação do pó de rocha "basalto gabro" como condicionador de solo na cultura da cana-de-açúcar é amplamente recomendada, uma vez que mantém níveis elevados de produtividade e características químicas favoráveis no solo. Além disso, ele desempenha um papel importante na promoção da agricultura sustentável, sendo facilmente acessível devido à sua produção regionalizada.

Von Fragstein et al. (1988) relatam que os basaltos quando comparados aos granitos apresentam taxas de liberação de elementos minerais mais rápidas.

O intemperismo das rochas refere-se aos processos físicos, químicos e biológicos que levam à desintegração das rochas. Esse processo é contínuo e progressivo, facilitando-se a cada momento após o início. Para interrompê-lo, é necessário que todos os fatores envolvidos cessem.

A atuação destes três tipos de intemperismos é condicionada a determinados fatores, tais como umidade, temperatura, topografia e tempo (Bigarella et al., 1996; Hunt, 1972).

Em relação aos processos físicos de acordo com Cola e Simão (2012) a granulometria tem sido analisada tanto em relação à eficiência na indústria quanto ao impacto no desempenho agrônômico das fontes. Cada tipo de mineral ou minério possui sua própria mobilidade, que é determinada pela probabilidade de fragmentação e pela distribuição dos tamanhos resultantes.

Os componentes mais finos, como argila e silte, com tamanhos inferiores a 0,002 mm e entre 0,002 e 0,05 mm, liberam seus principais elementos com maior facilidade. Devido ao intemperismo ou à abrasão, esses materiais podem se converter em argilominerais de forma mais rápida Theodoro et al., (2006). A transformação dos rejeitos contendo feldspato, piroxênio, olivina, flogopita e apatita em argilominerais é vital. Em contraste, materiais de granulometria mais grossa liberam nutrientes gradualmente por mais tempo. O manejo e a irrigação na agricultura ajudam a quebrar os minerais, garantindo um suprimento constante de macro e micronutrientes ao longo do tempo.

Segundo Kampf et al. (2009) o intemperismo químico é caracterizado pela ação da água da chuva sobre os minerais das rochas, decompondo-os e dando origem a novos minerais e solutos que se movem através das fraturas do solo. As principais reações de intemperismo químico incluem: hidratação (moléculas de água interagem com as cargas elétricas não neutralizadas na superfície dos grãos minerais, resultando na absorção de água na estrutura do mineral e formando um novo mineral), dissolução (um mineral congruente ou incongruente solubilizado), hidrólise (conversão de silicatos de alumínio ou ferro em argilominerais ou hidróxidos de ferro ou alumínio, acompanhada pela perda de cátions e incorporação de íons H⁺ das soluções lixiviantes), oxidação (processo de transferência de elétrons, no qual o íon receptor de elétrons é reduzido enquanto o que doa os elétrons é oxidado), acidólise (influenciada pelos ácidos orgânicos, que reduzem o pH da água, permitindo a solubilização dos minerais presentes no solo).

Já a solubilização biológica segundo Garcia Júnior (1991), é uma opção para ampliar a disponibilidade de nutrientes provenientes das rochas.

As transformações microbianas, assim como as diferentes reações químicas do solo, podem ser alteradas de acordo com os tipos de manejos adotados (Theodoro, 2003).

Conforme Sodré (2012) o intemperismo biológico é causado pela a o de microrganismos, como líquens, fungos, algas e vegetais inferiores, que se instalam nas superfícies das rochas. Eles decompõem as rochas, extraem nutrientes e criam complexos met licos solúveis e ácidos orgânicos a partir de seus próprios compostos excretados. As plantas superiores também contribuem para o intemperismo biológico, pois suas raízes desempenham um papel na obten o de nutrientes e na fixa o mineral.

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localidade e área de estudo

O experimento conduzido é uma área de terceiro corte, segunda cana soca, safra 2022 e 2023 e colheita realizada em maio/23, na Fazenda Quitéria, 20°02'28" S, 51°15'37" W e altitude 390 m. em uma área sob administração da Usina Alcoolvale Açúcar e Álcool S/A, que se localiza no município de Aparecida do Taboado no estado do Mato Grosso do Sul (MS).

O clima característico da região é Aw, segundo classificação climática de Köppen - Geiger, definido como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e inverno seco. A temperatura média anual da região é de 24° C e com precipitação variando entre 1200 mm a 1500 mm de acordo com Governo Estadual do Mato Grosso Do Sul 2023).

O solo na região experimental foi categorizado como LATOSSOLO VERMELHO álico, apresentando uma textura de média arenosa (Embrapa,2006) e o ambiente de produção foi identificado como F segundo Demattê (2007)

3.2 Delineamento experimental

Aplicou se o pó de rocha numa área de 4800m² e noutra, contígua, mas distante 30m ficou como testemunha, sem pó de rocha, ou seja, um experimento com 5 T de pó à lanço e outro experimento sem aplicação à lanço. A incorporação do pó de rocha foi realizada com grade de 28". Em cada faixa aplicou-se os seguintes tratamentos no sulco de plantio:

- 0,0 kg/ha de pó de rocha;
- 500,0 kg/ha de pó de rocha;
- 1000,0 kg/ha de pó de rocha;
- 1500,0 kg/ha de pó de rocha;
- 2000,0 kg/ha de pó de rocha.

Assim, cada faixa constituiu um experimento em blocos ao acaso com 5 tratamentos e quatro repetições.

Foi empregado o pó de rocha basáltica proveniente da mineração Grandes Lagos de Itapura (SP), cuja composição química incluía 50,88% de SiO₃, 13,04% de Al₂O₃, 5,87% de MgO, 9,91% de CaO, 0,98% de K₂O e 0,25% de P₂O₅.

O plantio foi realizado com distribuidora de rebolos com 24 gemas por metro. A adubação no sulco de plantio consistiu em 600 kg/ha da fórmula 06-30-21. Posteriormente, ocorreu a cobertura dos rebolos, acompanhada da aplicação de 4 litros por hectare de carbosulfano, 250 g por hectare de fipronil e 250 g por hectare de azoxistrobina + ciproconazol.

Cada experimento possui 5 tratamentos e 4 blocos. As parcelas experimentais são constituídas de 6 linhas de 10 metros e espaçadas na entre linhas de 1,5 metros.

3.3 Variedade

A variedade usada foi a CTC 4 e foi escolhida para a condução do projeto devido ao seu destacado desempenho na colheita mecanizada, resistência à compactação do solo por maquinário e sua adequação a ambientes com limitações. As características distintivas incluem um crescimento vigoroso, hábito final de crescimento sem inclinação, colmos de comprimento médio a longo, com diâmetro variando de médio a fino, além de uma produtividade muito elevada e um ciclo de maturação de duração média (CTC 4, 2023).

3.4 Avaliações

A contagem de todos os perfilhos das parcelas foi realizada em três datas: 10/11/2022, 24/01/2023, 22/03/2023 e a avaliação do diâmetro do colmo, comprimento do colmo, número de colmos final e produtividade de colmos (TCH) em 27/04/2023.

As avaliações biométricas da cana-de-açúcar foram realizadas no dia da colheita e para as medições aproveitaram - se as canas colhidas para a amostragem dos pesos. Os dados dessas medições estão compilados na razão de 10 colmos sendo a aferição do diâmetro utilizado um paquímetro digital e o comprimento com a utilização de uma trena, medindo se a cana colhida rente ao solo até a inserção da primeira folha, antes da parte foliar ou vegetativa. Também realizou - se a contagem do número final de colmos.

A biometria na variável massa de colmos, para se estimar a produtividade de colmos, expressos em tonelada de colmos por hectare (TCH) foram executadas cortando - se 45 colmos nas três linhas centrais e a coleta de três pontos nos interiores da parcela e 15 colmos consecutivos, colhidos em diagonal por ponto conforme o método apontado por Gheller et al. (1999).

As análises tecnológicas dos colmos foram realizadas no laboratório de pagamento da cana pelo teor de sacarose (PCTS) da Usina Alcoolvale S/A, em 10 colmos retirados da amostra de 45 colmos utilizados do cálculo de produtividade. Determinou - se: Brix% caldo, Pol% caldo, Pureza (%), AR% caldo (açúcares redutores do caldo), PC (Pol% cana), AR% cana (açúcares redutores da cana), fibra% cana e cálculo da quantidade de ATR por hectare (açúcar total recuperável - ATR em kg de açúcar t⁻¹ de cana), conforme métodos definidos pelo CONSECANA (2003).

3.5 Análise Estatísticas

As análises estatísticas das médias das variáveis foram conduzidas com rigor. A utilização do teste F para análise de variância, seguido pela comparação das médias através da regressão, além disso, as médias das doses foram submetidas à análise de regressão, realizada com o auxílio do Software SISVAR - Sistema de Análise de Variância (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Experimentos sem e com pó á lanço e doses no sulco

As doses de pó de rocha para 0 t e 5 t ha⁻¹ não diferiram em relação ao número de perfilho. (Tabela 1 e 2).

Com o tempo percebe - se a diminuição gradual dos brotos devido a um maior desenvolvimento dos perfilhos primários pois estes sombreiam ocorrendo a competição por água, nutrientes e, principalmente por luz.

A tabela 1 encontram-se as médias do número de perfilho por metro (NP) ao longo das três avaliações biométricas com 199, 274 e 331 dias após a colheita de cana de açúcar (CTC 4) em função de doses de pó de rocha no sulco na faixa testemunha, sem aplicação à lanço.

Tabela 1- Valores médios do número de perfilho por metro (NP) em três épocas da variedade CTC 4 cultivada em função de doses de pó de rocha no sulco. Aparecida do Taboado, MS,2023.

| Pó de Rocha | NP | NP | NP |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| t ha ⁻¹ | 199 dias | 274 dias | 331 dias |
| 0,0 | 20,4 ^{ns} | 15,2 ^{ns} | 13,9 ^{ns} |
| 0,5 | 16,5 | 15,2 | 14,3 |
| 1,0 | 20,1 | 15,0 | 13,9 |
| 1,5 | 20,8 | 15,8 | 13,2 |
| 2,0 | 21,0 | 15,1 | 13,4 |
| C.V. (%) | 24,32 | 5,30 | 5,38 |

^{ns}: não significativo a 5% pelo teste F.

Fonte: Dados do autor.

A tabela 2 encontram-se as médias do número de perfilho por metro (NP) ao longo das três avaliações biométricas com 199, 274 e 331 dias após a colheita de cana de açúcar (CTC 4) em função de doses de pó de rocha no sulco na faixa testemunha, com aplicação de 5 toneladas à lanço.

Tabela 2 –Valores médios do número de perfilho por metro (NP) em três épocas da variedade CTC 4 submetida a aplicação de 5 toneladas de pó de rocha á lanço em função de doses de pó de rocha no sulco. Aparecida do Taboado, MS,2023.

| Pó de Rocha | NP | NP | NP |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| t ha ⁻¹ | 199 dias | 274 dias | 331 dias |
| 0,0 | 21,3 ^{ns} | 17,3 ^{ns} | 15,6 ^{ns} |
| 0,5 | 20,6 | 17,5 | 15,6 |
| 1,0 | 21,1 | 17,2 | 15,8 |
| 1,5 | 22,7 | 17,9 | 14,7 |
| 2,0 | 21,8 | 18,0 | 16,1 |
| C.V. (%) | 4,92 | 5,11 | 5,16 |

^{ns}: não significativo a 5% pelo teste F.

Fonte: Dados do autor

As diferentes doses de pó de rocha no sulco realizada para as variáveis diâmetro (DC), comprimento (CC), massa de um colmo (MC) não houve diferença significativa pelo teste F a 5%. Para a variável número de colmos por metro (NC) de acordo com a nota (1) apresentou significância e observou - se maiores médias para a quantidade de 0,5 T ha⁻¹ de pó de rocha, acarretando em uma quantidade de 17,5 colmos por metro.

É bem provável que o pó de rocha tenha atuado na melhoria da fertilidade do solo, contribuindo na maior disponibilidade de nutrientes a cana-de-açúcar, além de favorecer um maior condicionamento ao solo, influenciando diretamente no perfilhamento e posteriormente no aumento de colmos. Contrariando os resultados desta pesquisa, Corrêa (2022) não verificou influência do pó de rocha neste parâmetro biométrico.

A tabela 3 estão os dados sobre o diâmetro do colmo (DC) em milímetros (mm.), comprimento (CC) em metros (m.), massa de um colmo (MC) em quilograma (kg.) e número de colmos por metro (NC) de cana de açúcar (CTC 4) em função de doses de pó de rocha no sulco.

Tabela 3 – Médias dos valores biométricos em função das doses no sulco de plantio sem aplicação à lanço de pó de rocha para diâmetro do colmo (DC), comprimento (CC), massa de um colmo (MC) e número de colmo (NC). Aparecida do Taboado, MS,2023.

| Pó de Rocha | DC | CC | MC | NC⁽¹⁾ |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| t ha ⁻¹ | mm. | m. | kg. | un. |
| 0,0 | 22,1 ^{ns} | 1,66 ^{ns} | 0,66 ^{ns} | 15,9* |
| 0,5 | 21,6 | 1,72 | 0,66 | 17,5 |
| 1,0 | 22,4 | 1,68 | 0,70 | 16,7 |
| 1,5 | 22,1 | 1,61 | 0,58 | 17,1 |
| 2,0 | 22,0 | 1,68 | 0,61 | 15,4 |
| C.V. (%) | 8,26 | 7,68 | 7,93 | 8,10 |

* e ^{ns}: significativo e não significativo a 5% pelo teste F.

⁽¹⁾ $Y = 16,029 + 2,8057X^* - 1,5428X^2$ ($R^2 = 0,77$ e $PM = 0,91$ t ha⁻¹ de Pó de Rocha)

Fonte: Dados do autor.

As variáveis diâmetro (DC) e número de colmo por metro (NC) não houveram diferenças significativas já para as variáveis comprimento (CC) e massa de um colmo (MC) apresentaram diferença significativa tendo maiores médias quando aplicado 1 t ha⁻¹ de pó de rocha no sulco de plantio.

O silício (Si) é o elemento presente em maior quantidade no pó de rocha utilizado neste experimento. A cana-de-açúcar é uma planta acumuladora de silício, embora não seja considerado um nutriente, pode trazer inúmeras vantagens ao crescimento e desenvolvimento das plantas devido à melhoria da sua capacidade fotossintética e maior estabilidade do colmo, evitando o acamamento (CAMARGO et al., 2010), influenciando diretamente no comprimento e na massa do colmo.

A tabela 4 a seguir apresenta dados sobre Diâmetro (DC) em milímetros (mm.), comprimento (CC) em metros (m.), massa de um colmo (MC) em quilograma (kg.) e número de colmos por metro (NC) de cana de açúcar (CTC 4) em função de doses de pó de rocha no sulco

Tabela 4 - Médias dos valores biométricos em função das doses no sulco de plantio com aplicação à lanço de 5 toneladas de pó de rocha para diâmetro do colmo (DC), comprimento (CC), massa de um colmo (MC) e número de colmo (NC). Aparecida do Taboado, MS,2023.

| Pó de Rocha | DC | CC⁽¹⁾ | MC⁽²⁾ | NC |
|--------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| t ha ⁻¹ | mm. | m. | kg. | un. |
| 0,0 | 22,6 ^{ns} | 1,88 ^{**} | 0,80 ^{**} | 17,9 ^{ns} |
| 0,5 | 22,7 | 2,08 | 0,87 | 18,6 |
| 1,0 | 22,7 | 2,12 | 0,89 | 16,9 |
| 1,5 | 22,4 | 1,96 | 0,82 | 18,4 |
| 2,0 | 21,7 | 1,90 | 0,75 | 18,4 |
| C.V. (%) | 6,97 | 5,35 | 7,24 | 7,28 |

** e ^{ns}: significativo e não significativo a 1% pelo teste F.

(1) $Y = 1,9011 + 0,3954X^{**} - 0,2057^{**}X^2$ ($R^2 = 0,82$ e $PM = 0,96$ t ha⁻¹ de Pó de Rocha)

(2) $Y = 0,8031 + 0,1814X^{**} - 0,1057^{**}X^2$ ($R^2 = 0,96$ e $PM = 0,86$ t ha⁻¹ de Pó de Rocha)

Fonte: dados do autor.

A análise tecnológica da cana-de-açúcar fornece na tabela 5 dados sobre teores de Fibra, Pol de cana (PC) e açúcares totais recuperáveis da cana (ATR) e apresentaram diferenças não significativas entre os tratamentos do sulco de plantio. Já para a estimativa da produção em tonelada de cana por hectare (TCH) para os tratamentos com 0,5 e 1 tonelada de pó apresentou-se diferenças significativas para o teste F a 5%.

Tabela 5 – Médias da análise tecnológica de Fibra, Pol de cana (PC), Açúcares totais recuperáveis da cana (ATR) e Tonelada de cana por hectare (TCH) submetida a diversas doses de pó de rocha no sulco de plantio. Aparecida do Taboado, MS,2023.

| Pó de Rocha | Fibra | PC | ATR | TCH ⁽¹⁾ |
|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|
| t ha ⁻¹ | % | % | kg açúcar cana | t ⁻¹ t |
| 0,0 | 12,8 ^{ns} | 10,7 ^{ns} | 108,6 ^{ns} | 70,5* |
| 0,5 | 12,4 | 11,4 | 114,9 | 76,9 |
| 1,0 | 12,7 | 9,6 | 98,8 | 78,4 |
| 1,5 | 12,5 | 10,0 | 102,6 | 66,4 |
| 2,0 | 12,2 | 9,7 | 99,0 | 63,0 |
| C.V. (%) | 2,58 | 4,61 | 4,15 | 11,63 |

* e ^{ns}: significativo e não significativo a 5% pelo teste F.

⁽¹⁾ $Y = 71,411 + 13,814X - 9,4571X^2$ ($R^2 = 0,82$ e $PM = 0,73$ t ha⁻¹ de Pó de Rocha)

Fonte: Dados do autor.

A análise tecnológica da cana de açúcar fornece na tabela 6 para tratamento com 5 toneladas de pó de rocha à lanço, não surtiram diferenças significativas no sulco de plantio a 5% do teste F.

Tabela 6 – Médias da fibra, Pol de cana (PC), Açúcares totais recuperáveis da cana (ATR) e Tonelada de cana por hectare (TCH) submetida a diversas doses de pó de rocha no sulco de plantio associada a 5 toneladas de pó de rocha á lanço. Aparecida do Taboado, MS,2023.

| Pó de Rocha | Fibra | PC | ATR | TCH |
|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------|
| t ha ⁻¹ | % | % | kg açúcar t ⁻¹ cana | t |
| 0,0 | 12,9 ^{ns} | 9,6 ^{ns} | 98,1 ^{ns} | 95,8 ^{ns} |
| 0,5 | 12,1 | 8,7 | 90,4 | 108,6 |
| 1,0 | 12,3 | 10,3 | 105,4 | 100,6 |
| 1,5 | 12,7 | 9,6 | 98,7 | 100,3 |
| 2,0 | 12,5 | 9,3 | 95,7 | 91,5 |
| C.V. (%) | 2,44 | 11,31 | 9,95 | 11,01 |

^{ns}: não significativo a 5% pelo teste F.

Fontes: Dados do autor.

É possível, apesar de não ocorrerem diferenças no sulco percebe-se uma produtividade (TCH) expressiva quando comparado os tratamentos de 0 e 5 toneladas de pó de rocha a lanço. Observa -se uma diferença de 32 T, ou seja, 41 % a mais quando comparado o melhor TCH de ambos os experimentos.

A necessidade máxima de pó de rocha no sulco de plantio se percebe entre 0,5 a 1 T e sua diminuição gradual da produção ao aumento das doses pó.

CONCLUSÕES

Maiores médias foram com os tratamentos com pó a lanço em especial para açúcares totais recuperáveis (ATR), toneladas de cana para hectare (TCH) e número de colmos (NC). Doses no sulco entre 0,5 a 1,5 T obtiveram resultados significativos para comprimento de colmo (CC), massa de colmo (MC) e número de colmo (NC) em seus tratamentos.

O pó de rocha influenciou positivamente na produtividade de colmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, K. Análise do balanço entre demanda por etanol e oferta de cana-de-açúcar no Brasil. 2012. 49 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

ALMEIDA JÚNIOR, J. J. et al. **Utilização de adubação organomineral na cultura da soja**. II Colóquio Estadual e Pesquisa Multidisciplinar, 2016.

BATISTA, N. T. F., Ragagnin, V. A. Görgen, C. A., de Souza Martins, É., Bizão, A. A. de Moraes, L. F., Hack, E. Marques, A.L., G., dos Santos Carvalho, R., & de Assis, L. B. (sem data). *USO DE PÓ DE ROCHA COMO CONDICIONADOR DE SOLOS E FERTILIZANTE EM CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR*. Remineralize.org. Obtido 5 de junho de 2024, de https://remineralize.org/wp-content/uploads/2015/10/CBR_14.pdf

BENEDUZZI, E. B. **Rochagem**: agregação das rochas como alternativa sustentável para a fertilização e adubação de solos. 2011. 89 f. Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS, 2011. Disponível em:<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/55696/000858721.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2023.

BIGARELLA JJ, Becker RD, Passos E (1996) Estrutura e origens das paisagens tropicais e subtropicais. v2. Editora UFSC, Florianópolis.

BRUGNERA, R. L. **Avaliação do uso de pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da rúcula**. Foz do Iguaçu: União Dinâmica de Faculdade Cataratas, Faculdade dinâmica das Cataratas, 2012, 54 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso.

CAMARGO, M. S., Korndörfer, G. H., Foltran, D. E. Henrique, C. M., & Rossetto, R. (2010). *ABSORÇÃO DE SILÍCIO, PRODUTIVIDADE E INCIDÊNCIA DE DIATRAEA SACCHARALIS EM CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR* (). Scielo.br. <https://www.scielo.br/j/brag/a/ppq8Nvfw97HmTRLLjNPr4zy/?format=pdf&lang=pt>

COLA, G. P. A.; Simão J. B. P. **Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró-RN, v.7, n. 4, p. 15-27, out-dez, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, v. 1, Safra 2014/15, n. 3 - Terceiro Levantamento, Brasília, dez. 2014.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CONSECANA). **Manual de Instruções**. 4. ed. Piracicaba: Opinião, 2003. 116 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar. V. 4 - SAFRA 2017/18 N. 2: segundo levantamento.** Brasília: CONAB, 2017. p. 1-72. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_24_08_59_54_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_17-18.pdf>. Acesso em: 04 Nov. 2023.

CORRÊA, V. M. B. Pó de rocha basalto aplicado à lanço e no sulco de plantio de cana-de-açúcar em ambiente restritivo de cerrado. 2022. Repositório Unesp.br. Acesso: 01 jun. 2024, em: <https://repositorio.unesp.br/items/abd5c5bf-5c7c-43f3-87fe-2a04fa9878f2>

CTC 4. Disponível em: <<https://ctc.com.br/produtos/produtos/ctc-4/>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

DELGADO, A. A.; Azevedo César, M. A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1977.

DEMATTÊ, J. A. **Levantamento semi-detalhado de solos relacionados aos grupos de manejo em ambientes de produção das terras da Alcoolvale.** Piracicaba: UNIALCOOL S/A, 2007. CD-ROM.

DETTMER, C. A.; Abreu, U. G. P.; Guilherme, D. O.; Neto, J. F.; Dettmer, T. L. **Agricultura e inovação: estudo sobre a viabilidade de uso do “pó de rocha” em sistemas de produção agrícola. III encontro internacional de gestão, desenvolvimento e inovação.** III EIGEDIN, 2019.

DO SUL S. A.-SANESUL, E. D. E. S. D. E. M. G. **GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL.** Disponível em: <<http://www.epe.segov.ms.gov.br/wp-content/uploads/2020/01/8.-Aparecida-do-Taboado.pdf>>. Acesso em: 16 oct. 2023.

FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0.** In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GARCIA JÚNIOR, O. Isolation and characterization of Thiobacillus thiooxidans and Thiobacillus ferrooxidans from mineral mines. Rev. Bras. Microbiol. 20, p. 1-6. 1991.

GASCHO, G. J.; Shin, S. F. **Sugar cane.** In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. (ed.). **Crop-water relations.** New York: Wiley-Interscience, 1983. p. 445-479. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-deacucar/arvore/CONTAG01_68_22122006154840.html>. Acesso em: 04 Nov. 2023.

GAVA, G. J. C. et al. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 250–255, 2011.

GHELLER, A. C. A.; Menezes, L. L.; Matsuoka, S.; Masuda, Y.; Hoffman, H. P.; Arizono, H.; Garcia, A. A. F. **Manual de método alternativo para medição da produção de cana-de-açúcar. Araras: UFSCar – CCA - DBV, 1999. 7p**

HARLEY, A.; Gilkes, R. J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Dordrecht, v. 56, n. 1, p. 11-36, Mar. 2000.

HORRI, J. **A cana-de-açúcar como matéria-prima**. Piracicaba: Departamento de Alimentos, Nutrição e Agroindústria, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.

Hunt CB (1972) *Geology of soils: their evolution, classification, and uses*. W.H. Freeman and Company, San Francisco.

KAMPF, N. Curi, N. Marques, J. J. Química e mineralogia do solo, part I: Cap. V - Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. Viçosa: *Rev. Brasileira de Ciências do Solo*. p. 333-379. 2009.

LOUREIRO, F. E. L.(Ed.); Melamed., R. G.(Ed.); Figueredo Neto, J.(Ed.). **Fertilizantes agroindústria e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. 645p.

MARTINAZZO, R. et al. **Pó de rocha, agro minerais e remineralizadores**. Alternativas para Diversificação da Agricultura Familiar de Base Ecológica, 2022.

MATTOS, A. R. **Açúcar e álcool no Brasil**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1942.

MIRANDA, J. R. **História da cana-de-açúcar**. Campinas: Komedi, 2008. 167 p.

OSTERROHT, M.V. Rochagem Para Quê? *Revista Agroecologia Hoje*, Botucatu, n .20, p.12-15. Ago/Set 2003.

NUTRIÇÃO DE SAFRA. **Nutrição mineral**: cana-planta e cana-soca. Redação Mosaic, 2019. Disponível em: <<https://nutricaodesafras.com.br/nutricao-mineral-cana-planta-e-cana-soca>>. Acesso em: 03 Nov. 2023.

PEROZINI, A. C. et al. **Avaliação das características agrônômicas da cana-de-açúcar tratada com doses crescentes do condicionador pó de rocha de origem "basalto gabro"**. In: II Congresso nacional de pesquisa multidisciplinar, 2019.

RIPOLI, M. L. C.; Ripoli, T. C. C. Plantadoras nos canaviais. **Cultivar Máquinas**, v.6, n. 55, p. 16-19, 2006.

ROCKSTRÖM, J.; et al. Linkages among water vapor flows, food production, and terrestrial ecosystem services. *Conservation Ecology* , v. 3, n. 2, p. 5. 1999. Disponível em: Acesso em: setembro 2014.

RODRIGUES, J.D. *Fisiologia da cana-de-açúcar* Botucatu: Unesp, 1995. 99p.

SEGATO, S. V.; Pinto, A. S.; Jendiroba, E.; Nobrega, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2006. 415 p.

SILVA, F. C. et al. **Avaliação da produtividade agrícola da cana-planta e cana-soca sob diferentes espaçamentos entre plantas para produção de açúcar e etanol**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2015.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. - Portal Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/338818/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>>. Acesso em: 16 out. 2023.

SOBRINHO, O. P. L. A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e o manejo da irrigação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR), v. 12, n. 4, 2019.

Sodré, Fernando Fabríz. "Química de Solos: Uma introdução." *Artigos Temáticos do AQQUA 1* (2012): 17-29.

SOUZA, F. N. S. et al. **Uso da rochagem como fonte alternativa de nutrientes na produção de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) para a indústria de etanol**. XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Anais...2013. Florianópolis, SC. Disponível em: <<https://eventosolos.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/2650.pdf>>. Acesso em: 04 Nov. 2023.

TEJERA, N. A. et al. Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars. **Field Crops Research**, v. 102, p. 64-72, 2007.

THEODORO, V.C.A.; Alvarenga, M.I.N.; Guimarães, R.J.; Mourão Júnior, M. 2003. Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solo sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros. *Acta Scientiarum: Agronomy*, Maringá, 25(1): 147-153.

THEODORO, S. H.; Leonardo, O.; Rocha, E. L.; Reg, K. G. Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes. **Rev. Espaço & Geografia**, V.9, n. 2, p. 263-292. 2006.

THEODORO, S.H & Leonardos, O.H. **Sustainable farming with native rocks: the transsition without revolution**. **Academia Brasileira de Ciências**. Anais. Rio de Janeiro- 2006. V. 78, n.4, p. 721-730.

VON FRAGSTEIN, P.; Pertl, W.; Vogtmann, H. 1988. Verwitterungsverhalten silikatischer Gesteinsmehle unter Laborbedingungen. *Zeitschrift für Pflanzenern.hrung und Bodenkunde*, 151:141-146.

YATES, R. A.; Taylor, R. D. Water uses efficiencies in relation to sugarcane yields. *Sugarcane*, v. 1, p. 6-10, 1988.

