



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

PAULO AUGUSTO CAMPOS BASSOLI

**PRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-
AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO DE FUNGO
MICORRÍZICO E *AZOSPIRILLUM* NO PLANTIO E NA
SOQUEIRA**

Londrina – PR
2023

PAULO AUGUSTO CAMPOS BASSOLI

**PRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-
AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO DE FUNGO
MICORRÍZICO E *AZOSPIRILLUM* NO PLANTIO E NA
SOQUEIRA**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Nogueira

Londrina – PR
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Bassoli, Paulo Augusto Campos.

Produção e desenvolvimento da cana-de-açúcar em função da inoculação de fungo micorrízico e Azospirillum no plantio e na soqueira / Paulo Augusto Campos Bassoli. - Londrina, 2023.
101 f. : il.

Orientador: Marco Antonio Nogueira.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2023.
Inclui bibliografia.

1. Inoculação - Tese. 2. Nutrição de Plantas - Tese. 3. Bioenergia - Tese. 4. Bioinsumos - Tese. I. Nogueira, Marco Antonio. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 63

PAULO AUGUSTO CAMPOS BASSOLI

**PRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-
AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO DE FUNGO
MICORRIZICO E *AZOSPIRILLUM* NO PLANTIO E NA
SOQUEIRA**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Banca Examinadora

Dr. Rondinelli Barbeiro
Universidade Federal Fluminense

Dr. Luiz Henrique Campos de Almeida
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. Murilo de Campos
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. Alex Figueiredo
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. Marco Antonio Nogueira
Embrapa Soja

Londrina, 28 de fevereiro de 2023.

AGRADECIMENTOS

Sobretudo a Deus, pela dádiva da vida.

‘Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina e a todos os professores e colegas de pós-graduação que contribuíram não somente com minha formação profissional, mas que também me prestigiaram com sua amizade, permitindo compartilhar ideias, sempre com muito respeito e isonomia.

Ao orientador Professor Dr. Marco Antonio Nogueira, não somente pelas orientações e suporte a pesquisa, mas muito mais pela paciência e temperança, um exemplo profissional de dedicação e amor ao trabalho.

À minha família, meus pais Dércio Ocilo Bassoli e Célia de Oliveira Campos Bassoli, meus irmãos Paulo Rodrigo Campos Bassoli (*in memoriam*) e Paulo Eduardo Campos Bassoli e, a minha esposa Tatiana da Silva Manera, pelo apoio e compreensão em todos os momentos de minha vida.

Aos técnicos do Laboratório de Solos Márcio Praxedes e João Machado, pelo suporte a nossa pesquisa, e ao Professor Dr. Osmar Rodrigues Brito que nos auxiliou nesta parceria entre os laboratórios de solos e fitotecnia.

À usina Tereos Açúcar Álcool e Energia Brasil S/A, que permitiu que pudesse realizar o experimento em seus canaviais. Em especial aos rurícolas que estiveram comigo nesta jornada, me auxiliando dentre as responsabilidades em especial Nivaldo, Lalo, Baiano, Aparecido, Bozinho, Airton, Joaquim, Pedro, Zé Branco.

A todos e muitos que não puderam conter nestes pequenos parágrafos, mas que foram de igual e vital importância na minha vida e que fazem parte do que sou e penso hoje.

OBRIGADO

BASSOLI, Paulo Augusto Campos Bassoli. **Produção e desenvolvimento da cana-de-açúcar em função da inoculação de fungo micorrízico e *Azospirillum* no plantio e na soqueira**. 2023. 101 folhas. Artigo como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Pós-graduação em Agronomia) – Departamento de Agronomia – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Estadual de Londrina, Londrina 2023.

RESUMO

A associação entre bactérias diazotróficas e fungo micorrízico em cana-de-açúcar pode aumentar a produtividade e a eficiência de uso de fertilizantes, além de auxiliar no desenvolvimento vegetativo em períodos de estiagens. O objetivo foi avaliar a inoculação de *Azospirillum brasilense* (Ab-V5 + Ab-V6) e Fungo Micorrízico Arbuscular (FMA) (*Rhizophagus intraradices*) isoladamente ou associados, inoculados no sulco de plantio mecanizado de toletes de cana-de-açúcar, em dois locais, como as variedades CTC 9001 e CTC 9002. Após o primeiro corte, os mesmos tratamentos foram reaplicados no corte de soqueira. A inoculação também foi avaliada em dois canaviais já instalados, durante o corte de soqueira, com as variedades RB975242 e RB867515, no segundo e quarto corte, respectivamente. Os controles (C) foram mantidos sem inoculação, totalizando 4 tratamentos, em cinco repetições. Os experimentos foram conduzidos de maio de 2019 a maio de 2021 no município de Tanabi/SP, cuja classificação climática é CWa (tropical com estação seca). Foram avaliados altura de planta, massa verde, número de perfilho, análise química das folhas, Brix (°), POL do caldo (%), pureza (%), fibra da cana (%), produtividade de colmos por hectare (TCH), açúcar total recuperável (ATR), toneladas de açúcar por hectare (TAH). O uso de inoculantes aumentou o rendimento da cana de açúcar, sobretudo quando foram inoculados no plantio e reinoculados no segundo ano, resultando em maiores valores de TCH, ATR e TAH no acumulado de duas safras.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L., bactérias diazotróficas, micorrizas, plantio mecanizado.

BASSOLI, Paulo Augusto Campos Bassoli. **Production and development and of sugarcane as a function of inoculation of mycorrhizal fungi and *Azospirillum* in planting and in the ratoon.** 2023. 101 pages. Article as a partial requirement to obtain the title of Doctor of Agronomy (Postgraduate in Agronomy) - Department of Agronomy - Center for Agricultural Sciences. Londrina State University, Londrina 2023.

Abstract

The association between diazotrophic bacteria and mycorrhizal fungus in sugarcane can increase the yield and the efficiency in the use of fertilizers, in addition to helping the plant development during dry periods. The objective was to evaluate the inoculation of *Azospirillum brasilense* (Ab-V5 + Ab-V6) and Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF) (*Rhizophagus intraradices*) alone or in combination, inoculated during the mechanized planting furrow of sugarcane billets, in two local varieties, CTC 9001 and CTC 9002. After the first cut, the same treatments were reapplied to the ratoon cutting. Inoculation was also evaluated in two sugarcane fields already installed, during the ratoon cutting, with the varieties RB975242 and RB867515, in the second and fourth cutting, respectively. Controls (C) were maintained without inoculation, totaling 4 treatments, in five replications. The experiments were conducted from May 2019 to May 2021 in the municipality of Tanabi/SP, whose climate classification is CWa (tropical with dry season). Plant height, green mass, number of tillers, chemical analysis of leaves, Brix (°), POL of juice (%), purity (%), sugarcane fiber (%), stalk productivity per hectare (TCH), total recoverable sugar (ATR), tons of sugar per hectare (TAH) were evaluated. The use of inoculants increased sugarcane yield, especially when they were inoculated at planting and re-inoculated in the second year, resulting in higher values of TCH, ATR and TAH in the accumulation of two harvests.

Key words: *Saccharum officinarum* L., diazotrophic bacteria, mycorrhiza, mechanized planting.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Precipitação média anual dos anos de 2019, 2020, 2021 em relação a média de 2012 a 2022 contemplando os experimentos A, na cidade de Tanabi – SP.....44
- Figura 2** – Precipitação média anual dos anos de 2019, 2020, 2021 em relação a média de 2012 a 2022 contemplando os experimentos B, na cidade de Tanabi – SP.....44
- Figura 3** – Croqui dos experimentos A e B em blocos casualizado durante as safras 2019/20 e 2020/21, Tanabi – SP.....46
- Figura 4** – Croqui dos experimentos C e D em blocos casualizado durante a safra 2020/21, Tanabi – SP.....46
- Figura 5** – Plantadeira DMB, modelo PCP 6000 utilizado na inoculação durante o plantio dos experimentos A e B em 2019, Tanabi – SP.....47
- Figura 6** – Cortador de soqueira marca DMB utilizado na inoculação durante o plantio dos experimentos C e D em 2020, Tanabi – SP.....49
- Figura 7** – Operação de quebra-lombo com adição de 60 kg ha⁻¹ de KCl, na safra 2019/20, Tanabi-SP.....50
- Figura 8** – Peso de 10 canas representativas das parcelas através do uso de tripé com balança de precisão de 40 kg, Tanabi – SP52
- Figura 9** - Avaliação da altura de 5 plantas representativas das parcelas através do uso de uma trena graduada, Tanabi – SP.53
- Figura 10** - Colheita das parcelas e pesadas com o uso de carregadeira conectada a uma célula de carga, Tanabi – SP.....54
- Figura 11** – Produtividade acumulada para ATR, TCH e TAH para as safras 2019/20 e 2020/21 para os experimentos A, B, C e D, Tanabi – SP92

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Matéria orgânica do solo, pH, capacidade de troca catiônica (CTC CaCl_2), saturação por base (V%) e soma de bases (SB), saturação por Alumínio (m), K (CTC), Ca (CTC), Mg (CTC) Teores de P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, B, Cu, Mn, Fe e Zn do solo antes do plantio para caracterização da área, Tanabi – 201943
- Tabela 2** – Matéria orgânica do solo, pH, capacidade de troca catiônica (CTC CaCl_2), saturação por base (V%) e soma de bases (SB), saturação por Alumínio (m), K (CTC), Ca (CTC), Mg (CTC) Teores de P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, B, Cu, Mn, Fe e Zn do solo antes do plantio para caracterização da área dos experimentos C e D, Tanabi – 2020..... 43
- Tabela 3** – Resultado da diagnose foliar realizada no experimento A, variedade CTC 9001, 4 e 11 meses após o plantio em Tanabi – SP 2020..... 56
- Tabela 4** – Resultado da diagnose foliar realizada no experimento B, variedade CTC 9002, 4 e 11 meses após o plantio em Tanabi – SP 2020..... 57
- Tabela 5** – Resultado da diagnose foliar realizada no experimento A, variedade CTC 9001, 8 e 11 meses após primeiro corte, Tanabi – SP 2021.....58
- Tabela 6** – Resultado da diagnose foliar realizada no experimento B, variedade CTC 9002, 8 e 11 meses após o primeiro corte, Tanabi – SP 2021.....59
- Tabela 7** – Resultado da diagnose foliar realizada no experimento C, variedade RB867515, 8 e 11 meses após o terceiro corte, Tanabi – SP 2021.....61
- Tabela 8** – Resultado da diagnose foliar realizada no experimento D, variedade RB867515, 8 e 11 meses após o terceiro corte, Tanabi – SP 2021.....62
- Tabela 9** - Média da altura e número de perfilho por metro linear no experimento A, variedade CTC 9001, 4 e 11 meses após o plantio safra 2019/20 e média da altura e número de perfilho por metro linear no experimento A, 8 e 11 meses após o primeiro corte, safra 2020/21 , Tanabi – SP.....64
- Tabela 10** - Média da altura e número de perfilho por metro linear no experimento B, variedade CTC 9002, 4 e 11 meses após o plantio safra 2019/20 e média da altura e número de perfilho por metro linear no experimento B, 8 e 11 meses após o primeiro corte, safra 2020/21 , Tanabi – SP.....65
- Tabela 11** – Média da altura e número de perfilho por metro linear no experimento C, variedade RB975242, 8 e 11 meses após o primeiro corte, safra 2020/21 , Tanabi – SP.....68
- Tabela 12** – Média da altura e número de perfilho por metro linear no experimento D, variedade RB867515, 8 e 11 meses após o primeiro terceiro, safra

2020/21 , Tanabi – SP.....	69
Tabela 13 - Valores da análise da qualidade de matéria prima para Brix, POL do Caldo, Pol da cana, Pureza, Fibra da Cana, Umidade, Açúcar Recuperável (AR), Açúcar Total Recuperável (ATR, kg ton ⁻¹) do experimento A, cana-planta, variedade CTC 9001, na colheita do experimento, realizado em Tanabi – SP 2020.....	71
Tabela 14 - Valores da análise da qualidade de matéria prima para Brix, POL do Caldo, Pol da cana, Pureza, Fibra da Cana, Umidade, Açúcar Recuperável (AR), Açúcar Total Recuperável (ATR, kg ton ⁻¹) do experimento A, cana-soca, variedade CTC 9001, na colheita do experimento, realizado em Tanabi – SP 2021.....	72
Tabela 15 - Valores da análise da qualidade de matéria prima para Brix, POL do Caldo, Pol da cana, Pureza, Fibra da Cana, Umidade, Açúcar Recuperável (AR), Açúcar Total Recuperável (ATR, kg ton ⁻¹) do experimento B, cana-planta, variedade CTC 9002, na colheita do experimento, realizado em Tanabi – SP 2020.....	74
Tabela 16 - Valores da análise da qualidade de matéria prima para Brix, POL do Caldo, Pol da cana, Pureza, Fibra da Cana, Umidade, Açúcar Recuperável (AR), Açúcar Total Recuperável (ATR, kg ton ⁻¹) do experimento B, cana-soca, variedade CTC 9002, na colheita do experimento, realizado em Tanabi – SP 2021.....	75
Tabela 17 - Valores da análise da qualidade de matéria prima para Brix, POL do Caldo, Pol da cana, Pureza, Fibra da Cana, Umidade, Açúcar Recuperável (AR), Açúcar Total Recuperável (ATR, kg ton ⁻¹) do experimento C, cana-soca, variedade RB975242, na colheita do experimento, realizado em Tanabi – SP 2021.....	78
Tabela 18 - Valores da análise da qualidade de matéria prima para Brix, POL do Caldo, Pol da cana, Pureza, Fibra da Cana, Umidade, Açúcar Recuperável (AR), Açúcar Total Recuperável (ATR, kg ton ⁻¹) do experimento D, cana-soca, variedade RB975242, na colheita do experimento, realizado em Tanabi – SP 2021.....	79
Tabela 19 – Peso de massa verde de dez canas após 4 e 11 meses o plantio, produtividade final em tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) do experimento A, variedade CTC 9001, Tanabi – SP, 2020.....	85
Tabela 20 – Peso de massa verde de dez canas após 8 e 11 meses o plantio, produtividade final em tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) do experimento A, variedade CTC 9001, Tanabi – SP, 2021.....	86
Tabela 21 – Peso de massa verde de dez canas após 4 e 11 meses o plantio, produtividade final em tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de	

açúcar por hectare (TAH) do experimento B, variedade CTC 9002, Tanabi
– SP, 2020.....87

Tabela 22 – Peso de massa verde de dez canas após 8 e 11 meses a colheita, produtividade final em tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) do experimento 1, variedade CTC 9002, Tanabi – SP, 2019.....88

Tabela 23 – Peso de massa verde de dez canas após 8 e 11 meses a colheita, produtividade final em tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) do experimento 1, variedade RB877515, Tanabi – SP, 2019.....89

Tabela 24 – Peso de massa verde de dez canas após 8 e 11 meses a colheita, produtividade final em tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) do experimento 1, variedade RB877515, Tanabi – SP, 2021.....90

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 CANA-DE-AÇÚCAR	15
3.2 NUTRIÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR	17
3.3 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	19
3.4 <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i>	20
3.5 FÓSFORO	21
3.6 FUNGO MICORRIZICO ARBUSCULARES	23
3.7 CANA-DE-AÇÚCAR E FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES	24
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
5. ARTIGO. PRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO DE FUNGO MICORRÍZICO E <i>AZOSPIRILLUM</i> NO PLANTIO E NA SOQUEIRA.....	36
5.1 RESUMO	36
5.2 ABSTRACT	36
5.3 INTRODUÇÃO	37
5.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	40
5.4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	40
5.4.2 LOCALIZAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E HISTÓRICO DE MANEJO	40
5.4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	45
5.4.4 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO A E B (CANA -PLANTA E CANA-SOCA).....	47

5.4.4.1 CANA-PLANTA	47
5.4.4.2 CANA SOCA	51
5.4.5 AVALIAÇÕES NA PLANTA (CANA-PLANTA E CANA-SOCA)	51
5.4.5.1 ANÁLISES NUTRICIONAS DAS FOLHAS	51
5.4.5.2 MASSA VERDE	52
5.4.5.3 ANÁLISES BIOMÉTRICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR	53
5.4.5.4 INDICADORES DA QUALIDADE TECNOLÓGICA DA CANA-DE-AÇÚCAR	54
5.4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	55
5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.5.1 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA FOLHA	55
5.5.2 ALTURA E NÚMERO DE PERFILHOS	63
5.5.3 INDICADORES DE QUALIDADE DE MATÉRIA PRIMA	70
5.5.3.1 FIBRA	70
5.5.3.2 POL DO CALDO	73
5.5.3.3 PUREZA DO CALDO	73
5.5.3.4 POL DA CANA	76
5.5.3.5 AÇÚCAR TOTAL RECUPERÁVEL (ATR)	77
5.5.3.6 MASSA VERDE	80
5.5.4. RENDIMENTOS AGRONÔMICOS	81
5.5.4.1 PRODUTIVIDADE EM TONELADAS DE CANA POR HECTARE (TCH)	81
5.5.4.2 TONELADAS DE AÇÚCAR POR HECTARE (TAH)	83
5.5.5. ANÁLISE FINAL.....	91
5.6. CONCLUSÕES.....	93
5.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

1. INTRODUÇÃO GERAL

A demanda por novas fontes de energia, principalmente a renovável, cada vez vem ocupando um papel importante diante do cenário mundial, além do papel cíclico que as empresas e indústrias procuram praticar. Diante desse cenário, a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e as usinas produtoras de açúcar, álcool e energia, apresentam-se na vanguarda, no que se refere a essa evolução.

A justificativa para isso, é que além das usinas serem autossuficiente em produção e cogeração de energia, a matéria prima utilizada, cana-de-açúcar, desempenha papel fundamental para produção de energia limpa, sustentável e cíclica, já que além sequestrar uma quantidade significativa de gás carbônico, seu residual é reutilizado.

O bagaço, resultado da moagem da cana é a matéria prima utilizada na queima das caldeiras, que transformam o vapor em energia elétrica para a indústria. O excedente é vendido às empresas geradoras de energia elétrica e em muitos casos, é doado a instituições de caridade. A vinhaça, antes vilão dos residuais, hoje tem papel importante no que diz respeito a fonte de potássio (K), além de ser um veículo para aplicação de inseticidas, reduzindo assim o uso da água e da operação através de máquinas agrícolas que emitem gases poluentes devido a queima de combustível fóssil.

A palhada que fica sobre o solo, além de contribuir para atenuar o aumento da temperatura e manter umidade, desempenha papel importante para a comunidade microbiana do solo que atua na ciclagem de nutrientes que serão reutilizados pela cultura. Isso deixa explícito o papel que a cana-de-açúcar ocupa no cenário mundial, não só pela produção de energia limpa e sustentável, mas também por todo papel social na geração de emprego e renda.

O Brasil ocupa o primeiro lugar na produção de cana-de-açúcar no mundo e a demanda por altas produtividades para atender o mercado mundial faz com que investimentos em pesquisas e desenvolvimento ocupem um papel fundamental para o setor.

Nesse contexto, o uso de insumos biológicos passa a ocupar posição de protagonismo dentro da agricultura, não apenas para controle de pragas, mas também como potencializador na disponibilização de nutrientes imobilizados no solo, seja em

formas orgânicas ou minerais, tornando-os disponíveis para a planta.

Diante desta conjuntura, o uso de bactérias promotoras do crescimento de plantas desempenha papel importante em diversas culturas por todo o mundo, bem como o uso de fungos micorrízicos, que por meio de uma associação mutualística, favorecem o acesso da planta ao fósforo (P), nutriente de baixa mobilidade no solo. Esses agentes biológicos podem ser capazes de otimizar e até mesmo reduzir o uso de insumos comerciais, que além de onerosos, apresentam um caráter não renovável e limitado como no caso do P. Esses agentes biológicos, além de favorecer o uso dos nutrientes, ainda podem gerar outros benefícios como por exemplo, uma maior absorção de água pela planta devido ao aumento da eficiência das raízes.

Poucas pesquisas têm sido conduzidas sobre a eficiência de *Azospirillum* e principalmente em relação ao uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na cultura da cana-de-açúcar. Diante da demanda mundial por alimentos e energia, essa pesquisa avaliou o efeito da inoculação de FMA e *Azospirillum* no sulco de plantio da cana ou no corte de soqueira de canaviais já estabelecidos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da inoculação de inoculante à base de *Azospirillum brasilense* (A), estirpes Ab-V5 e Ab-V6, e fungo micorrízico arbuscular (F) *Rhizophagus intraradices* aplicados isoladamente ou combinados em coinoculação (F+A) durante o plantio da cana-de-açúcar, variedades CTC 9001 e CTC 9002, com avaliações no primeiro e no segundo corte. As inoculações também foram realizadas no corte de soqueira em canaviais já estabelecidos, com as variedades RB975242 e RB867515, no segundo e quarto corte respectivamente.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar efeitos da inoculação com *Azospirillum brasilense* (A), fungo micorrízico (F) e a coinoculação F+A no sulco de plantio e seu efeito ao longo de dois cortes em comparação ao padrão utilizado pela usina (controle) sobre:

- Estado nutricional da cana planta aos 4 e 11 meses após o plantio.
- Estado nutricional da na cana soca aos 7 e 11 meses após o primeiro corte.
- Estado nutricional da cana soca de segundo e quarto corte aos 7 e 11 meses após o primeiro e terceiro corte, respectivamente.
- Características produtivas e componentes biométricos.
- Qualidade tecnológica da matéria prima.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cana-de-açúcar

O Brasil ocupa o primeiro lugar em produtividade de cana-de-açúcar no mundo, gerando destaque no agronegócio brasileiro, por ser uma grande alternativa no setor de biocombustíveis por conta do potencial na produção de etanol e seus derivados. Além de açúcar e etanol, as unidades de produção exploram sua eficiência energética, utilizando a queima do bagaço para produção de energia elétrica,

reduzindo onerações e contribuindo para sustentabilidade das operações. Na safra 2022/23 a produção foi de a 610 milhões de toneladas de cana, que produziram 27,37 bilhões de litros de etanol e 37 milhões de toneladas de açúcar, além dos derivados de produtos como rações, leveduras e adoçantes de alimentos industrializados. A área cultivada com cana-de-açúcar naquela safra foi em torno de 8,3 milhões de hectares, com uma produtividade média de 72 t/ha (CONAB, 2023).

Responsável por 40% do mercado internacional, sendo o maior exportador mundial, o açúcar brasileiro tem tido sua demanda elevada devido ao crescimento populacional em todo o mundo. A quebra de safra de países concorrentes, como a China, e do aumento de consumo em países em desenvolvimento, representa um impulso a mais para o produto nas exportações, afetando o mercado nacional de etanol (ÚNICA, 2017).

Com relação à produção de etanol em escala mundial, o Brasil ocupa o segundo lugar, ficando atrás dos Estados Unidos, os quais utilizam o milho para sua produção. A características edafoclimáticas combinado com uma ampla experiência na originação de etanol deixam o Brasil em uma posição confortável quando comparado a outros países produtores. Além da produção de energia, açúcar e etanol, a cana-de-açúcar é comumente usada por pequenos produtores como alimentação animal e matéria prima para produção de cachaça e rapadura (MARIN e NASSIF, 2013).

Em busca de alternativas para o uso de fertilizantes agrícolas, a procura de possibilidades para substituir esses insumos tem se intensificado nos últimos anos, em especial os de características não renovável, como o fósforo, por ser um elemento essencial para produção vegetal (CORDELL e WHITE, 2011; OWEN et al., 2015;).

Nesse contexto, uma das alternativas é o uso de microrganismos como, por exemplo, Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs), os quais possuem uma relação de simbiose mutualística com as raízes de mais de 80% dos vegetais, muito desses de interesse agrônômico (BERBARA et al., 2006; VARMA, 2008). Esta simbiose pode aumentar a eficiência de absorção de nutrientes e água, resistência a estresses bióticos e abióticos e, conseqüentemente, uma maior eficiência das plantas (TANG et al., 2009).

Por outro lado, inoculantes à base de bactérias diazotróficas podem ser eficazes para aumentar a eficiência de uso de fertilizantes nitrogenados, o que ainda é um desafio (SCHULTZ et al., 2012), como já tem sido comprovado para a cultura do

milho (HUNGRIA et al., 2022).

De acordo com Urquiaga (2012) a função de converter o nitrogênio existente na atmosfera em uma forma assimilável pelas plantas via fixação biológica de nitrogênio (FBN) é realizada por algumas bactérias por meio de uma enzima universal no processo de fixação de nitrogênio chamada nitrogenase. Um experimento utilizando diluição do isótopo ^{15}N e balanço de nitrogênio foi conduzido para quantificar a contribuição do FBN em dez variedades de cana-de-açúcar, indicando que mais de 60% do N absorvido pelas plantas foi proveniente da FBN. O *Azospirillum* é uma das bactérias diazotróficas mais estudadas que promovem o crescimento vegetal e tem sido usada como inoculante em culturas como o milho, trigo (*Triticum aestivum*), arroz (*Oryza sativa*), soja (*Glycine max*) e braquiárias (*Urochloa* spp.), com resultados positivos no desenvolvimento e na produtividade dessas culturas.

O mercado brasileiro de fertilizantes é frágil e altamente dependente de importações. Portanto, é fundamental encontrar alternativas para o uso mais eficiente dos fertilizantes, pois, neste caso, determinados microrganismos (como as bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos) podem desempenhar um papel estratégico importante para garantir diminuir os custos e aumentar o rendimento da cultura.

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da inoculação de *Azospirillum brasiliensis* e de Fungo Micorrízico Arbuscular no plantio e na soqueira de cana-de-açúcar para avaliar a produtividade e qualidade da cana-de-açúcar.

3.2 Nutrição da cana-de-açúcar

As características do solo, variedade, método de cultivo, e a taxa de uso de fertilizantes e corretivos são fatores que influenciam na exportação de nutrientes. Segundo Maeda (2009), a ordem de extração dos macronutrientes pela cana-de-açúcar é $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$. Já para Oliveira et al. (2010), ao analisarem os teores de nutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar, constataram acúmulos médios de N, P_2O_5 , K_2O , Ca e Mg de 179, 25, 325, 226 e 87 kg ha^{-1} , respectivamente, proporcionando a seguinte ordem decrescente de extração: $\text{K} > \text{Ca} > \text{N} > \text{Mg} > \text{P}$. Por outro lado, Franco et al. (2007) encontraram valores semelhantes, dentre eles, o acúmulo de nutrientes na parte aérea da variedade SP81-3250 por ocasião da colheita foi a seguinte em ordem decrescente: $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{S} > \text{Mg} > \text{P}$. De acordo com Coleti et al. (2006) as variedades RB835486 e SP81-3250 apresentaram a seguinte ordem: $\text{K} >$

N> S> P> Mg> Ca. Embora possa haver variações, N e K são, geralmente, os nutrientes mais exportados.

Raij et al. (1996), observaram que os teores considerados adequados nas folhas de cana-de-açúcar são de: N (18-25 g kg⁻¹), P (1,5-3,0 g kg⁻¹), K (10-16 g kg⁻¹), Ca (2-8 g kg⁻¹), Mg (1-3 g kg⁻¹) e S (1,5-3,0 g kg⁻¹), enquanto Malavolta (1981) propôs os seguintes níveis críticos foliares para a cana-de-açúcar: N (16 g kg⁻¹), P (1,2 g kg⁻¹), K (12 g kg⁻¹), Ca (4 g kg⁻¹), Mg (2 g kg⁻¹) e S (2 g kg⁻¹).

A fertilização está diretamente relacionada à qualidade da cana-de-açúcar de diversas maneiras. O crescimento vegetativo está diretamente relacionado ao uso do nitrogênio, o que, por um lado, pode aumentar o peso, porém pode diminuir a concentração de açúcar nos colmos (KORNDORFER, 1994).

O nitrogênio está diretamente envolvido com os incrementos produtivos das lavouras, porém tem baixa disponibilidade, em especial nos solos subtropicais e tropicais. N é o nutriente mais abundante na biomassa e atua diretamente nas atividades moleculares dos ácidos nucleicos, polissacarídeos e proteínas. Porém apesar da abundância na atmosfera, se encontra na forma inerte (N₂) que a planta não consegue absorver, sendo necessária uma mudança para uma forma reativa (nitrítrica ou amoniacal) para que seja absorvido (FRANCO; DÖBEREINER, 1994). Esse processo pode se dar industrialmente, pelo processo Haber-Bosh, ou por meio de bactérias diazotróficas, que reduzem o N₂ à forma amoniacal, assimilável pelas plantas.

Pesquisas científicas utilizando diferentes variedades e tipos de solo apontaram que para a produção de uma tonelada de cana é necessário de 0,92 a 1,80 kg de N (ORLANDO FILHO et al., 1980; COLETI et al., 2006; TASSO JUNIOR, et al. 2007; FRANCO et al., 2008). Essa falta de linearidade pode ser justificada pela exigência de cada genótipo em N, resultando em uma variação da quantidade extraída e exportada de até 40% (OLIVEIRA et al., 2010). A quantidade de N exportada pode apresentar uma oscilação de 16% a 60% de todo o N é acumulado pela cana (COALE et al., 1993; WOOD et al., 1996; KORNDORFER et al., 1997; GAVA et al., 2001; RAKKIYAPPAN et al., 2007).

As respostas da cana-soca aos fertilizantes nitrogenados são mais evidentes, mas existe uma diferença significativa entre a dose de aplicação e o acúmulo pela cultura. A aplicação média de N no Brasil, é em torno de 45 kg ha⁻¹ em cana-planta e de 80 kg ha⁻¹ em cana-soca. Entretanto, o acúmulo de nitrogênio total nos colmos,

folhas secas e verdes podem atingir 260 kg ha⁻¹ em cana-planta (VITTI et al., 2011) e 120 kg ha⁻¹ na cana-soca (BAPTISTA et al., 2014). Essa discrepância evidencia a ocorrência de FBN na cultura.

A quantidade de nitrogênio acumulada muito superior à aplicada na cana-de-açúcar brasileira tem inspirado pesquisas sobre os benefícios da interação entre a cana-de-açúcar e bactérias diazotróficas e quantificar o fornecimento de parte do nitrogênio acumulado pelas plantas pela FBN (DOBEREINER, 1961). Presume-se que a contribuição da FBN para a nutrição nitrogenada da cana-de-açúcar brasileira chegue a pelo menos 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio (URQUIAGA et al., 2012).

3.3 Fixação biológica de nitrogênio na cultura da cana-de-açúcar

A fixação biológica de nitrogênio é a capacidade de converter o N₂ presente na atmosfera para a forma amoniacal, inicialmente amônia (NH₃) e na sequência amônio (NH₄⁺), assimilável pela planta. Quanto ao tipo de relação com o hospedeiro, existem vários tipos de FBN, desde a ausência de hospedeiro, denominada fixação em vida livre, passando pelas associativas, em que a bactéria se associa às superfícies do hospedeiro (rizoplano, rizosfera, filoplano) ou coloniza internamente seus tecidos (endofíticas), até as mais íntimas, em que o hospedeiro abriga o simbiote em estruturas especializadas, como os nódulos nas leguminosas, caracterizando a endossimbiose. Em troca de abrigo, proteção e fontes de energia, a bactéria fornece o N para as plantas hospedeiras (REIS et al., 2000).

Há evidências de que a cana-de-açúcar se beneficie da interação com bactérias diazotróficas associativas, o que pode explicar altas produtividades com doses de fertilizantes nitrogenados menores que as quantidades exportadas do nutriente, sugerindo a contribuição desses microrganismos (BODDEY et al., 2001; DOBEREINER, 1961). Pesquisas revelaram a presença destes microrganismos não apenas na rizosfera, mas também no interior de tecidos da cana-de-açúcar (JAMES, 2000; PERIN et al., 2006; THAWEENUT et al., 2011; FISCHER et al., 2012; CASTRO-GONZALEZ et al., 2012).

Outros mecanismos como a produção de hormônios vegetais como o ácido indolacético (AIA) (SUMAN et al., 2001), ciclagem de carbono e nutrientes (YADAV et al., 2009), solubilização de fosfatos (SINGH et al., 2007; SHUKLA et al., 2008) também contribuem para aumentar o crescimento e a produtividade das plantas.

Diversas pesquisas foram realizadas para evidenciar a capacidade natural das bactérias diazotróficas na FBN para a cultura da cana-de-açúcar (YONEYAMA et al., 1997; BODDEY et al., 2001; URQUIAGA et al., 2012). Nesses estudos, constatou-se incrementos entre 0 e 70% do N acumulado atribuível à FBN. Essa variação pode ser justificada por diferenças varietais da cultura, uma vez que a FBN está diretamente relacionada ao genótipo da cana (URQUIAGA et al., 1992; BODDEY et al., 2001), assim como as diferentes metodologias de avaliações (UNKOVICH et al., 2008).

De modo geral, a FBN pode fornecer de 30% a 70% da necessidade de N pela cana-de-açúcar em solos com baixa disponibilidade ou sem nenhuma aplicação de N (DOBEREINER e DUQUE, 1980), além de promover incrementos na emissão de colmos e raízes, além de aumentar a velocidade de brotação das gemas laterais (LANDELL et al., 2012).

Além de contribuir com a FBN, a associação com bactérias diazotróficas pode aumentar a eficiência do uso de fertilizantes, como por meio de mecanismos de solubilização de fosfatos e de zinco (SARAVANAN et al., 2007; ESTRADA et al., 2013), mas também por efeitos indiretos, como pela produção de citocininas e auxinas que aumentam o sistema de raízes e torna a planta mais eficiente na exploração do solo (LIN et al., 2012; SANTI et al., 2013).

Mesmo havendo várias pesquisas quem apontem resultados favoráveis no Brasil, trabalhos produzidos em outros países, como a como África do Sul (HOEFSLOOT et al., 2005) e Austrália (BIGGS et al., 2002) com o balanço de N não evidenciaram incremento na fixação biológica de nitrogênio nas cultivares de cana-de-açúcar avaliadas naquelas condições.

3.4 *Azospirillum brasilense*

No Brasil, o primeiro relato da presença de *Azospirillum brasilense* na rizosfera de grama batatais (*Paspalum notatum*) foi feito em 1966 pela pesquisadora Johanna Döbereiner. Em anos seguintes foram isoladas de cereais e cana-de-açúcar e descritas mais três novas espécies de *Azospirillum*, que não apenas continham características de colonização nas raízes, mas também a capacidade de colonizar os tecidos da planta fornecendo nitrogênio de maneira mais eficaz (BALDANI; DÖBEREINER, 1980).

Encontrado em diferentes tecidos da cana-de-açúcar (raízes, colmos e

folhas), com aspecto de bastonetes Gram-negativos, o *Azospirillum brasilense* pode assumir característica endofítica. Por contribuir para a nutrição nitrogenada e de outros nutrientes, levando a um aumento da eficiência de uso de fertilizantes (OKON; VANDERLEYDEN, 1997), essa bactéria vem sendo empregada como inoculante em diversas culturas (HUNGRIA et al., 2013; HUNGRIA et al., 2022). Experimentos realizados por mais de duas décadas confirmaram que a inoculação com *Azospirillum brasilense* aumentou significativamente a produtividade de arroz, trigo, milho, soja e pastagens. Estes efeitos positivos são atribuídos principalmente ao aumento da capacidade de absorção das raízes que conseguem explorar um maior volume do solo em busca de água e de nutrientes. Os maiores efeitos são observados no aumento da superfície de absorção das raízes por meio da ação de hormônios de crescimento vegetal como as citocininas, auxinas e giberelinas (RONDINA et al., 2020). Algumas estirpes de *Azospirillum brasilense* também são capazes de produzir o ácido glucônico, um ácido orgânico capaz de solubilizar fosfato, disponibilizando-o para as plantas (RODRIGUEZ et al., 2004).

Silva et al. (2004), trabalhando com inoculação de *Azospirillum brasilense* em sementes de trigo e cevada (*Hordeum vulgare*), observaram incrementos nas raízes em solo de baixa fertilidade, causando modificações na morfologia das raízes, não apenas no diâmetro das raízes adventícias e laterais, mas também na quantidade de radicelas. Além do efeito na altura das plantas e no desenvolvimento vegetativo, verificou-se também indução de resistência das plantas ao patógeno *Bipolaris sorokiniana*, causador da mancha marrom do trigo.

3.5 Fósforo

O fósforo (P) está relacionado principalmente com o armazenamento e transporte de energia, sendo vital para o metabolismo vegetal (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Korndörfer (2004) destaca a participação do fósforo na síntese de proteínas, divisão celular, fotossíntese, respiração, desdobramento de açúcares e formação de sacarose.

Para a cultura da cana-de-açúcar, o teor adequado de P é chave para alcançar um adequado desenvolvimento inicial, maiores produtividades, maior longevidade do canavial e maior concentração de sólidos solúveis, pois favorece o enraizamento, perfilhamento e, conseqüentemente, aumenta a absorção de água e dos demais

nutrientes (LOPES, 1989; SANTOS, 2011).

Bastos et al. (2008) afirmam que, em comparação com os demais macronutrientes, o fósforo é requerido em menor quantidade pela planta. No entanto, devido às características dos solos tropicais, que promovem a rápida fixação de fosfato, as plantas apresentam baixa eficiência na recuperação do fósforo fornecido pelos fertilizantes, mesmo os solúveis, cerca de 5 a 25% (YANG et al., 2015; YU et al., 2013; MALUF et al., 2018). De acordo com Sanches e Salinas (1981), cerca de 82% dos solos agrícolas tropicais apresentam teores de fósforo considerados baixos ou muito baixos.

O baixo aproveitamento de P nesses solos se deve à predominância de argilas do tipo 1:1 e óxi-hidróxidos de ferro/alumínio, minerais que possuem alta capacidade de fixação de fósforo, uma reação química do tipo covalente que imobiliza o fosfato na fase sólida. Além da mineralogia do solo, a fixação é afetada pelos teores de matéria orgânica, cálcio, alumínio, pH e ferro trivalente (SANCHEZ e UEHARA, 1980).

O fósforo no solo pode estar tanto na fração orgânica quanto na inorgânica (GATIBONE, 2003). Com base na interação com o solo, são consideradas lábeis as formas fracamente adsorvidas e/ou disponíveis na solução do solo. Ligações fortes que dificultam a dessorção do P da fase sólida para a solução do solo, tornando-o indisponível às plantas, tornam essa fração não lábil. Devido à complexidade da dinâmica de fósforo no solo, para atender à demanda nutricional das plantas, recomenda-se a aplicação de fontes fosfatadas solúveis via fertilizantes orgânicos ou minerais (CAIONE et al., 2015).

Estudos de Novais e Smyth (1999) corroboram a baixa mobilidade do P no solo, percorrendo em média 0,013 mm por dia. Desta forma, ressaltam a necessidade da maior presença deste nutriente nas camadas mais exploradas pelo sistema radicular (VITTI e MAZZA, 2002).

Miranda e Miranda (2003) defendem a combinação de aplicações de P em área total como corretivas e no sulco de plantio como manutenção, estando estas práticas associadas ao aumento de produtividade da cultura do arroz no Cerrado. Lana et al. (2004) destacam a necessidade de novos estudos e metodologias de adubação fosfatada, com um olhar mais crítico sobre as fontes utilizadas, épocas de aplicação e localização do fertilizante, na intenção de buscar otimizar o uso do macronutriente pelas plantas.

Diferentemente do que ocorre no solo, o fósforo na planta possui grande

mobilidade. Em momentos de deficiência nutricional, o nutriente é movido dos tecidos velhos para os novos, caracterizando a identificação visual da deficiência de P (TOMAZ, 2009).

3.6 Fungos Micorrízicos Arbusculares

Há mais de quatro décadas, devido sua funcionalidade, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), vem sendo um ponto focal nas pesquisas agrônomicas (Koide e Mosse, 2004; Smith e Read, 2008), principalmente se tratando da sua importância na absorção de P pelos vegetais. Esses fungos se caracterizam por formar uma simbiose que é regra na natureza, a micorriza arbuscular (MA), que abrange mais de 80% das plantas terrestres, com origem há mais de 460 milhões de anos (INVAM, 2012). Os FMAs, pertencentes ao *phylum Glomeromycota*, têm passado por diversas variações na sua taxonomia nos últimos anos. Nos primórdios os métodos de identificação dos FMAs levavam em consideração apenas a morfologia dos esporos, mas atualmente são discriminados por testes mais complexos, inclusive genômicos (FORS, 2016). Para tanto, Redecker et al. (2013) classificaram recentemente os FMAs em 18 gêneros, 8 famílias, 4 ordens e uma classe. O total de espécies micorrízicas arbusculares caracterizadas do *phylum* (exceto o gênero *Geosiphon*, por não ser formador de micorrizas arbusculares) é aproximadamente 270 espécies (SILVA et al., 2014).

Muito embora estejam presentes em simbiose com na maioria das espécies do reino vegetal (Brundrett, 2009), várias pesquisas estão voltadas para a elucidação da mutualidade com grandes culturas e em forrageiras para a pecuária (KOIDE e MOSSE, 2004; SMITH e READ, 2008).

Os FMAs em simbiose com as plantas adquirem carboidratos para suas necessidades metabólicas e, em contrapartida, auxilia no suprimento da planta com nutrientes de baixa mobilidade no solo como o P (SMITH e READ, 2008). Sturmer e Siqueira (2013) estimam que essa associação possa ser responsável pela absorção de até 80 % do P pelas plantas.

Segundo Lambais (2006) e Cruz et al. (2008) a colonização de FMAs nas raízes das plantas desencadeia várias reações moleculares e celulares, o que pode ser responsável pela interatividade morfofuncional entre o fungo e as células da planta. De forma geral, a simbiose micorrízica arbuscular na nutrição em no

desenvolvimento vegetativo das plantas tem sido bastante enfatizada, devido sua importância nos mecanismos de absorção de nutrientes que abrangem, além do P, também Cu e Zn (BRUNDRETT, 2002; BONFANTE, 2003; SMITH e SMITH, 2012; STÜRMER e SIQUEIRA, 2013).

A colonização das plantas pelos FMAs promove alterações na fotossíntese, na produção de enzimas antioxidantes, na condutância estomática, na produção de ácido abscísico (ABA), osmoregulação, ocasionando importantes funções, que abrangem tolerância à seca e redução da perda de água (BIRHANE et al., 2012; YANG et al., 2015; MO et al., 2016; DOUBKOVA et al., 2013; GHOLAMHOSEINI et al., 2013). Isso proporciona uma maior proteção a condições ambientais desfavoráveis e protege contra organismos patogênicos (OZTEKIN et al., 2013). Esta simbiose coopera com a manutenção e formação da estrutura do solo pela produção de glomalina e das suas hifas extra radiculares (GADKAR et al., 2006; BEDINI et al., 2009).

3.7 Cana-de-açúcar e Fungos Micorrízicos Arbusculares

No mundo todo estudos envolvendo a cana-de-açúcar e os FMAs vêm sendo realizado. Na Austrália, por exemplo, Kelly et al. (2001) realizaram inoculação do *Rhizophagus clarus* obtido de uma plantação de cana em combinação com diferentes doses de fósforo (P), em cultivos sucessivos de soja, milho e cana-de-açúcar. A inoculação aumentou o desenvolvimento do milho e da soja em sucessão e, de acordo com a dose de propágulos de FMAs e o teor de P no solo, a adubação fosfatada pode ser suprimida. No Paquistão, Nasim et al. (2008) viram que a combinação de esporos de três espécies do gênero *Glomus* aumentou o desenvolvimento da cultura.

Um dos primeiros estudos realizados com FMAs no Brasil em cana-de-açúcar foram conduzidos por Andreola (1982) em um canavial no interior do estado de São Paulo, no qual encontrou sete espécies de FMAs à cultura. Posteriormente, Reis et al. (1999) avaliaram a colonização micorrízica em quatorze cultivares de cana-de-açúcar nos estados de Pernambuco e Rio de Janeiro, encontrando-se dezoito espécies de FMAs colonizando-as.

Segundo Aleixo et al. (2014), não houve efeito do manejo do canavial sobre a densidade de esporos de FMAs no solo de áreas com ou sem colheita mecanizada, com ou sem queima. Consistente com esses resultados, Azevedo et al. (2014) não

encontraram diferenças significativas nos índices e diversidades, além da quantidade de esporos, em áreas de cana com ou sem queima.

A maioria dos estudos realizados com FMAs em cana-de-açúcar apontam que existe uma correlação positiva entre a densidade de esporos no solo e a colonização radicial, além de efeito na nutrição das plantas, bem como maior resistência a estresses abióticos e bióticos. Porém, estudos focados em sistemas de manejo visando aumentar a capacidade produtiva, com incremento da densidade de esporos nativos e na quantidade e qualidade da produção são escassos.

A produção e uso de inóculos comerciais de FMAs inicialmente era considerada acessível apenas para uso em culturas que são produzidas em viveiros (DOUDS et al., 2006). Entretanto, recentemente tem sido disponibilizados produtos comerciais à base de FMAs como inoculantes no mercado brasileiro, destinados a grandes culturas como o milho (STOFFEL et al., 2020).

Alguns manejos utilizados no solo podem aumentar a população de FMAs. A rotação de culturas com plantas micotróficas é bastante utilizada, pois essas facilitam a propagação de esporos no solo, auxiliando na infectividade da cultura de interesse, mas não necessariamente multiplica os isolados de fungos micorrízicos mais eficientes. Em algumas situações, a produção é realizada na fazenda (“on farm”) em condições naturais, empregando isolados de FMAs nativos ou introduzidos (DOUDS et al., 2006; 2010; SIEVERDING, 1991), mas o controle de qualidade desse tipo de produção é limitado ou inexistente, aumentando o risco de ineficiência e de disseminação de organismos indesejados.

Existem diversas maneiras de se produzir os inóculos. Na Colômbia Sieverding (1991) preparou camadas de solo fumigadas e posteriormente inoculadas com *Rhizophagus manihotis* (Howeler, Sieverd., e Schenck) Walker e Schüßler (= *Glomus manihotis*) empregando-se *Brachiaria decumbens* Stapf como hospedeira. Após 180 dias 87-99% do total de esporos encontrados foram de *R. manihotis*, comprovando a eficácia, nesse caso, de multiplicação de uma espécie FMA alvo. Na Índia, Gaur et al. (2000) produziram inóculo em solo não fumigado misturado com composto orgânico e empregando como hospedeiros plantas de coentro, cenoura e feno inoculadas com FMAs de espécies mistas. Nos Estados Unidos, Douds et al. (2006, 2010) desenvolveram um procedimento que usou grama Batatais (*Paspalum notatum* Flugge) mantidas em estufas e transferidas para canteiros e sacos plásticos contendo vermiculita misturada com solo nativo ou adubo composto, que

posteriormente foi substituído pela vermiculita.

Schlemper e Stürmer (2014), adaptando a metodologia de Douds et al. (2006), multiplicaram as espécies de FMAs *Rhizophagus Clarus* e *Claroideoglosum etunicatum* em mudas de (*Sorghum bicolor*) em substrato à base de resíduo lignocelulósico de restos vegetativos de palmeira real, assim como o bagaço da cana-de-açúcar também se mostrou promissor para a multiplicação de esporos e propágulos infecciosos dos FMAs de interesse.

Fors (2016) avaliou a cultura de cana-de-açúcar em dois tipos de cultivos, sendo uma área de expansão sob pastagem onde nunca foi cultivada a cultura da cana e uma área com cultivo de 15 anos. A área de expansão obteve melhor resultado, que foi atribuído à presença de mais espécies de FMAs no solo, em que foram encontradas 12 espécies, enquanto na área já cultivada por 15 anos foram encontradas somente 9 espécies. *Acaulospora foveata*, *Cetraspora pellucida*, *Racocetra fulgida* e *Racocetra persica* foram espécies exclusivas da área de expansão, porém na área de monocultivo foi identificada a espécie *Diversispora globifera*.

Com base nos resultados dos estudos, a utilização de FMAs pode favorecer o desenvolvimento de diversas culturas agrícolas, com aumento da eficiência de uso de fertilizantes, em especial o fósforo (Russomanno et al., 2008; Subramanian et al., 2011). Ter conhecimento desses fungos que são nativos do solo é importante para um manejo sustentável e pode reduzir o custo para a produção da cultura de cana-de-açúcar. A utilização de inoculantes à base de isolados FMA pode ser eficiente, porém ainda há poucos estudos com a cana-de-açúcar.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEIXO, A.P.; KASCHUK, G. e ALBERTON, O. Soil fungal and bacterial biomass determined by epifluorescence microscopy and mycorrhizal spore density in different sugarcane managements. **Ciência Rural**, v.44, n.4, p. 588-594, 2014.

ANDREOLA, F. **Micorrizas vesiculares-arbusculares em cana-de-açúcar**. 1982. 74 p. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP (Dissertação), 1982.

AZEVEDO, L.C.B.; STÜRMER, S.L. e LAMBAIS, M.R. Early changes in arbuscular mycorrhiza in sugarcane under two harvest management systems. **Brazilian Journal of Microbiology**. V. 45, No. 3, p. 995-1005, 2014.

BALDANI, V. L. D.; DÖBEREINEER, J. Host plant specificity in the infection of cereals with '*Azospirillum*' spp. **Soil biology and biochemistry**, Austrália, n. 12, p. 1-18, 1980

BAPTISTA, R. B.; MORAIS, R. F.; LEITE, J. M.; SCHULTZ, N.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Variations in the 15N natural abundance of plantavailable N with soil depth: their influence on estimates of contributions of biological N₂ fixation to sugarcane. **Applied Soil Ecology**, [S.I.], v. 73, p. 124-129, 2014

BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; SOUT, J. S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.136-142, 2008.

BEDINI, S.; PELLEGRINO, E.; AVIO., L; BAZZOFFI, P.; ARGESE, E. e GIOVANETTI, M. Changes in soil aggregation and glomalin related soil proteion content as affected by arbuscular mycorrhizal fungal species *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*. **Soil Biol. Biochem.**, v.41, p. 1491-1496, 2009.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A. e FONSECA, H. M. A. C. **Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição**. In: FERNANDES, M. S (ed). *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 53 – 88

BIGGS, I. M.; STEWART, G. R.; WILSON, J. R.; CRITCHLEY, C. 15N natural abundance studies in Australian commercial sugarcane. **Plant Soil**, [S.I.], v. 238, p. 21-30, 2002.

BIRHANE, E.; STERCK, F. J.; FETENE, M.; BONGERS, F.; KUYPER, T. W. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance photosynthesis, water use efficiency, and growth of frankincense seedlings under pulsed water availability conditions. **Oecologia**. 169: 895-904, 2012.

BODDEY, R. M.; POLIDORO, J. C.; RESENDE A. S.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Use of the 15N natural abundance technique for the quantification of the contribution of N₂ fixation to grasses and cereals. **Australian Journal of Plant Physiology**, Australia, v. 28, p. 889-895, 2001.

BODDEY, R. M. Evidence from field nitrogen balance and 15N natural abundance data for the contribution of biological N₂ fixation to Brazilian sugarcane varieties. **Plant Soil**, [S.I.], v. 356, p. 5-21, 2012.

BONFANTE, P. Plants, mycorrhizal fungi and endobacteria: a dialog among cells and genomes. **Biological Bulletin** v.204, p. 215-220, 2003.

CAIONE G.; PRADO, R. M.; CAMPOS, C. N. S.; RODRIGUES, M.; PAVINATO, P.S.; AGOSTINHO, F.B. Phosphorus Fractionation in Soil Cultivated with Sugarcane Fertilized by Filter Cake and Phosphate Sources, **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 2015.

CASTRO-GONZÁLEZ, R.; MARTINEZ-AGUILAR, L.; RAMIREZ-TRUJILLO, A.; ESTRADA-DE-LOS-SANTOS, P. High diversity of culturable *Burkholderia* species

associated with sugarcane. **Plant Soil**, [S.l.], v. 345, p. 155-169, 2012.

COALE, F. J.; SANCHEZ, C. A.; IZUNO, F. T.; BOTTCHER, A. B. Nutrient accumulation and removal by sugarcane grown on everglades histosols. **Agronomy Journal**, [S.l.], v. 85, p. 310-315, 1993

COLETI, J.T.; CASAGRANDE, J.C.; STUPIELLO, J.J.; RIBEIRO, L.D.; OLIVEIRA, G.R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em Argissolos, variedades RB83486 e SP81-3250. **STAB**, São Paulo, v. 24, p. 32-36, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Safra 2022/23, 6(2). Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 12 mai. 2023

CORDELL D., WHITE S. Peak phosphorus: clarifying the key issues of a vigorous debate about long-term phosphorus security. **Sustainability** **3**, 2027–2049. 10.3390/su3102027, 2011.

CRUZ, C.; CORREIA, P.; RAMOS, A.C.; CARVALHO, L.; BAGO, A.; KLIRONOMOS, J.; MARTINS-LOUÇÃO, M.A. **Arbuscular mycorrhiza in plant physiological morphological adaptations**. In: Ajit, V, Ed. Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Fuction, Biotechnology, Eco-physiology, Struncture and Systematics. Heidelberg, Springer-Verlag, 733-754, 2008.

DÖBEREINER, J. Nitrogen-fixing bacteria of the genus *Beijerinckia* Derx in therhizosphere of sugar cane. **Plant and Soil**, [S.l.], v. 15, p. 211-216, 1961.

DÖBEREINER, J.; DUQUE, F. F. Contribuição da pesquisa em fração biológica de nitrogênio para o desenvolvimento do Brasil. **Revista de Economia Rural**, Brasília, DF, v. 18, p. 447-460, 1980.

DOUBKOVA, P., VLAS AKOV A, E., SUDOV A, R. Arbuscular mycorrhizal symbiosis al-leviates drought stress imposed on Knautia arvensis plants in serpentine soil. **Plant Soil** **370**, 149e161, 2013.

DOUDS DD JR, NAGAHASHI G, PFEFFER PE, KAYSER WM, REIDER C. On-farm production of AM fungus inoculum in mixtures of compost and vermiculite. **Bioresour Technol** 97:809–818, 2006.

DOUDS DD JR, NAGAHASHI G, HEPPELY PR. Production of inoculum of indigenous AM fungi and options for diluents of compost for on farm production of AM fungi. **Bioresour Technol** 101:2326–2330, 2010.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta. 403p. 2006.

ESTRADA, G. A.; BALDANI, V. L. D.; OLIVEIRA, D. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. Selection of phopate-solubilizing diazotrophic *Herbaspirillum* and *Burkholderia* strains and their effect on rice crop yield and nutriente uptake. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 369, p. 115- 129, 2013.

FORS, R. O. **Identificação, quantificação e inoculação de Fungos Micorrízicos Arbusculares no sistema de produção de cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado em Agronomia (Ciências do Solo)) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016

FRANCO, A. A.; DÖBEREINER, J. A biologia do solo e a sustentabilidade dos solos tropicais. **Summa Phytopathológica**, Jaguariuna-SP, v. 20, n. 1, p. 68-74, 1994.

FRANCO, H. C. J.; BOLONGA, I. R.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C.O. **Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio.** *Bragantia*, v. 66, p. 669-674, 2007

FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OTTO, R.; FARONI, C. E.; SARTORI, R. H.; TRIVELIN, M. O. Acúmulo de nutrientes pela cana-de-açúcar. **STAB**, São Paulo, v. 26, p. 47-51, 2008.

FISCHER, D.; PFITZNER, B.; SCHMID, M.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; REIS, V. M.; PEREIRA, W.; ORMEÑO-ORRILLO, E.; HAI, B.; HOFMANN, A.; CHLOTER, M.; MARTINEZ-ROMERO, E.; BAL-DANI, J. I.; HARTMANN, A. Molecular characterisation of the diazotrophic bacterial community in uninoculated and inoculated field-grown sugarcane (*Saccharum* sp.) **Plant Soil**, v. 356, p. 83-99, 2012.

GADKAR, V.; DRIVER, J.D. e M.C. RILLING. A novel in vitro cultivation system to produce and isolate soluble factors released from hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Biotechnol. Lett.**, v.28, p.1071-1076, 2006.

GAUR A, ADHOLEYAA, MUKERJI KG. On-farm production of VAM inoculum and vegetable crops in marginal soil amended with organic matter. **Trop Agric** 77:21–26, 2000.

GAVA, J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; PENATTI, C. P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 36, p. 1347-1354, 2001.

GATIBONI, L.C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas.** 2003, 231 p. Tese (Doutorado em Biodinâmica dos Solos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GHOLAMHOSEINI, M., A. GHALAVAND, A. DOLATABADIAN, E. JAMSHIDI, AND A. KHODAEI-JOGHAN. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. **Agric. Water Manag.** 117, 106-114. Doi: 10.1016/j. agwat.2012.11.007., 2013

HOEFSLOOT, G.; TERMORSHUIZEN, A. J.; WATT, D. A.; CRAMER, M. D. Biological nitrogen fixation is not a major contributor to the nitrogen demand of a commercially grown South African sugarcane cultivar. **Plant Soil**, [S.l.], v. 277, p. 85-96, 2005.

HUNGRIA, M.; BARBOSA, J.Z.; RONDINA, A.B.L.; NOGUEIRA, M.A. Improving maize sustainability with partial replacement of N fertilizers by inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Agronomy Journal**, v.114, n.5, p.2969-2980, 2022.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, p.413-425, 2010.

INVAM (International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi). **Culture Methods**. Disponível em:< <https://invam.wvu.edu/>> Acesso em 25 de janeiro de 2018.

JAMES, E. K. Nitrogen fixation in endophytic and associative symbiosis. **Field Crops Research**, [S.l.], v. 65, p. 197-209, 2000.

JUNIOR, V.A. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. **STAB Açúcar, Álcool Subpr.**, 23:28-31, 2004

KELLY, R.M. et al. Responses of sugarcane, maize, and soybean to phosphorus and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.52, p.731-743, 2001

KOIDE, R.T. e MOSSE, B. **A history of research on arbuscular mycorrhiza**. **Mycorrhiza**, 14:145-163, 2004

KORNDÖRFER, G. H. A importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar: SÁ, M. E. de; BUZZETI, S. (Coordenadores). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, cap. 7, p. 133-142, 1994

KORNDÖRFER, G. H.; VALLE, M. R.; MARTINS, M.; TRIVELIN, P. C. O. Avaliação do nitrogênio da uréia pela cana-planta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, [S.l.], v. 21, p. 223-226, 1997.

KORNDÖRFER, G.H. **Fósforo na cultura da cana-de-açúcar**. In: FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. Piracicaba, 2004. Anais... São Pedro: POTAFOS, p.291-305, 2004.

LAMBAIS, M.R. Unraveling the signaling and signal transduction mechanisms controlling arbuscular mycorrhiza development. **Scientia Agricola**, 63:405-413, 2006.

LANA, R.M.Q.; ZANÃO JÚNIOR, L.A.; KORNDORFER, G.H. e MACIEL JUNIOR, V.A. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. **STAB Açúcar, Álcool Subpr.**, 23:28-31, 2004

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; SCARPARI, M. S.; GARCIA, J. C.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, D. N.; MENDONÇA, J. R.; KANTHACK, R. A. D.; CAMPOS, M. F.; BRANCALIÃO, S. R.; PETRI, R. H.; MIGUEL, P. E. M. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2012. (Documentos, 109).

LIN, L.; HU, C.; ZHANG, X; CHANG, S.; YANG, L; LI, Y.; AN, Q. Plant growthpromoting nitrogen-fixing enterobacteria are in association with sugarcane growing in Guangxi, China. **Microbes and environments**, Tagajo, v. 27, n. 4, p. 391398, 2012.

- LOPES, A.S. **Manual de Fertilidade do Solo**. Trad. e adapt. De soil Fertiliy manual. Piracicaba: 1989
- MAEDA, A. S. **Adubação nitrogenada e potássica em socas de cana-de-açúcar come sem queima em solos de cerrado**. 2009. 110f. Tese de outorado (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009
- MALUF, H. J. G.; SILVA, CARLOS A.; CURTI, N.; Norton, L. D.; ROSA, S. D. Adsorption, and availability of phosphorus in response to humic acid rates in soils limed with CaCO₃ or MgCO₃. **CIÊNCIA E AGROTECNOLOGIA (ONLINE)**, v. 42, p. 1-14, 2018.
- MARIN, F.; NASSIF, D. S. P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.2, p.232-239, 2013.
- MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C. Efeito Residual da Adubação Fosfatada para a Cultura do Arroz em Solo de Cerrado. **Comunicado Técnico 87**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Planaltina, DF, 2003.
- MO, Y.L., WANG, Y.Q., YANG, R.P., ZHENG, J.X., LIU, C.M., LI, H., MA, J.X., ZHANG, Y., WEI, C.H., ZHANG, X. Regulation of Plant Growth, Photosynthesis, Antioxidation and osmosis by an arbuscular mycorrhizal fungus in watermelon seedlings under well-watered and drought conditions. **Front.Plant Sci.**, 2016
- NASIM, G.; ALI, A.; MUNAWAR, A.; BAJWA, R. Seasonal dynamics of AM fungi in sugarcane (*Saccharum officinarum* L. CV. SPF-213) in relation to red rot (*Colletotrichum falcatum*) disease from Punjab, Pakistan, **Pakistan Journal of Botany**, 40(6): 2587-2600, 2008.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p
- OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated '*Azospirillum*' species can stimulate plants. **Applied and Environmental Microbiology**, Nova York, v. 63, n. 7, p. 366-370, 1997.
- OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, R. I.; FREIRE, M. B. G. S.; SIMÕES NETO, D. E.; SILVA, S. A. M. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1343-1352, 2010.
- ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H. P.; ZAMBELLO JUNIOR, E. **Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CB41-76, em função da idade, em solos do Estado de São Paulo**. São Paulo: IAA, 1980
- OZTEKIN, G.B.; TUZEL, Y. e TUZEL, I.H. Does mycorrhiza improve salinity tolerance in grafted plants. **Scientia Horticulturae**, v.149, p. 55-60.2013
- OWEN, D.; WILLIAMS, A.P.; GRIFFITH, G.W.; WITHERS, P.J.A. Use of commercial

bio-inoculants to increase production through improved phosphorus acquisition. *Applied Soil Ecology*, **Amsterdam**, v.86, p.41-54, 2015.

PERIN, L.; MARTÍNEZ-AGUILAR, L.; CASTRO-GONZÁLEZ, R.; ESTRADA-DELOS-SANTOS, P.; CABELLOS-AVELAR, T.; GUEDES, H. V.; REIS, V. M.; CABALLERO-MELLADO, J. Diazotrophic *Burkholderia* species associated with field-grown maize and sugarcane. *Applied and Environmental Microbiology*, [S.l.], v. 72, p. 3103-3110, 2006.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H. Milho para grão e silagem. In: RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLAN, A. M. C. (Ed.). **Boletim técnico 100**. Campinas: Instituto Agronômico, p. 56-59, 1996

RAKKIYAPPAN, P.; THANGAVELU, S.; BHAGYALAKSHMI, K. V.; RADHAMANI, R. Uptake of nitrogen, phosphorus and potassium by some promising mid late maturing sugarcane clones. *Sugar Technology*, [S.l.], v. 9, p. 27, 2007.

REDECKER, D.; SCHÜßLER, A.; STOCKINGER, H.; STÜRMER, S.L., MORTON, J.B. e WALKER, C. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). *Mycorrhiza*, v.23, n.7, p. 515-531, 2013.

REIS JÚNIOR, F. B., SILVA, L. G. da, REIS, V. M., DÖBEREINER, J., Ocorrência de Bactérias Diazotróficas em diferentes Genótipos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p. 985-994, 2000.

RODRIGUEZ, H; GONZALES, T.; GOIRE, I.; BASHAN, Y. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. *Naturwissenschaften*, [S.l.], v. 91, p. 552-555, 2004.

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

RUSSOMANNO, O. M. R.; KRUPPA, P. C.; MINHOMI, M. T. A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de plantas de alecrim e manjerição. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.75, p.37-43, 2008.

SANCHEZ, P. A.; UHERA, G. **Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity**. In: Khasawneh, F. E.; Sample, E. C.; Kamprath, E. J. The role of phosphorus in agriculture. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1980. p. 471-514.

SANTI, C.; BOGUSZ, D.; FRANCHE, C. Biological fixation in non-legume plants – a review. **Annals of Botany**, Oxford, p. 1-25, 2013.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.443–449, 2011.

SARAVANAN, V. S.; MADHAIYAN, M.; THANGARAJU, M. Solubilization of zinc compounds by the diazotrophic, plant growth promoting bacterium *Gluconacetobacter diazotrophicus*. **Chemosphere**, Oxford, v. 66, p. 1794-1798, 2007.

SCHULTZ, N.; MORAIS, R.F. de; SILVA, J.A. da; BAPTISTA, R.B.; OLIVEIRA, R.P.; LEITE, J.M.; PEREIRA, W.; CARNEIRO JÚNIOR, J.B.; ALVES, B.J.R.; BALDANI, J.I.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M. Avaliação agronômica de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 47, p. 261-268, 2012

SCHLEMPER, T.R. e STÜRMER, S.L. On farm production of arbuscular mycorrhizal fungi inoculum using lignocellulosic agrowastes. **Mycorrhiza**, 24:571-580, 2014.

SHUKLA, S. K.; YADAV, R. L.; SUMAN, A.; SINGH, P. N. Improving rhizospheric environment and sugarcane ratoon yield through bioagents amended farm yard manure in udic ustochrept soil. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 99, p. 158-168, 2008.

SILVA, A. A. O.; FELIPE, T. A.; BACH, E. E. Ação do *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento das plantas de trigo (variedade IAC-24) e cevada (variedade CEV 95033). **ConScientiae Saúde**, São Paulo, v. 3, p. 29-35, 2004.

SILVA, K.A.; GOTO, B.T.; OEHL, F.; SILVA, G.A.; NOBRE, C.P.; PEREIRA, C.M.R.; MELLO, C.M.A.; ASSIS, D.M.A.; MARINHO, F.; SILVA, I.R.; PONTES, J.S.; JOBIM, K.; VIEIRA, L.C.; SOUSA, N.M.F.; LIMA, R.A.A. e MAIA, L.C. Arbuscular mycorrhizal fungi: new records in Northeast Brazil. **Bol. Mus. Biol. Mello Leitão**, Vol. 36, p. 35-50, 2014.

SMITH, S.E. e READ, D.J. **Mycorrhizal Symbiosis**. Elsevier, Great Britain. 768 p, 2008

SMITH, S.E. e SMITH, F.A. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. **Mycologia**, v.104, n.1., p. 1-13, 2012.

SINGH, K. P.; SUMAN, A.; SINGH, P. N.; LAL, M. Yield and soil nutrient balance of sugarcane plant- ratoon system with conventional and organic nutrient management in subtropical India. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [S.l.], v. 79, p. 209-219, 2007.

SOUSA, C.C. M. de et al. Desenvolvimento inicial e componentes químicos da cana-de-açúcar sob estresse hídrico associado a fungos micorrízicos arbusculares. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** [online]. vol.19, n.6, pp.548-552, 2015.

STOFFEL, S.C.G.; SOARES, C.R.F.S.; MEYER, E.; LOVATO, P.E.; GIACHINI, A.J. Yield increase of corn inoculated with a commercial arbuscular mycorrhizal inoculant in Brazil. **Ciência Rural**, v. 50, n.7, 2020.

STÜRMER, S.L.; SIQUEIRA, J.O. **Fungos micorrízicos**. In: MOREIRA, F.M.S.; CARES, J.E.; ZANETTI, R. e STÜRMER, S.L. Ecosistema Solo: Componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. UFLA, Lavras, 352 p., 2013.

SUBRAMANIAN, K. S.; TENSIA, J. S. V.; JAYALAKSHMI, K.; RAMACHANDRAN, V. Antioxidant enzyme activities in arbuscular mycorrhizal (*Glomus intraradices*) fungus inoculated and non-inoculated maize plants under zinc deficiency. **Indian Journal Microbiology**, v.51, p.37-43, 2011.

SUMAN, A.; SHASANY, A. K.; SINGH, M.; SHAHI, H. N.; GAUR, A.; KHANUJA, S. P. S. Molecular assessment of diversity among endophytic diazotrophs isolated from subtropical Indian sugarcane. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, [S.l.], v. 17, p. 39-45, 2001.

TANG, M.; CHEN, H.; HUANG, J.C. e TIAN, Z.Q. AM fungi effects on the growth and physiology of *Zea mays* seedlings under diesel stress. **Soil Biol. Biochem.**, 41:936-940, 2009.

TASSO JUNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; CAMILOTTI, F.; SILVA, T. Extração e exportação de macronutrientes em cinco variedades de cana-de-açúcar cultivadas na região centro-norte do Estado de São Paulo. **STAB**, São Paulo, v. 25, p. 38-42, 2007.

THAWEENUT, N.; HACHISUKA, Y.; ANDO, S.; YANAGISAWA, S.; YONEYAMA, T. Two seasons study on nifH gene expression and nitrogen fixation by diazotrophic endophytes in sugarcane (*Saccharum* spp. hybrids): expression of nifH genes similar to those of rhizobia. **Plant Soil**, [S.l.], v. 338, p. 435-449, 2011.

TOMAZ, H. V. Q., **Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009. 93p

UNICA (União da Indústria da Cana-de-açúcar). **Área plantada com cana-de-açúcar 2017**. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/>> Acesso em: janeiro de 2019.

UNKOVICH, M.; HERRIDGE, D.; PEOPLES, M.; CADISCH, G.; BODDEY, R.; GILLER, K.; ALVES, B.; CHALK, P. **Measuring plant-associated nitrogen fixation in agricultural systems**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural, 2008. 258p.

URQUIAGA, S.; CRUZ, K. H. S.; BODDEY, R. M. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: nitrogen-15 and nitrogen balance estimates. **Soil Science Society of America Journal**, [S.l.], v. 56, p. 105-114, 1992.

URQUIAGA, S.; XAVIER, R. P.; MORAIS, R. F.; BATISTA, R. B.; SCHULTZ, N.; LEITE, J. M.; SÁ, J. M.; BARBOSA, K.P.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Evidence from field nitrogen balance and 15N natural abundance data for the contribution of biological N₂ fixation to Brazilian sugarcane varieties. **Plant Soil**, [S.l.], v. 356, p. 5-21, 2012.

VARMA, A. Mycorrhiza State of Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics. **Springer**, Berlin, 797 p., 2008.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura

de cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**. Piracicaba: Potafós, 2002. 16p.

VITTI, A. C.; FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O.; FERREIRA, D. A.; OTTO, R.; FORTES, C.; FARONI, C. E. Nitrogênio proveniente da adubação nitrogenada e de resíduos culturais na nutrição da cana-planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.I.], v. 46, p. 287-293, 2011.

WOOD, A. W.; MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J. Growth of sugarcane under high input conditions in tropical Australia, III. Accumulation, partitioning and use of nitrogen. **Field Crops Research**, [S.I.], v. 48, p. 233, 1996.

YADAV, R. L.; SUMAN, A.; PRASAD, S. R.; PRAKASH, O. Effect of *Gluconacetobacter diazotrophicus* and *Trichoderma viride* on soil health, yield and Neconomy of sugarcane cultivation under subtropical climatic conditions of India. **European Journal of Agronomy**, [S.I.], v. 30, p. 296-303, 2009.

YANG, Y.R., HAN, X.Z., LIANG, Y., GHOSH, A., CHEN, J., TANG, M. The combined effects of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and lead (Pb) stress on Pb accumulation plant growth parameters, photosynthesis, and antioxidant enzymes in *Robinia pseudoacacia* L. **PLoS One** 10, 1–24, 2015.

YONEYAMA, T.; MURAOKA, T.; KIM, T. H.; DACANAY, E. V.; NAKANISHI, Y. The natural ¹⁵N abundance of sugarcane and neighbouring plants in Brazil, the Philippines and Miyako, Japan. **Plant and Soil**, [S.I.], v. 189, p. 239-244, 1997

5. ARTIGO: Produção e desenvolvimento da cana-de-açúcar em função da inoculação de fungo micorrízico e *Azospirillum* no plantio e na soqueira

5.1 Resumo

A nutrição da cultura da cana-de-açúcar é um fator limitante para a sua produtividade. A utilização de inoculantes à base de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e *Azospirillum brasilense* otimiza a adubação tornando-os mais eficientes. O objetivo deste estudo foi avaliar a inoculação de FMA e *Azospirillum brasilense* no sulco de plantio e no corte de soqueira. O experimento foi conduzido em duas safras agrícolas quando inoculados no plantio e uma safra agrícola para o corte de soqueira. Os experimentos foram realizados em esquema fatorial 4 x 5 com quatro tratamentos e cinco repetições. As parcelas foram constituídas pelo controle (sem inoculação), inoculação isolada de *Azospirillum brasilense*, inoculação isolada de fungo micorrízico e inoculação associada de *Azospirillum brasilense* e FMA. Foram avaliados, altura de planta, massa verde, número de perfilho, análise química das folhas, Brix (°), POL do caldo (%), pureza (%), fibra da cana (%), produtividade de colmos por hectare (TCH), quantidade de açúcar total recuperável (ATR), toneladas de açúcar por hectare (TAH). A variedades utilizadas foram CTC 9001, CTC 9002, RB 867515 e RB975242. A inoculação no sulco de plantio acarretou incremento de TCH, ATR e TAH, enquanto no corte de soqueira não se obteve rendimentos.

Palavras-chave: *Sccharum officinarum* L., bactéria dizatrófica, micorrização, plantio mecanizado.

5.2 Abstract

Soil chemical fertility for sugarcane cultivation is a limiting factor in its productivity. The use of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and *Azospirillum brasilense* optimizes fertilization making them more efficient. The objective of this study was to evaluate the inoculation of AMF and *Azospirillum brasilense* in the planting furrow and in the ratoon cutting. The experiment was carried out in two agricultural harvests when inoculated at planting and one agricultural harvest for ratoon cutting. The experiments were carried out in a 4 x 5 factorial scheme with four treatments and five replications. The plots consisted of the control (without inoculation), isolated inoculation of *Azospirillum brasilense*, isolated inoculation of mycorrhizal fungus and associated inoculation of *Azospirillum brasilense* and AMF. Plant height, green mass, tiller number, chemical analysis of leaves, Brix (°), juice POL (%), purity (%), sugarcane fiber (%), stalk productivity per hectare (TCH), amount of total recoverable sugar (ATR), tons of sugar per hectare (TAH). The varieties used were CTC 9001, CTC 9002, RB 867515 and RB975242. Inoculation in the planting furrow led to an increase in TCH, ATR and TAH, while in the ratoon cutting no yields were obtained.

Keywords: *Sccharum Officinarum* L., dizatrophic bacteria, mycorrhization, mechanized planting

5.3 INTRODUÇÃO

Com uma safra estimada em 637,1 milhões de toneladas em pouco mais de 8,4 milhões de hectares para a safra 2023/24, o Brasil se consolida como o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo. Isso representa um crescimento de 4,4% em relação a safra 2022/23, esperando-se um rendimento médio de 75,5 toneladas de cana por hectare (CONAB 2023).

A cultura da cana-de-açúcar é bastante exigente quanto a fertilidade. Para que haja uma produção de 120 toneladas de cana por hectare, cerca de 100 toneladas de cana industrializáveis é necessário o acúmulo de 150 kg de N, 40 kg de P, 180 kg de K, 90 kg de Ca, 50 kg de Mg e 40 kg de S. Já para os micronutrientes são necessários 8,0, 3,0, 0,6, 0,4 e 0,3 kg de Fe, Mn, Zn, Cu e B respectivamente (OLIVEIRA et al., 2002 a).

Diante deste cenário a procura de novas alternativas como biofertilizantes, acabam se tornando importantes para maximizar a produtividade da cultura. Desta forma o uso de fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio, podem proporcionar maiores incrementos na produção da matéria prima.

No caso dos fertilizantes fosfatados os FMAs têm exercido papel importante, uma vez que exercem simbiose mutualística, denominada micorriza arbuscular em 80% das espécies de plantas vasculares (BERBARA et al., 2006). Essa associação garante ao vegetal uma maior absorção de água e nutriente, ao ponto de se responsabilizar por até 80% do P absorvido pelas plantas (STURMER; SIQUEIRA, 2013).

A literatura aponta alguns indícios benéficos a partir da inoculação de bactérias diazotróficas, comprovando o favorecimento da concentração e acúmulo de nutrientes nas plantas devido a fixação biológica de nutrientes (MUNOZ-ROJAS; CABALLERO-MELLADO, 2003; SARAVAN et al., 2007; ESTRADA, 2013; LIN et al., 2012).

Machado (2015), cita que há duas classificações de promoção no crescimento vegetal. Uma através de mecanismos diretos de produção de substâncias ou metabólitos semelhantes a hormônios, outra indiretamente pelos efeitos de defesa a fitopatógenos por conta da produção de moléculas bioativas sintetizadas pelo microrganismo antagônico. Dentre as principais biomoléculas encontra-se o gênero *Azospirillum*.

Algumas bactérias podem assumir o protagonismo em relação à altura, número e alongamento dos entrenós, pois auxiliam no alongamento celular devido a incorporação de matérias na parede celular aumentando sua plasticidade (COSTA et al., 2011). Além disso algumas bactérias diazotróficas podem auxiliar na produção de auxina, fitohormônio responsável também pelo alongamento celular (PHILLIPS et al., 2011).

O fungo micorrízico, de modo geral, também beneficia no crescimento além da nutrição vegetal, onde destaca-se nos mecanismos de absorção de nutrientes em especial o fósforo (P), além de outros elementos pouco móveis no solo como o Zn e Cu (BRUNDRETT, 2002; BONFANTE, 2003; SMITH; SMITH, 2012; STURMER; SIQUEIRA, 2013). Esta simbiose pode ainda conferir uma maior proteção contra condições adversas climáticas e organismos patogênicos, salinidade (OZTEKIN et al., 2013) ou seca (DOUBKOVÁ et al., 2013; GHOLAMHOSEINI et al., 2013). Várias pesquisas demonstraram que essa simbiose contribuiu na formação e manutenção da estrutura do solo por conta das hifas extrarradiculares e produção de glomalina (GADKAR et al., 2006; BEDINI et al., 2009).

A glomalina é uma glicoproteína sintetizada nas paredes de hifas e esporos de FMAs (WRIGHT; UPADHYAYA, 1996; DRIVER et al., 2005). Dentre as propriedades desta glicoproteína, destacam-se seu caráter termostável, hidrofóbico e recalcitrante (SOUSA et al., 2012).

Composta majoritariamente por celulose, a fibra é matéria que não se dissolve em água (FERNANDES, 2011). Em altos teores podem ser importante quando se considera sua conversão para queima da cana para geração de energia, tanto para alimentar a indústria, tanto para venda de energia elétrica. Ela exerce papel importante em relação a danos provocados pela colheita também no transporte, danos físicos causados pelo vento, como a quebra o que pode favorecer a infestação de doenças e pragas. Por outro lado, quando em porcentagem exagerada pode dificultar a capacidade de moagem da indústria, podendo diminuir consideravelmente a produção diária de açúcar e etanol (RIPOLI; RIPOLI, 2009).

O POL do caldo contém toda a sacarose que há no caldo da planta, de maneira que se torna um fator importante para indústria, pois quanto maior os valores, maior o rendimento (SANTOS; QUEIROZ; RABELO, 2016).

A pureza é discriminada porcentagem de sacarose dentro dos sólidos solúveis. Quanto maior a concentração da pureza, melhor a qualidade da matéria prima para

obtenção do açúcar. Para ser considerado uma matéria prima de boa qualidade, a porcentagem da pureza deve ser maior que 85% (SANTOS, QUEIROZ, RABELO, 2016). O cálculo é determinado a partir do POL do caldo e do Brix.

O Pol da cana é toda sacarose aparente contida no caldo absoluto em porcentagem de cana (FERNANDES, 2003). Sua determinação é um fator importante para avaliação da qualidade da cana para pagamento (RIPOLI; RIPOLI, 2009). Para indústria, quanto maior os valores, maior o rendimento. O valor é obtido através da fibra e do POL do caldo.

O AR, representa a quantidade de frutose e glicose que está presente na cana, estando diretamente atrelado a porcentagem de impureza, ou seja, quanto maior a impureza menor a capacidade de recuperação de sacarose pela indústria. No entanto os açúcares redutores não afetam diretamente a produção de etanol, uma vez que conseguem ser fermentados pelas leveduras (SANTOS; QUEIROZ; RABELO, 2016).

O ATR é um dos critérios mais importantes para critério de pagamento de cana no estado de São Paulo desde a safra 1998/99, e determina a quantidade de açúcares, seja na forma invertida ou redutores totais (ART) que são recuperados pela indústria, da cana até o xarope, admitindo-se perdas na extração, torta dos filtros e perdas indeterminadas (FERNANDES, 2011). O ATR é o que determina a conversão da matéria-prima em etanol ou açúcar, sendo direcionado de acordo com o mercado e determinações das unidades de produção (CONAB, 2021).

O desenvolvimento e o crescimento da planta são determinados através de vários mecanismos, como por exemplo a fixação biológica de nitrogênio e da produção de hormônios como a auxina, giberelina e citocinina que estimulam a produção raiz e consequentemente o volume de biomassa aérea. Além disso facilitam a absorção dos minerais auxiliando a resistência sob condições adversas como o déficit hídrico, toxicidade e salinidade (BASHAN; BASHAN, 2004)

Há quase uma década as usinas localizadas no estado de São Paulo, procurando se enquadrar as questões ambientais, sociais, agronômicas e econômicas, substituiu a colheita manual após a queimada, por colheita mecanizada. A prática além de agredir menos o meio ambiente, fornece uma quantidade significativa de palhada sob o solo, uma vez que as folhas e os ponteiros são deixados sob a superfície, chegando a acumular de 10 a 20 t ha⁻¹ de biomassa seca (TRIVELIN et al., 2013). Essa metodologia, além de otimizar a agricultura de precisão, pode modificar a exigência nutricional da planta, uma vez que a palhada pode favorecer a

ciclagem de nutrientes (LEITE et al., 2016).

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

5.4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Os experimentos para melhor entendimento foram classificados da seguinte maneira: A e B, contemplando duas safras (cana-planta e segundo corte) para as fazendas designadas por números, sendo 25041 e 29034. C e D, contemplando apenas uma safra, fazendas 29015 e 29032, as quais possuíam estágios mais velhos, sendo segundo e quarto corte respectivamente.

5.4.2 LOCALIZAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E HISTÓRICO DE MANEJO

Os ensaios foram conduzidos no município de Tanabi - SP, em quatro fazendas distintas de produção de cana-de-açúcar de uma usina produtora de álcool, açúcar e energia, distantes uma da outra por 15 km, com 518 m de altitude, Latitude: 20° 37' 53" Sul, Longitude: 49° 39' 28" Oeste, no período de maio de 2019 a maio de 2021 para os experimentos A e B e de agosto de 2020 a agosto de 2021 para os experimentos C e D.

O solo do experimento A foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (LVe), com textura arenosa, experimento B foi classificada como Latossolo Vermelho-amarelo distrófico (LVAd) com textura média. Para o experimento C o solo foi classificado como Latossolo Vermelho-amarelo Podizolico distrófico (LVAPd) com textura média/média argilosa. O experimento D foi classificada como Latossolo Vermelho-amarelo distrófico (LVAd) com textura média (EMBRAPA, 2018).

As áreas de estudo possuem cultivo de cana-de-açúcar há mais de uma década sem a queima da palha para colheita. O preparo do solo para plantio, historicamente, segue o sistema convencional de cultivo, sendo realizada a subsolagem seguida de gradagem quando necessária, além da preservação e construção de curvas de nível.

As tabelas 1 e 2, mostram as análises química dos solos para a caracterização

Tabela 1 - Matéria orgânica do solo, pH, capacidade de troca catiônica (CTC CaCl₂), saturação por base (V%) e soma de bases (SB), saturação por Aluminio (m), K (CTC), Ca (CTC), Mg (CTC) Teores de P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, B, Cu, Mn, Fe e Zn do solo antes do plantio para caracterização da área, Tanabi – 2019

Análise de solo	MOS g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	CTC cmol _c dm ⁻³	SB	V	m	K (CTC) %	Ca (CTC)	Mg (CTC)
Experimento A	9,7	5,22	37,70	23,80	59,19	11,03	2,95	35,85	20,38
Experimento B	10,55	6,09	40,50	40,50	64,85	3,95	2,24	39,42	23,23

Análise de solo	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al ³⁺	H + Al	B	Cu	Mn	Fe	Zn
Experimento A	12,5	1,08	14,64	8,07	1,68	13,9	0,20	0,30	0,44	11,7	0,17
Experimento B	16,09	0,95	16,45	9,55	0,91	16,55	0,20	0,61	2,05	15,0	0,47

Fonte: O próprio autor

Tabela 2 - Matéria orgânica do solo, pH, capacidade de troca catiônica (CTC CaCl₂), saturação por base (V%) e soma de bases (SB), saturação por Aluminio (m), K (CTC), Ca (CTC), Mg (CTC) Teores de P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, B, Cu, Mn, Fe e Zn do solo antes do plantio para caracterização da área dos experimentos C e D, Tanabi – 2020

Análise de solo	MOS g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	CTC cmol _c dm ⁻³	SB	V	m	K (CTC) %	Ca (CTC)	Mg (CTC)
Experimento C	30	6,3	23,7	23,7	70,01	0,3	5,01	47,5	17,80
Experimento D	12	6,3	62,8	49,8	79,30	0,1	1,3	49,8	29,4

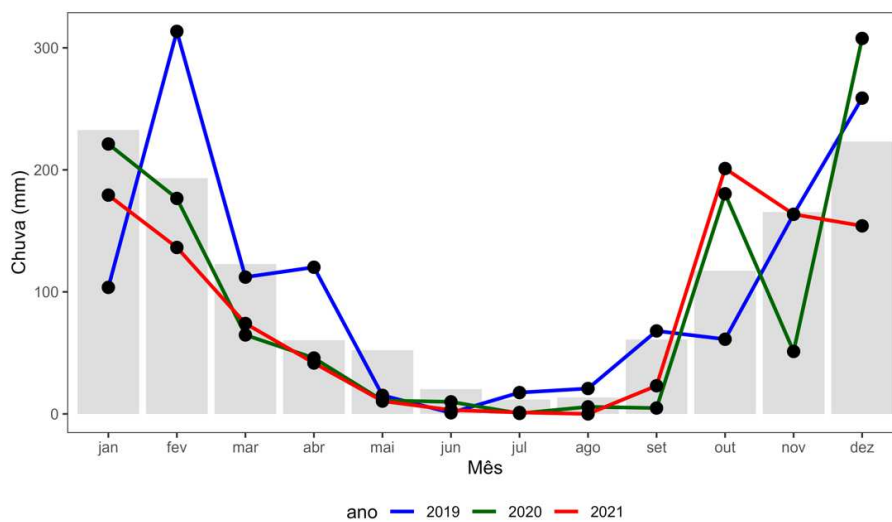
Análise de solo	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al ³⁺	H + Al	B	Cu	Mn	Fe	Zn
Experimento C	15,00	1,70	16,64	6,00	0,68	10,0	0,10	0,40	0,34	8,7	0,10
Experimento D	8,00	0,80	31,00	18,00	0,91	13,00	0,17	0,81	1,65	13,0	0,35

Fonte: O próprio autor

das áreas dos experimentos antes da implantação em 2019 para experimento A e B e 2020 para os experimentos C e D no município de Tanabi – SP.

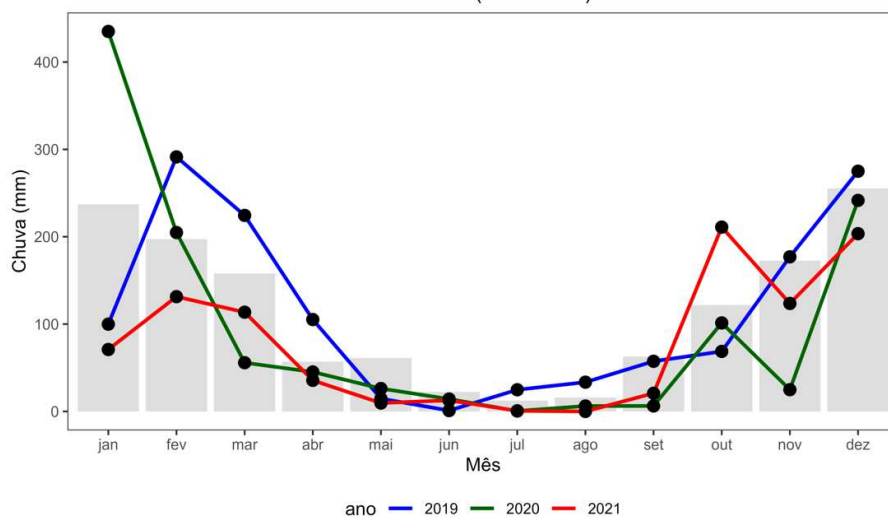
A classificação climática segundo Köppen é o Cwa, tropical com estação chuvosa no verão. Os dados climáticos pertinentes aos períodos também as fazendas onde foram conduzidos os experimentos foram registrados, comparados a média de dez anos sendo apresentados nas figuras 1 e 2.

Figura 1 – Precipitação média anual dos anos de 2019, 2020, 2021 em relação à média de 2012 a 2022 contemplando os experimentos A, na cidade de Tanabi – SP.



Fonte: o próprio autor

Figura 2 – Precipitação média anual dos anos de 2019, 2020, 2021 em relação à média de 2012 a 2022 contemplando os experimentos B, C e D, na cidade de Tanabi – SP.



Fonte: o próprio autor

5.4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento utilizado tanto na cana-planta quanto nas soqueiras, foi o de bloco ao acaso com cinco repetições, com esquema fatorial de 4 x 5, sendo quatro inoculações com cinco repetições cada.

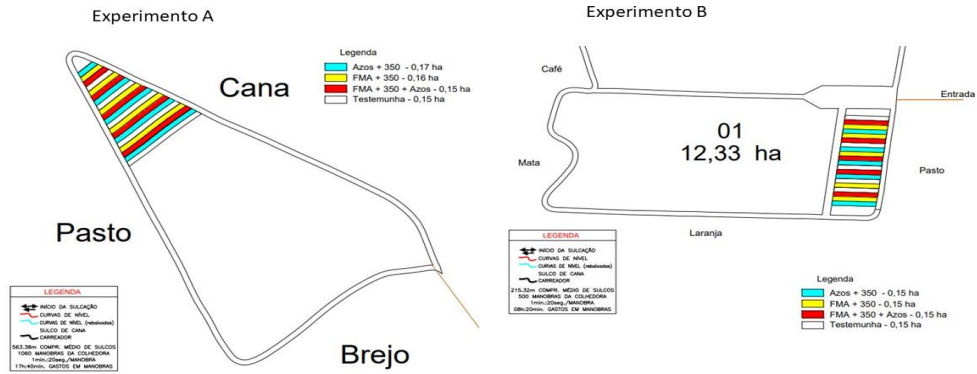
1. Sem inoculação
2. *Azospirillum brasilense*
3. Fungo micorrízico
4. Fungo micorrízico + *Azospirillum brasilense*;

Os experimentos A e B foram instalados em 2019, totalizando 20 parcelas em cada experimento. Cada parcela foi constituída por quatro linhas de 20,0 m lineares, espaçadas em 1,5 m entre si, cuja profundidade de inoculação era de 30 cm. Foram desconsiderados como bordadura 10,0 metros, para as avaliações. Das quatro linhas de plantio, foram consideradas apenas as duas centrais, sendo as duas externas como bordadura (Figura 3).

Os experimentos C e D, foram instalados em outubro de 2020, sendo o corte de soqueira a metodologia utilizada para a inoculação, procedimento realizado para a aplicação de inseticida com o âmbito de controlar pragas de solo (Figura 4)

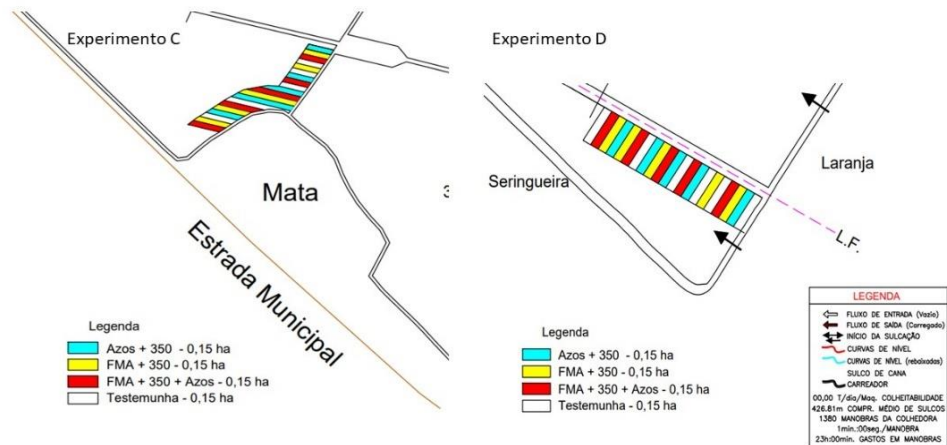
Nos experimentos C e D, cada parcela foi constituída por seis sulcos de 20,0 m lineares, espaçados em 1,5 m entre si, cuja profundidade de aplicação foi de 20 cm. Foram desconsiderados como bordadura 10,0 metros, para as avaliações. Das seis linhas de plantio, foram consideradas apenas as duas centrais, sendo as quatro externas como bordadura. Em relação ao controle foi utilizado apenas água mais Fipronil + Alfacipermetramina (180+120 do i.a. ha⁻¹)

Figura 3 – Croqui dos experimentos A e B em blocos casualizado durante as safras 2019/20 e 2020/21, Tanabi - SP



Fonte: o próprio autor

Figura 4 – Croqui dos experimentos C e D em blocos casualizado durante a safra 2020/21, Tanabi – SP



Fonte: O próprio autor

5.4.4 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO A E B (CANA-PLANTA E CANA-SOCA)

5.4.4.1 Cana-planta

Após a caracterização através das amostras de solo, realizou-se a correção das curvas de nível, uso do subsolador para descompactação e aplicação de inseticida (fipronil, 180 g ha⁻¹ de ingrediente ativo – i.a) como barreira química para controle de pragas de solo, aplicação de calcário dolomítico (PRNT 80%) visando obter 70% de saturação por bases além do uso de gesso agrícola.

O sistema de plantio adotado foi o mecanizado. A abertura dos sulcos de plantio, distribuição e inoculação dos produtos foram feitos através da utilização da plantadeira da marca DMB, modelo PCP 6000 (Figura 5), na qual distribuiu toletes de 30 cm, procurando obter 12 gemas sadias por metro linear objetivando uma brotação de 8 a 12 plantas por metro linear. A profundidade de sulcação foi de 0,35 m e a largura do sulco com 0,40 m. A altura de cobertura dos toletes foi de 8 cm.

Figura 5 – Plantadeira DMB, modelo PCP 6000 utilizado na inoculação durante o plantio dos experimentos A e B em 2019, Tanabi – SP.



Fonte: www.dmb.com.br

As variedades utilizadas para os experimentos A e B, foram a CTC 9001 e CTC 9002, desenvolvida pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC). A primeira é recomendada para plantios em ambientes que vão de B a D com colheitas

recomendadas de Abril até Agosto. A segunda é recomendada para ambientes de A a D, com colheitas de junho até novembro.

Nos experimentos C e D, as variedades são oriundas pela Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético – RIDESA, cujo as quais são representadas pelas variedades RB975242 e RB867515 respectivamente. Ambas apresentam hábito de crescimento ereto, perfilhamento médio, colmos de diâmetro médio. O ambiente de produção indicado é de C a E, com curva de maturação tardia, com colheitas indicadas para final de safra, outubro/novembro.

A adubação de plantio foi executada em taxa fixa com 350 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (MAP), condição utilizada pela usina nos plantios sem taxa variada. Além do adubo, o padrão da usina (controle), foi composto por uma calda de plantio, onde foram utilizados 1 l ha⁻¹ de Priori Xtra[®] como fungicida (Azoxistrobina 200 g l⁻¹ e Ciporconazol 80 g l⁻¹), 2 l ha⁻¹ de Pottente[®], como nematicida (Benfuracarbe 400 g l⁻¹), 2 l ha⁻¹ de Brotar cana[®] como estimulante de brotação e 1,3 l ha⁻¹ de Regent[®] como inseticida (Fipronil 800g kg⁻¹).

Para o preparo de calda do FMA, foi utilizado uma balança de precisão digital com sensibilidade de 1 grama. Pesou-se 36 gramas do fungo micorrizico com 2.000 propágulo por grama. Em seguida pesou-se 10 gramas de um adesivo com aditivo para causar aderência nos colmos durante o plantio, contendo Matodextrina como princípio ativo e espessantes da marca Simbiose pró[®]. Para o preparo da calda foi utilizado 0,5 litro de água, em seguida adicionou-se o adesivo para criar uma tensão superficial, no intuito de proteger as propriedades químicas e físicas do FMA. Esses valores correspondem apenas para uso na área de experimentação, sendo considerado 120 gramas de FMA, 20 gramas de adesivo espessante em 1 litro de água para preparo de 1 hectare. Como veículo para inoculação de FMA é utilizado a vermiculita. Por conta da espessura deste veículo e da densidade do estimulante Brotar cana[®] foi utilizado uma peneira na bomba da calda de 50 mm.

O *Azospirillum brasilense*, foi utilizado conforme a recomendação agronômica de 1 litro do produto para um hectare. (estirpes AbV5 e AbV6, com garantia de 2x10⁸ unidades formadoras de colônia (UFC) por mL⁻¹). Por ser um produto pronto para utilização, foi adicionado diretamente na calda da plantadeira e misturada mecanicamente pelo agitador contido no tanque. Durante o preparo da calda para a inoculação foi retirado o fungicida Priori Xtra[®] da calda, para evitar efeitos antagônicos

as inoculações e utilizado os demais produtos. A cada preparo foi realizado a lavagem completa do tanque de calda evitando qualquer tipo de contaminação.

O mesmo procedimento foi utilizado para os experimentos C e D, diferindo apenas a metodologia utilizada para inocular, uma vez que foi usado o cortador de soqueira marca DMB, implemento desenvolvido para a aplicação de inseticidas dentro das linhas das soqueiras da cana, para o controle de *sphenophorus levis* e *midgulus*. Possuindo conjuntos para fazer a aplicação em 3 linhas de soqueiras. Cada conjunto possui um disco de corte de 26 polegadas com molas de compressão que fazem o corte do colchão de palha e, fixado logo atrás do disco de corte, um dispositivo com o bico de pulverização que faz a aplicação do produto em profundidade. Cada conjunto é ajustado na barra porta ferramentas para cortar o centro da linha da soqueira e fazer a aplicação do inseticida a uma profundidade de no mínimo 5 cm para o controle do *sphenophorus levis* e no mínimo 15 cm para o controle do *midgulus spp*.

O implemento possui ainda tanque com capacidade para 600 litros de calda, com visor de nível, equipado com bomba de pistão modelo JP, acoplada diretamente à TDP do trator, para a pulverização do inseticida (Figura 6).

Figura 6 – Cortador de soqueira marca DMB utilizado na inoculação durante o plantio dos experimentos C e D em 2020, Tanabi – SP.



Fonte: www.dmb.com.br

Na fase de desenvolvimento vegetativo (70 DAP – dias após o plantio), todas as parcelas foram adubadas com KCl na dose de 120 kg ha⁻¹, durante a operação de quebra-lombo. O implemento movimenta a terra quebrando as bancadas feitas pelo

sulco de plantio, uniformizando o terreno para que possa haver as demais operações em sua normalidade.

Figura 7 – Operação de quebra-lombo com adição de 120 kg ha⁻¹ de KCl, na safra 2019/20, Tanabi-SP



Fonte: www.asforama.com.br

Os tratos culturais foram realizados de acordo com as necessidades da cultura ao longo dos ciclos. Nos experimentos A e B, para pré-emergente foi utilizado (24 DAP) os herbicidas Hexazinona (320 g ha⁻¹ do i.a.) + 2,4 D (967 g ha⁻¹ do i.a.) + Tebuthiuron (1000 g ha⁻¹ do i.a.). Aos 70 DAP, na operação de quebra-lombo, foram aplicados 2,4 D (967 g do i.a. ha⁻¹) + Amicarbazona (840 g do i.a. ha⁻¹) + S-Metolacoloro (2400 g do i.a. ha⁻¹). Visando o controle biológico da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*), 1 liberação de *Cotesia flavipes* (192 DAP). Aos 90 DAP foi feito o uso de Chlorantraniliprole (350 g do i.a. ha⁻¹). Aos 120 DAP o uso de Triflumuron (480g do i.a. ha⁻¹). Aos 301 DAP foi feita a aplicação do maturador Trinexapac-ethyl (250 g ha⁻¹ do i.a.), com objetivo de induzir a cana a acumular sacarose. A colheita da cana-planta foi realizada manualmente em maio de 2020.

5.4.4.2 Cana soca

Para as soqueiras dos experimentos, após a safra 2019/20, os tratos culturais, foram levados em consideração de acordo com as necessidades da cultura. Para controle de ervas daninhas foram utilizados pré e pós-emergentes 15 dias após a colheita (DAC) Azoxystrobin + Cyproconazole (333+167 do i.a. ha⁻¹), Sulfentrazone (500 do i.a. ha⁻¹). Para controle de pragas de solo foi utilizado Fipronil+Alfacipermetramina (180+120 do i.a. ha⁻¹) no corte de soqueira. A calagem utilizada foi de 2 ton ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 70% mais uma 1 ton ha⁻¹ de gesso agrícola, 27 DAC. A adubação de soqueira foi feita com 300 kg ha⁻¹ de MAP, (12-45-00), 31 DAC. Aos 101 e 199 DAC foram aplicados os inseticidas Clorantprilprole (10 g ha⁻¹ do i.a.) + Triflururon (480g do i.a. ha⁻¹). Para controle de cigarrinhas foi utilizado Etiprole (200 g do i.a. ha⁻¹).

Para os experimentos A e B, aos 301 DAP foi feita a aplicação do maturador Trinexapac-ethyl (250 g ha⁻¹ do i.a.), com objetivo de induzir a cana a acumular sacarose. Para os experimentos C e D, por se tratar de maturação tardia, não se faz necessário o uso de maturadores.

5.4.5 AVALIAÇÕES NA PLANTA (CANA-PLANTA E CANA-SOCA)

5.4.5.1 Análises nutricionais nas folhas

A concentração de diagnose na folha nos experimentos A e B, foram realizadas em dois momentos durante a fase de cana-planta 120 DAP e 330 DAP, momentos em que encontra o maior e menor desenvolvimento vegetativo da folha. Foram coletas 20 plantas por parcela o terço médio de 20 folhas +1 (folha mais alta com colarinho visível – “TVD”) segundo o sistema Kuijper (CLEMENTES, 1980), retirando-se a nervura central (RAIJ; CANTARELLA, 1997).

Para avaliação química das folhas, foi necessário seca-las em estufa com circulação forçada a 65°C. Em seguidas as folhas foram moídas para análise de: N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu e Fe. As amostras foliares foram submetidas à digestão via úmida, sulfúrica pra N e nitroperclórica para P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu e Fe. Posteriormente, os teores de N foram determinados pelo método da microdestilação Kjeldahl, com titulação através da solução de H₂SO₄ (0,05N). Quanto aos outros

nutrientes, os teores de P foram determinados por meio de espectrofotometria; K, através de fotômetro de chama; e Ca, Mg, Mn, Zn, Cu e Fe por espectrofotometria de absorção atômica. Todas as análises seguiram recomendações segundo Malavolta et al. (1997).

No segundo corte dos experimentos A e B, a diagnose foliar foram realizadas 7 e 11 meses após o primeiro corte. O mesmo espaço de tempo foi utilizado para as soqueiras C e D.

5.4.5.2 Massa verde

O desenvolvimento vegetativo dos experimentos fora acompanhado durante as duas safras para os experimentos A e B, através da pesagem média de 10 canas que se encontravam dentro da linha de tratamento, porém, fora da parcela de 20 m, utilizado para contagem de perfilho e colheita final. As plantas escolhidas eram representativas às parcelas. Para pesagem foi utilizado um tripé, uma balança de precisão até 40 kg (Figura 8), as folhas não foram retiradas. A pesagem para cana-planta foi realizada a cada 45 dias em média. Para as soqueiras (A, B, C e D), o aferimento ocorreu apenas em dois momentos: 7 e 11 meses após a colheita.

Figura 8 – Peso de 10 canas representativas das parcelas através do uso de tripé com balança de precisão de 40 kg, Tanabi – SP.



Fonte: o próprio autor

5.4.5.3 Análises biométricas da cana-de-açúcar

As avaliações realizadas foram:

a) Número de perfilho por metro linear: obtidos através da contagem do total de perfilho nas duas linhas de 20 metros espaçadas 1,5 m entre si. A média foi obtida através do total de cada linha somados e dividido por 2, resultando em um número médio dentro de 20 metros, o resultado dividido por 20, obtém-se o número de colmos por metro linear.

b) Altura de plantas: mensuradas por 5 plantas retiradas dentro do feixe de 10, utilizadas para pesagem da massa verde. Com auxílio de uma trena graduada a medição foi realizada do nível do solo até o ponto de quebra do plamtilto, ou colarinho visível, classificada como primeiro dewlap ou folha +1 (figura 9)

Figura 9 – Avaliação da altura de 5 plantas representativas das parcelas através do uso de uma trena graduada, Tanabi – SP.



Fonte: o próprio autor

c) Toneladas de cana por hectare (TCH): obtida através da pesagem total das parcelas (já retirados os ponteiros) de 20 metros lineares espaçadas por 1,5 entre, após a colheita manual. 360 DAP, para os experimentos A e B e 370 DAC para A, B,

C e D (soqueira). Após o corte, fez-se de 5 a 8 montes de cana, posteriormente pesados com auxílio de uma carregadeira onde havia conectado uma célula de carga (figura 10).

Figura 10 – Colheita das parcelas e pesadas com o uso de carregadeira conectada a uma célula de carga, Tanabi – SP.



Fonte: o próprio autor

5.4.5.4 Indicadores da qualidade tecnológica da cana de açúcar

Ao final da colheita, foram separados feixes com 10 plantas de cada parcela para avaliação da qualidade da matéria-prima. As amostras foram levadas ao Laboratório de Análises Tecnológicas da usina para realização das análises de qualidade conforme o Conselho dos Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo (CONSECANA, 2006). Avaliou-se a porcentagem de fibra de cana (%), Brix (°), POL do caldo (%), pureza da cana (%), ATR (%), açúcares totais recuperáveis.

Diante dos resultados foi possível analisar a produtividade do total de açúcar por hectare (TAH).

5.4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, seguido pela aplicação do teste de Duncan para a comparação de médias entre os tratamentos, com os respectivos níveis de significância ($p \leq 0,10$), conforme prevê a legislação brasileira para ensaios com inoculantes (Brasil, 2010). As análises foram realizadas utilizando-se o software Statistica (v. 12) e os gráficos plotados com auxílio do software SigmaPlot (v. 10.0).

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.5.1 Concentração de nutrientes na folha

Os teores dos nutrientes nas folhas 4 meses após o plantio nos experimentos A e B, não tiveram comportamentos parecidos entre si. Enquanto o primeiro apresentou diferença entre os dados para N, Fe e Zn o segundo respondeu aos efeitos dos tratamentos em quase todos os nutrientes, com exceção Fe e Mn. Em relação à concentração nas folhas após 11 meses o plantio, apontou que os valores de B, Cu e Mn no experimento A, obtiveram efeitos diferentes entre os tratamentos enquanto no experimento B, os teores após o mesmo período identificaram interação entre os tratamentos para N, P, Mg, S, B, Cu e Mn (Tabela 3 e 4)

As concentrações dos nutrientes durante o segundo corte também não apresentaram valores semelhantes, tanto entre os tratamentos quanto em relação aos experimentos como mostram as tabelas 5 e 6, em que os teores nas folhas após 11 meses o primeiro corte aponta valores significativos para P, Ca, S e Mn no experimento A, enquanto no experimento B, apenas S e Fe manifestaram diferença estatística.

Tabela 3 – Resultado da diagnose foliar realizada no experimento A, variedade CTC 9001, 4 e 11 meses após o plantio em Tanabi – SP 2020.

Tratamento	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	4 meses após o plantio										
Controle	29,08 b	2,72 ^{ns}	14,36 ^{ns}	3,14 ^{ns}	2,62 ^{ns}	2,88 ^{ns}	6,68 ^{ns}	13,00 ^{ns}	323,8 a	167,00 ^{ns}	17,40 b
<i>A. brasilense</i> (A)	30,14 a	2,68	14,15	2,98	2,48	2,78	7,32	11,80	277,2 b	154,80	24,80 a
Fungo Micorrízico (F)	29,82 a	2,76	12,58	3,32	2,62	2,86	7,80	12,40	315,4 a	178,60	17,40 b
F + A	29,98 a	2,68	14,34	2,90	2,62	2,74	7,60	12,40	297,0 ab	178,60	21,80 a
Média	29,76	2,71	13,86	3,09	2,59	2,82	7,35	12,40	303,50	169,75	20,35
Q.M.R	0,3574	0,0253	3,2527	0,1779	0,1074	0,0193	0,3288	0,5333	643,9	1003	8,56
Valor de P	0,0688	0,8315	0,3764	0,4390	0,8751	0,3762	0,0453	0,1349	0,0571	0,6012	0,0040
C.V. (%)	2,01	5,86	13,01	13,67	12,68	4,94	7,80	5,89	8,36	18,66	14,38
	11 meses após o plantio										
Controle	18,00 ^{ns}	1,86 ^{ns}	15,56 ^{ns}	2,76 ^{ns}	1,20 ^{ns}	1,54 ^{ns}	4,80 b	5,50 a	331,80 ^{ns}	55,80 b	28,00 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	17,48	1,80	15,68	2,68	1,18	1,52	6,00 a	4,00 c	384,20	48,60 b	25,74
Fungo Micorrízico (F)	18,00	1,86	15,30	2,58	1,16	1,56	5,80 a	4,60 b	299,20	71,50 a	26,40
F + A	17,38	1,88	14,92	2,80	1,20	1,58	5,50 ab	4,60 b	330,20	51,20 b	26,20
Média	17,72	1,85	15,37	2,71	1,19	1,55	5,53	4,68	336,35	56,78	26,59
Q.M.R	0,3923	0,0173	0,469	0,0284	0,0031	0,0063	0,4833	0,2042	3267	115,81	3,08
Valor de P	0,2902	0,7914	0,3495	0,2282	0,6305	0,6681	0,0817	0,0018	0,1832	0,0239	0,2484
C.V. (%)	3,54	7,10	4,46	6,23	4,69	5,10	12,58	9,67	16,99	18,95	6,60

Fonte: O próprio autor

Tabela 4 – Resultado da diagnose foliar realizada no experimento B, variedade CTC 9002, 4 e 11 meses após o plantio em Tanabi – SP 2020.

Tratamento	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
4 meses após o plantio											
Controle	25,20 a	2,28 a	7,94 ab	4,12 a	4,62 a	2,62 b	6,60 a	13,19 a	231,50 ^{ns}	202,00 ^{ns}	22,00 b
<i>A. brasilense</i> (A)	24,74 ab	2,35 a	8,73 a	3,46 b	4,42 a	2,66 ab	4,00 b	12,80 ab	228,00	212,80	24,80 a
Fungo Micorrízico (F)	24,06 b	2,08 b	7,18 b	4,18 a	4,64 a	2,75 a	6,25 a	12,40 bc	245,40	180,50	20,50 b
F + A	24,48 ab	2,02 b	8,76 a	3,58 b	4,16 b	2,67 ab	4,20 b	11,80 c	240,80	170,60	19,40 b
Média	24,62	2,18	8,15	3,84	4,46	2,68	5,26	12,55	236,43	191,48	21,68
Q.M.R	0,4371	0,0118	7,94	0,0470	0,0434	0,0058	1,1865	0,3118	146,65	952,02	5,5250
Valor de P	0,0998	0,0012	8,73	0,0003	0,0114	0,1050	0,0039	0,0119	0,1390	0,1733	0,0183
C.V. (%)	2,69	4,97	7,18	5,65	4,67	2,85	20,70	4,45	5,12	16,11	10,84
11 meses após o plantio											
Controle	14,73 b	1,44 b	12,30 ^{ns}	3,62 ^{ns}	2,88 c	1,52 a	5,20 c	7,50 a	168,00	66,50 c	15,80 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	15,16 a	1,58 a	11,12	3,80	3,62 a	1,36 b	7,40 b	7,00 b	164,20	100,20 a	17,25
Fungo Micorrízico (F)	15,16 a	1,58 a	11,12	3,80	3,62 a	1,36 b	7,40 b	7,00 b	164,20	100,20 a	17,25
F + A	15,05 a	1,55 a	11,94	4,06	3,20 b	1,35 b	9,00 a	7,80 a	175,40	80,20 b	17,20
Média	15,03	1,54	11,62	3,82	3,33	1,40	7,25	7,33	167,95	86,78	16,88
Q.M.R	0,0331	0,0075	1,0780	0,1019	0,0419	0,0080	1,23	0,0917	353,01	89,61	1,43
Valor de P	0,0087	0,0767	0,2310	0,2391	0,0002	0,0309	0,0014	0,0027	0,7591	0,0002	0,2000
C.V. (%)	1,21	5,65	8,94	8,36	6,15	6,42	15,27	4,13	11,19	10,91	7,07

Fonte: O próprio autor

Tabela 5 – Resultado da diagnose foliar realizada no experimento A, variedade CTC 9001, 8 e 11 meses após primeiro corte, Tanabi – SP 2021.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	7 meses após o primeiro corte										
Controle	17,24 ^{ns}	2,00 ab	15,56 b	4,23 ^{ns}	1,74 ^{ns}	1,50 a	11,00 ^{ns}	9,20 ^{ns}	185,40 ^{ns}	40,80 b	24,25 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	17,26	1,86 bc	16,78 a	4,18	1,73	1,55 a	11,80	9,20	172,80	49,00 b	23,40
Fungo Micorrízico (F)	16,36	1,82 c	15,76 b	4,18	1,62	1,46 a	10,40	9,80	154,20	48,80 b	22,40
F + A	16,84	2,02 a	15,52 b	4,23	1,66	1,30 b	10,00	9,40	168,80	60,40 a	22,60
Média	16,93	1,93	15,90	4,21	1,69	1,45	10,80	9,40	170,30	49,75	23,16
Q.M.R	0,8811	0,0182	0,5869	0,0144	0,0158	0,0097	4,6083	0,2750	680,9500	64,6083	4,4677
Valor de P	0,4191	0,0894	0,0743	0,7981	0,4241	0,0096	0,5892	0,2761	0,3471	0,0174	0,5188
C.V. (%)	5,55	7,00	4,82	2,85	7,46	6,78	19,88	5,58	15,32	16,16	9,13
	11 meses após o primeiro corte										
Controle	14,34 ^{ns}	1,58 a	17,88 ^{ns}	2,60 ab	1,24 ^{ns}	1,38 ab	5,50 ^{ns}	8,40 ^{ns}	222,40 ^{ns}	42,40 b	22,00 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	14,28	1,42 c	17,88	2,25 b	1,26	1,24 b	4,80	7,75	207,20	41,75 b	23,20
Fungo Micorrízico (F)	14,38	1,48 bc	17,68	2,80 a	1,26	1,52 a	4,60	8,40	211,25	51,60 a	23,60
F + A	14,12	1,54 ab	17,44	2,36 b	1,18	1,32 b	5,25	8,25	201,80	48,67 ab	23,00
Média	14,28	1,50	17,72	2,50	1,24	1,37	5,04	8,20	210,66	46,10	22,95
Q.M.R	0,6399	0,0055	0,3763	0,1210	0,0226	0,0236	1,7667	0,4099	900,4115	53,2320	10,0250
Valor de P	0,9573	0,0289	0,6446	0,1084	0,8127	0,0750	0,7034	0,3657	0,7398	0,1440	0,8730
C.V. (%)	5,60	4,94	3,46	13,90	12,17	11,25	26,39	7,81	14,24	15,82	13,80

Fonte: O próprio autor

Tabela 6 – Resultado da diagnose foliar realizada no experimento B, variedade CTC 9002, 8 e 11 meses após o primeiro corte, Tanabi – SP 2021.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	7 meses após o primeiro corte										
Controle	14,96 ^{ns}	1,80 ^{ns}	12,88 ^{ns}	3,88 ^{ns}	2,74 ^a	1,18 ^{ns}	8,25 ^{ns}	8,00 ^a	101,68 ^b	77,80 ^{ns}	38,75 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	14,80	1,86	11,82	3,72	2,10 ^c	1,10	9,00	6,00 ^c	119,80 ^a	71,40	26,80
Fungo Micorrízico (F)	15,12	1,86	11,70	3,60	2,60 ^{ab}	1,13	7,80	6,60 ^{bc}	103,60 ^b	83,40	28,20
F + A	14,80	1,80	12,46	3,94	2,36 ^{bc}	1,10	9,25	6,80 ^b	120,20 ^a	69,00	35,20
Média	14,92	1,83	12,22	3,79	2,45	1,13	8,58	6,85	111,32	75,40	32,24
Q.M.R	0,2848	0,0093	0,7683	0,0992	0,0766	0,0117	4,925	0,3917	141,31	199,33	68,54
Valor de P	0,7474	0,6021	0,1673	0,3509	0,0160	0,6224	0,7191	0,0022	0,0469	0,4024	0,1228
C.V. (%)	3,58	5,28	7,18	8,32	11,30	9,60	25,88	9,14	10,68	18,72	25,68
	11 meses após o primeiro corte										
Controle	13,36 ^{ns}	1,44 ^{ns}	13,52 ^{ns}	4,24 ^{ns}	2,72 ^{ns}	1,26 ^a	4,67 ^{ns}	6,00 ^{ns}	254,20 ^b	87,60 ^{ns}	16,00 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	13,70	1,42	13,02	4,16	2,74	1,00 ^b	4,60	6,40	308,00 ^a	98,20	15,40
Fungo Micorrízico (F)	13,48	1,44	13,30	3,78	2,62	1,02 ^b	4,00	6,40	255,80 ^b	90,40	15,50
F + A	13,52	1,42	13,32	4,06	2,66	1,22 ^a	5,40	6,00	243,80 ^b	81,40	15,60
Média	13,52	1,43	13,29	4,06	2,69	1,13	4,67	6,20	265,45	89,40	15,63
Q.M.R	0,3763	0,0028	0,9743	0,3922	0,0518	0,0119	1,3942	0,2250	759,06	321,26	0,9083
Valor de P	0,8503	0,8651	0,8828	0,6807	0,8300	0,0043	0,3585	0,3565	0,0132	0,5400	0,7687
C.V. (%)	4,54	3,67	7,43	15,42	8,48	9,70	25,30	7,65	10,38	20,05	6,10

Fonte: O próprio autor

As análises 4 meses após o plantio aponta que os nutrientes estão dentro da faixa ideal considerada por Rajj et al. (1996). A exceção fica por conta dos teores de N para o experimento B, onde todos os valores de N ficaram abaixo do nível crítico (18 g kg^{-1}), segundo Malavolta (1981). Esse mesmo comportamento foi observado nos teores de N após 11 meses o plantio para os tratamentos inoculados com *Azospirillum*.

Vários autores manifestam que o efeito variedade vs classificação de solo vs precipitação pode influenciar diretamente na concentração de nutrientes na planta.

A simbiose micorrízica, é muito importante para os nutrientes que formam a zona de depleção, região que envolve as raízes, por conta da sua difusão no solo ser mais morosa que a sua absorção (STURMER E SIQUEIRA, 2013). Não é incomum os FMAs provocarem redução no teor de nutrientes por conta da diluição (CHRISTIE et al., 2004; SILVA et al., 2006), ou reduzir a absorção de nutrientes em excesso como por exemplo Fe e Mn (KANWAL et al., 2015)

De acordo com o mesmo autor, o nível de criticidade também foi observado para P nas inoculações isoladas de *Azospirillum brasilense*, também com fungo micorrízico, enquanto para S, apenas quando inoculado com fungo micorrízico ficou acima do considerado crítico.

Em relação aos experimentos C e D, é possível observar menor interação entre os tratamentos quando comparados às inoculações feitas no sulco de plantio como mostra as tabelas 7 e 8, onde apenas K quando inoculado com fungo micorrízico sobressaiu aos demais tratamentos no experimento C. Por outro lado, no experimento D, os nutrientes K e B quando inoculados com fungo micorrízico e Ca inoculado com F+A, tiveram efeito significativo.

Oliveira et al. (2006), estudando a inoculação de *A. brasilense*, aliado a doses de N mineral, em solos de média e alta fertilidade, mostram que a eficiência do inoculante está atrelado a fertilidade natural do solo, sendo os melhores efeitos em solos mais pobres, ou seja, de baixa fertilidade. Reis Junior et al. (2000), observaram que não existe uma correlação entre as bactérias diazotróficas e doses de N, já que independente disso, continuam a fixar o N mesmo em condições elevadas do nutriente. Hungria et al. (2010), observaram melhoria no rendimento de trigo e milho, comprovando a absorção de micronutrientes e macronutrientes pelas plantas inoculadas com *A. brasilense* e *A. lipoferum*, e aumento na eficiência do uso de nutrientes disponíveis.

Tabela 7 – Resultado da diagnose foliar realizada no experimento C, variedade RB867515, 8 e 11 meses após o terceiro corte, Tanabi – SP 2021.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	7 meses após o primeiro corte										
Controle	19,24 ^{ns}	2,34 ^{ns}	10,08 ^{ns}	5,16 ^{ns}	2,62 ^{ns}	1,72 ^{ns}	7,00 ^{ab}	7,00 ^b	119,60 ^{ns}	63,40 ^{ns}	23,20 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	18,34	2,36	10,62	4,93	2,56	1,68	5,00 ^c	7,00 ^b	128,60	50,75	22,80
Fungo Micorrízico (F)	18,62	2,40	11,24	5,38	2,48	1,73	8,00 ^a	8,40 ^a	135,80	74,80	22,00
F + A	18,60	2,35	11,18	5,14	2,50	1,78	6,80 ^b	7,00 ^b	115,60	71,40	22,80
Média	18,70	2,36	10,78	5,15	2,54	1,73	6,70	7,35	124,90	65,09	22,70
Q.M.R	0,6781	0,0139	0,7753	0,0841	0,0663	0,0151	0,8000	0,1583	235,34	269,25	11,73
Valor de P	0,3962	0,8603	0,1823	0,1663	0,8235	0,6500	0,0015	0,0002	0,2101	0,1509	0,9538
C.V. (%)	4,40	4,99	8,17	5,63	10,13	7,11	13,35	5,41	12,28	25,21	15,08
	11 meses após o primeiro corte										
Controle	14,08 ^{ns}	1,35 ^{ns}	11,60 ^b	4,86 ^{ns}	1,94 ^{ns}	1,25 ^{ns}	4,80 ^{ns}	4,80 ^{ns}	208,60 ^{ns}	107,60 ^{ns}	19,00 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	13,84	1,30	11,78 ^b	5,20	2,08	1,24	5,40	4,60	228,80	115,00	19,00
Fungo Micorrízico (F)	14,12	1,33	13,24 ^a	4,66	1,88	1,26	5,50	5,00	219,20	82,20	18,80
F + A	13,94	1,32	12,80 ^{ab}	4,60	2,06	1,30	4,60	4,60	242,60	80,25	17,80
Média	14,00	1,33	12,36	4,83	1,99	1,26	5,08	4,75	224,80	96,26	18,65
Q.M.R	0,8728	0,0059	1,1590	0,5860	0,0681	0,0058	0,8125	0,6833	568,40	622,18	1,5667
Valor de P	0,9612	0,7787	0,0921	0,6127	0,5834	0,6264	0,3498	0,8470	0,1941	0,1090	0,4049
C.V. (%)	6,68	5,81	8,71	15,85	13,11	6,01	17,76	17,40	10,61	25,91	6,71

Fonte: O próprio autor

Tabela 8 – Resultado da diagnose foliar realizada no experimento D, variedade RB867515, 8 e 11 meses após o terceiro corte, Tanabi – SP 2021.

Tratamento	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	7 meses após o primeiro corte										
Controle	14,70 ^{ns}	1,76 ^{ns}	10,30 ^{ns}	3,50 ^{ns}	2,04 ^{ns}	1,55 ^b	13,40 ^{ns}	5,20 ^b	75,40 ^{ns}	55,00 ^{ns}	19,20 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	15,26	1,74	10,58	3,54	2,00	1,50 ^{bc}	11,25	5,20 ^b	82,50	47,50	18,80
Fungo Micorrízico (F)	15,08	1,80	10,84	3,36	2,10	1,46 ^c	12,40	6,00 ^a	81,00	50,20	19,20
F + A	15,04	1,76	10,56	3,54	2,12	1,64 ^a	11,60	5,40 ^b	85,80	53,40	19,33
Média	15,02	1,77	10,57	3,49	2,07	1,54	12,16	5,45	81,18	51,53	19,13
Q.M.R	0,4375	0,0078	0,4883	0,1140	0,0289	0,0035	13,1344	0,2583	57,71	66,3708	0,9476
Valor de P	0,6126	0,7497	0,6904	0,8107	0,6737	0,0024	0,7918	0,0871	0,2340	0,4966	0,8385
C.V. (%)	4,40	4,99	6,61	9,69	8,23	3,82	29,80	9,33	9,36	15,81	5,09
	11 meses após o primeiro corte										
Controle	11,88 ^{ns}	1,18 ^{ns}	10,32 ^c	2,38 ^b	1,75 ^{ns}	1,50 ^{ns}	8,20 ^c	4,00 ^{ns}	220,00 ^{ns}	82,80 ^{ns}	17,00 ^b
<i>A. brasilense</i> (A)	12,00	1,16	11,78 ^b	2,34 ^b	1,80	1,50	11,40 ^b	3,40	219,00	71,40	17,00 ^b
Fungo Micorrízico (F)	12,38	1,24	13,36 ^a	2,74 ^{ab}	1,78	1,53	13,33 ^a	4,00	243,60	61,25	19,00 ^a
F + A	12,24	1,20	11,03 ^{bc}	2,83 ^a	1,78	1,42	7,60 ^c	3,40	219,40	73,75	17,40 ^b
Média	12,13	1,20	11,62	2,57	1,78	1,49	10,13	3,70	225,50	72,30	17,60
Q.M.R	0,5419	0,0063	0,8692	0,1192	0,0081	0,0086	2,5555	0,7250	726,83	167,50	1,2833
Valor de P	0,7066	0,4547	0,0015	0,1035	0,8526	0,3405	0,0003	0,5038	0,4251	0,1248	0,0485
C.V. (%)	6,07	6,62	8,02	13,43	5,07	6,23	15,78	23,01	11,96	17,90	6,44

Fonte: O próprio autor

Costa (2014), observou diferença nos teores de N, K e S. Para os micronutrientes, B, Cu, Fe, Mn e Zn, o mesmo autor não encontrou efeito em relação a inoculação.

Para Prado Junior (2008), a inoculação com *A. brasilense*, não surtiu efeito no teor de N, 8 meses após o plantio, ao contrário de Muthukumarasamy et al. (1999) observaram aumento no teor de N na diagnose foliar.

Oliveira et al. (2002, 2006), afirmam que as inoculações com *Azospirillum*, resultou em um incremento de 30% no acúmulo de N, enquanto Guimarães (2016), não observou alterações nos teores de N.

Tellechea (2007), não observou aumento no teor de P nas folhas e na parte aérea da cana-de-açúcar, inoculadas FMA. O mesmo autor relata, aumento no teor de N. Kelly et al. (2005), verificaram que a inoculação de *R. clarus*, aumentou os valores de P na parte aérea da cana, sendo um benefício similar a 17 mg kg⁻¹ de P.

O maior benefício nutricional em relação a inoculação de FMA está diretamente ligado a absorção de P (CHIU; PASZKOWSKI, 2019), mas a literatura aponta que o fungo micorrízico também podem aumentar os teores de N, S, Zn e Fe (GONZÁLES-GUERREIRO et al., 2005; GOVINDARAJULU et al., 2005; LÓPEZ-PEDROSA et al., 2006; ALLEN; SHACHAR-HILL, 2009).

5.5.2 Altura e número de perfilhos

De acordo com os resultados obtidos para altura de planta, o experimento A, é possível observar interação entre os tratamentos, apenas 11 meses após o plantio havendo diferença estatística entre as metodologias de inoculação e com valores superiores quando comparado ao controle. As inoculações apresentaram o mesmo efeito significativo ficando entre 2,72 (*Azospirillum* e F+A) e 2,88 metros, sendo a maior altura para FMA (tabela 9). Comportamento idêntico pode ser observado no experimento B, onde FMA obteve a maior altura de cana com 3,33 m. O mesmo efeito pode ser observado no segundo corte, com FMA obtendo o maior valor (1,97 m), 8 meses após o primeiro corte (tabela 10).

Em relação ao número de perfilho é possível notar que no segundo corte para o experimento B, 11 meses o primeiro corte o FMA foi responsável pelo maior número de perfilho por metro linear (10,52).

Tabela 9 – Média da altura e número de perfilho por metro linear no experimento A, variedade CTC 9001, 4 e 11 meses após o plantio safra 2019/20 e média da altura e número de perfilho por metro linear no experimento A, 8 e 11 meses após o primeiro corte, safra 2020/21 , Tanabi – SP.

Tratamento	Altura – 4 meses após o plantio	Altura – 11 meses após o plantio	Perfilho – 4 meses após o plantio	Perfilho – 11 meses após o plantio
	Metros (m)		Perfilho por metro linear	
Controle	0,76 ^{ns}	2,38 ^b	8,93 ^{ns}	8,07 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	0,86	2,72 ^a	7,78	8,35
Fungo Micorrízico (F)	0,81	2,88 ^a	8,75	8,10
F + A	0,87	2,72 ^a	8,59	8,06
Média	0,83	2,67	8,51	8,14
Q.M.R	0,0105	0,0687	1,93	0,8401
Valor de P	0,3423	0,0591	0,5880	0,9495
C.V. (%)	12,43	9,80	16,34	11,26
Tratamento	Altura - 8 meses após o 1º corte	Altura – 11 meses após o 1º corte	Perfilho – 8 meses após o 1º corte	Perfilho – 11 meses após o 1º corte
	Metros (m)		Perfilho por metro linear	
Controle	1,82 ^{ns}	2,10 ^{ns}	10,34 ^{ns}	10,22 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	1,87	2,04	11,26	10,60
Fungo Micorrízico (F)	1,72	2,00	11,80	10,88
F + A	1,77	2,01	11,06	11,07
Média	1,79	2,04	11,11	10,69
Q.M.R	0,0110	0,0340	2,3548	1,7965
Valor de P	0,2029	0,8387	0,5303	0,7717
C.V. (%)	5,85	9,05	13,81	12,54

Fonte: O próprio autor

Tabela 10 – Média da altura e número de perfilho por metro linear no experimento B, variedade CTC 9002, 4 e 11 meses após o plantio safra 2019/20 e média da altura e número de perfilho por metro linear no experimento B, 8 e 11 meses após o primeiro corte, safra 2020/21, Tanabi – SP.

Tratamento	Altura – 4 meses após o plantio	Altura – 11 meses após o plantio	Perfilho – 4 meses após o plantio	Perfilho – 11 meses após o plantio
	Metros (m)		Perfilho por metro linear	
Controle	0,68 ^{ns}	3,16 b	17,65 ^{ns}	9,53 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	0,69	3,31 a	13,84	8,95
Fungo Micorrízico (F)	0,74	3,33 a	14,74	10,06
F + A	0,69	3,31 a	17,17	9,41
Média	0,70	3,28	15,85	9,49
Q.M.R	0,0031	0,0110	9,7664	0,7125
Valor de P	0,3742	0,0729	0,2107	0,2780
C.V. (%)	7,94	3,20	19,72	8,90
Tratamento	Altura - 8 meses após o 1º corte	Altura – 11 meses após o 1º corte	Perfilho – 8 meses após o 1º corte	Perfilho – 11 meses após o 1º corte
	Metros (m)		Perfilho por metro linear	
Controle	1,770 c	2,20 ^{ns}	11,00 ^{ns}	9,64 bc
<i>A. brasilense</i> (A)	1,828 bc	2,18	11,67	9,11 c
Fungo Micorrízico (F)	1,970 a	2,38	11,43	10,52 a
F + A	1,951 ab	2,21	11,05	9,92 ab
Média	1,88	2,24	11,28	9,79
Q.M.R	0,0127	0,0249	0,7073	0,4260
Valor de P	0,0435	0,2042	0,5531	0,0339
C.V. (%)	5,99	7,04	7,45	6,66

Fonte: O próprio autor

Por outro lado, os experimentos C e D, não apresentaram efeito esperado em nenhum dos tratamentos tanto para altura quanto para número de perfilho nas duas avaliações realizadas como apontam as tabelas 11 e 12.

Barassi et al. (2008), observaram respostas fisiológicas da planta em diversos trabalhos, os quais foram inoculados por *Azospirillum brasilense*, e notaram aumento na clorofila, o qual está diretamente ligado a fotossíntese, potencial hídrico e incremento de água nos apoplasto, bem como a altura das plantas e fitomassa.

Oliver e Silva (2018), concluíram que o uso de *Azospirillum*, surtiu efeito na altura da cana, quando inoculados em soqueira, sendo um incremento de 4% ao controle. Scudeletti (2016), observou efeito no uso de *Azospirillum brasilense* em relação ao aumento do comprimento médio dos entrenós, conseqüentemente um efeito sobre a altura da cana.

Por outro lado, Tayade et al. (2019), trabalhando com *A. brasilenses*, analisando o efeito da inoculação sob a palhada e a ciclagem de nutrientes em soqueira de cana, não observaram efeito sob a altura de plantas nem no número de perfilho.

Ao avaliar estirpes diferentes de *A. brasilense* inoculados na cana-de-açúcar, Matsumoto et al (2011), observaram influência sob o aumento do número de perfilhos tanto em cana-planta, quanto na soqueira. Segundo os autores, o uso desse inoculante a bactéria pode viabilizar o crescimento da cultura, podendo usá-lo como substituto de adubo químico nitrogenado.

Girio et al. (2015), avaliando o uso de *A. brasilenses* em mudas pré-brotadas (MPB), encontraram um incremento de 12% no perfilhamento. Suman et al. (2013), relatam que a inoculação maximizou a quantidade de perfilho.

No entanto, Oliver (2014), notou que a inoculação da bactéria via foliar, não influenciaram positivamente o número de perfilho. Pereira (2011), relata que o número de perfilho em relação ao controle, não gerou diferença significativa, sendo em alguns casos, uma redução desse parâmetro.

Reis et al., avaliando o uso de *Nitrospirillum amazonense* na cana, demonstrou um bom potencial para o número de perfilho, altura de planta e produtividade.

Avaliando inoculações de FMA em cana-de-açúcar, Prabudoss (2011), verificou incremento para altura da cultura, além de maiores diâmetros de colmo.

São escassos os estudos abordando a inoculação de FMAs em cana-de-açúcar, porém, Xie et al. (2013), verificaram que o uso de FMA, em mudas

promoveram de 57 a 69% a massa e a altura, respectivamente, em relação ao controle sem inoculação.

Tristão et al. (2016), observou que o efeito variedade impactou sob variável altura, o que pode justificar uma simbiose singular de acordo com cada variedade e seu genótipo. A simbiose com FMA pode auxiliar no crescimento vegetativo, pois podem favorecer o aumento da assimilação de CO₂, transpiração e abertura estomática. (SCHWOB et al., 1998 ; DINIZ, 2007; OLIVEIRA et al., 2015)

Ambrosano et al. (2010), observaram que a colonização natural de fungos micorrízicos em cana-de-açúcar, correlacionaram positivamente com a altura da planta.

Por outro lado, Barbosa (2005), trabalhando com cinco cultivares diferentes em sistema irrigado e sequeiro, não obteve efeito significativo para altura. Sales (2016) estudando 16 cultivares diferentes também não obteve diferenças. Esses resultados podem inferir que não há uma regra, ou seja que as cultivares podem ser semelhantes ou não em relação à altura.

Tabela 11 – Média da altura e número de perfilho por metro linear no experimento C, variedade RB975242, 8 e 11 meses após o primeiro corte, safra 2020/21, Tanabi – SP.

Tratamento	Altura - 8 meses após o 1º corte	Altura – 11 meses após o 1º corte	Perfilho – 8 meses após o 1º corte	Perfilho – 11 meses após o 1º corte
	Metros (m)		Perfilho por metro linear	
Controle	2,01 ^{ns}	2,43 ^{ns}	13,44 ^{ns}	12,65 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	2,04	2,59	12,69	12,66
Fungo Micorrízico (F)	2,03	2,38	13,28	12,45
F + A	2,02	2,50	14,43	12,86
Média	2,03	2,47	13,46	12,65
Q.M.R	0,0429	0,0834	1,8340	0,8467
Valor de P	0,9954	0,6966	0,2847	0,9176
C.V. (%)	10,22	11,68	10,06	7,27

Fonte: O próprio autor

Tabela 12 – Média da altura e número de perfilho por metro linear no experimento D, variedade RB867515, 8 e 11 meses após o primeiro terceiro, safra 2020/21, Tanabi – SP.

Tratamento	Altura - 8	Altura - 11	Perfilho - 8	Perfilho - 11
	meses após o 1º corte	meses após o 1º corte	meses após o 1º corte	meses após o 1º corte
	Metros (m)		Perfilho por metro linear	
Controle	1,26 ^{ns}	1,58 ^{ns}	9,59 ^{ns}	8,05 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	1,37	1,60	9,68	7,86
Fungo Micorrízico (F)	1,25	1,59	9,55	8,59
F + A	1,35	1,69	9,09	7,18
Média	1,31	1,61	9,48	7,92
Q.M.R	0,0108	0,0281	1,8790	1,7522
Valor de P	0,2156	0,6985	0,9042	0,4401
C.V. (%)	7,95	10,38	14,46	16,72

Fonte: O próprio autor

5.5.3 INDICADORES DE QUALIDADE DE MATÉRIA PRIMA

5.5.3.1 Fibra

No experimento A, tanto cana-planta quanto o segundo corte não manifestaram influência pelo efeito da interação entre as inoculações, com valores muito próximos ao apresentado tanto pelo controle (12,48%), quanto pela média dos tratamentos (tabelas 13 e 14).

O experimento B (tabelas 15 e 16), apresentou comportamento diferente ao A, onde foi possível observar interação entre as inoculações, sendo F+A obtendo o maior valor. A soqueira, não demonstrou nenhum resultado entre os tratamentos.

O teor de fibra é uma característica varietal, mas que pode ser influenciável por diversos fatores ambientais, como a precipitação e a temperatura, além do tipo de solo, tratos culturais e época de corte (FERNANDES, 2000).

Costa (2014), avaliando efeito da inoculação com bactérias diazotróficas, associados a doses de N mineral, observou não haver efeito a parâmetros qualitativos, como por exemplo a porcentagem de fibra. Da mesma forma Sales (2018) não encontrou efeito significativo tanto entre variedades quanto em relação ao fator inoculação.

Os valores da porcentagem de fibra em todos os experimentos ficam se não próximo, dentro do intervalo relatado por Ripoli e Ripoli (2009), apontando como ideal, ou seja 11 a 13%. Apenas a cana soca do experimento A, apontou concentração acima do recomendável (14,23% em FMA), no entanto nada discrepante do aceitável.

Tabela 13 - Valores da análise da qualidade de matéria prima para Brix, POL do Caldo, Pol da cana, Pureza, Fibra da Cana, Umidade, Açúcar Recuperável (AR), Açúcar Total Recuperável (ATR, kg ton⁻¹) do experimento A, cana-planta, variedade CTC 9001, na colheita do experimento, realizado em Tanabi – SP 2020.

Tratamento	Brix °	Pol do Caldo	Pol da Cana	Pureza %	Fibra Cana	AR	ATR Kg ton ⁻¹
Controle	20,39 ab	17,09 bc	14,35 bc	150,4 a	12,48 ^{ns}	0,77 a	172,91 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	20,89 a	17,80 a	15,04 a	141,3 c	12,31	0,72 b	171,90
Fungo Micorrízico (F)	20,11 b	16,68 c	14,03 c	146,5 ab	12,38	0,77 a	170,22
F + A	20,61 ab	17,39 ab	14,61 ab	145,57	12,45	0,75 ab	174,39
Média	20,50	17,24	14,51	145,94	12,40	0,75	172,36
Q.M.R	0,2069	0,3130	0,2315	0,0373	0,1506	0,0013	16,0074
Valor de P	0,0997	0,0469	0,0371	2,99	0,9055	0,1036	0,4420
C.V. (%)	2,22	3,24	3,32	144,1 bc	3,13	4,81	2,32

Fonte: O próprio autor

Tabela 14 - Valores da análise da qualidade de matéria prima para Brix, POL do Caldo, Pol da cana, Pureza, Fibra da Cana, Umidade, Açúcar Recuperável (AR), Açúcar Total Recuperável (ATR, kg ton⁻¹) do experimento A, cana-soca, variedade CTC 9001, na colheita do experimento, realizado em Tanabi – SP 2021.

Tratamento	Brix o	Pol do Caldo	Pol da Cana	Pureza %	Fibra Cana	AR	ATR Kg ton ⁻¹
Controle	20,77 ^{ns}	17,36 ^{ns}	14,18 ^{ns}	83,57 ^{ns}	14,04 ^{ns}	0,77 ^{ns}	142,40 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	21,27	17,75	14,39	83,37	14,11	0,78	144,39
Fungo Micorrízico (F)	21,71	18,08	14,89	83,30	13,59	0,78	149,33
F + A	21,58	18,30	14,90	84,78	14,23	0,73	149,00
Média	21,33	17,87	14,59	83,76	13,99	0,77	146,28
Q.M.R	0,8603	1,0882	0,7062	3,4154	0,3080	0,0040	59,77
Valor de P	0,4158	0,5289	0,4565	0,5684	0,3282	0,5684	0,4320
C.V. (%)	4,35	5,84	5,76	2,21	3,97	8,25	5,29

Fonte: O próprio autor

5.5.3.2 POL do caldo

Pode-se observar que os teores de sacarose (POL) no experimento A, obteve efeito significativo na inoculação de *Azospirillum brasilense* (17,80%) aos demais tratamentos. Por outro lado, não houve diferença estatística em todos os demais tratamentos em B, C e D (tabelas 17 e 18).

Ainda que não havendo diferença estatística nos experimentos, exceto A (cana-planta), os valores ainda são superiores (14%) ao indicado pelos autores supracitados. Pelo fato de ser cana de ano, a probabilidade de ainda não estar maturada, pode acarretar a não diferenciação entre os tratamentos. Santos, Queiroz e Rabelo (2016), apontam que cana ainda não maturada apresentam mais concentração de açúcares redutores podendo influenciar de modo negativo o teor do POL do caldo.

Analisando o efeito de interação da inoculação com o uso de coquetel de bactérias diazotróficas, incluindo *Azospirillum*, Oliver e Silva (2018), concluíram que a inoculação não surtiu efeito para o acúmulo de sacarose da cana (pol), com valores de 15,26 a 15,77% para a variedade BR92579. Da mesma forma, Sales (2018), avaliando a inoculação de FMA durante três safras, observou um incremento de 3,55% para esta variável.

Esses valores condizem com os baixos percentuais de fibra observados durante o experimento. Para Fernandes (2000) a cana para ser considerada madura a pol% deve ser em torno de 15,3% no transcorrer da safra.

5.5.3.3 Pureza do caldo

Nessa variável pureza (%), os valores foram superiores a 80% na maioria das safras dos experimentos. Com exceção da socaria do experimento B (78,79%) e o experimento C, com 78,53% de média. Ainda assim, os números revelam maturidade fisiológica da cana-de-açúcar, refletindo entre o teor de sacarose e os demais sólidos solúveis.

Para essa qualidade de matéria prima, não foi observado efeito significativo nos experimentos A (cana-planta e soqueira), C e D. O experimento B enquanto cana-planta apresentou efeito diante dos tratamentos, sendo o controle apresentando o maior teor de pureza com 86,31%. A soqueira não obteve dados significativos.

Tabela 15 - Valores da análise da qualidade de matéria prima para Brix, POL do Caldo, Pol da cana, Pureza, Fibra da Cana, Umidade, Açúcar Recuperável (AR), Açúcar Total Recuperável (ATR, kg ton⁻¹) do experimento B, cana-planta, variedade CTC 9002, na colheita do experimento, realizado em Tanabi – SP 2020.

Tratamento	Brix o	Pol do Caldo	Pol da Cana	Pureza %	Fibra Cana	AR	ATR Kg ton ⁻¹
Controle	20,42 ^{ns}	17,46 ^{ns}	15,08 a	86,31 a	12,24 ab	0,68 ^{ns}	147,25 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	20,82	17,44	14,41 b	85,86 ab	12,05 b	0,71	144,74
Fungo Micorrízico (F)	20,44	17,39	14,71 ab	85,09 c	12,07 b	0,72	147,75
F + A	20,38	17,40	14,58 b	85,38 bc	12,38 a	0,71	145,86
Média	20,51	17,42	14,69	85,66	12,18	0,71	146,40
Q.M.R	0,4395	0,5718	0,1466	0,3226	0,0462	0,0008	21,4325
Valor de P	0,7069	0,9986	0,0921	0,0249	0,0968	0,1690	0,7321
C.V. (%)	3,23	4,34	2,61	0,66	1,76	4,06	3,16

Fonte: O próprio autor

Tabela 16 - Valores da análise da qualidade de matéria prima para Brix, POL do Caldo, Pol da cana, Pureza, Fibra da Cana, Umidade, Açúcar Recuperável (AR), Açúcar Total Recuperável (ATR, kg ton⁻¹) do experimento B, cana-soca, variedade CTC 9002, na colheita do experimento, realizado em Tanabi – SP 2021.

Tratamento	Brix o	Pol do Caldo	Pol da Cana	Pureza %	Fibra Cana	AR	ATR Kg ton ⁻¹
Controle	19,07 ^{ns}	14,39 ^{ns}	12,37 ^{ns}	78,02 ^{ns}	13,17 ^{ns}	0,96 ^{ns}	126,4 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	19,10	15,27	12,55	79,98	13,75	0,90	127,6
Fungo Micorrízico (F)	18,71	14,80	12,35	79,09	12,84	0,93	126,1
F + A	18,60	14,53	12,11	78,08	12,90	0,96	124,0
Média	18,87	14,75	12,35	78,79	13,16	0,94	126,03
Q.M.R	0,2615	0,4101	0,3766	4,4707	0,3369	0,0053	30,21
Valor de P	0,3443	0,1910	0,7415	0,4400	0,1055	0,4400	0,7769
C.V. (%)	2,71	4,34	4,97	2,68	4,41	7,73	4,36

Fonte: O próprio autor

No entanto é possível notar que no experimento A, na cana-planta, quando inoculado com *Azospirillum brasilense*, no experimento B, cana-planta, em todos os tratamentos, e no experimento D todos os valores ficaram acima de 85% (SANTOS, QUEIROZ, RABELO, 2016). Provavelmente os valores podem estar correlacionados com a variedade utilizada, uma vez que a CTC9002 e a RB867515, são variedades que apresentam valores de Brix e ATR mais acentuados que a CTC9001 e RB975242.

Santos et al. (2011), trabalhando com a variedade RB92579, não observou efeito de inoculação com *Azospirillum* na pureza do caldo, corroborando com os resultados obtidos neste experimento. Vitti (2003), não observou aumento dos teores de fibra e POL da cana em relação ao uso de *Azospirillum*, apenas em relação ao aumento da dose de N.

Por outro lado, Sales (2018), observou altas médias durante três safras, com valores superiores a 80%, além disso o autor obteve incremento de 1,28% de incremento.

Este valor indica maturidade fisiológica da cana-de-açúcar, refletindo a relação entre o teor de sacarose e todos os demais sólidos solúveis.

5.5.3.4 Pol da cana

A pol (% cana), é a porcentagem existente na cana (TASSO JUNIOR, 2007). Segundo Fernandes (2000), para ser considerada madura, a cana, precisa apresentar uma porcentagem em torno de 15,3%. A média dos valores foram abaixo do proposto pelo autor, sendo o experimento D, com a maior média (17,48%).

Obteve-se efeito pelos tratamentos apenas os experimentos A e B, enquanto cana planta. Em A, os melhores valores, foi na inoculação com *Azospirillum* (15,04%). Em B, o controle (15,08%) foi melhor, porém não diferindo estatisticamente quando inoculado com o FMA (14,71%). As soqueiras dos experimentos A B, C e D não tiveram efeito significativo em relação aos tratamentos.

Oliver e Silva (2018), investigando o efeito da inoculação de *Azospirillum* com doses de N, observaram não haver efeito sob a inoculação. De maneira contrária esse experimento demonstrou que para inoculação em cana-planta o efeito foi benéfico, apontando os maiores resultados nessa metodologia.

Guimarães (2016) notou que o manejo de inoculantes com *A. brasilense*, ocasionou redução nos valores do Pol da cana quando comparados a média do

controle, porém os resultados não foram significativos.

5.5.3.5 Açúcar Total Recuperável (ATR)

Para o experimento A, observou-se que o uso de *Azospirillum* na cana-planta tendenciou a maiores valores para ATR. No segundo corte apesar dos valores absolutos serem maiores nos tratamentos com fungo micorrízico (149,33) e F+A (149), não houve diferença significativa entre os tratamentos, ficando o *Azospirillum* com 144,40, ainda assim maior que o controle com 142,40 quilos por hectare.

O experimento B, não manifestou efeito entre os tratamentos, tanto para cana-planta quanto para soqueira, porém em números absolutos o fungo micorrízico na cana planta e o *Azospirillum* na soqueira, com 147,75 e 127,6 quilos por toneladas, respectivamente, apresentaram maior concentração.

Em relação ao experimento C, não houve diferença estatística, além disso o controle apresentou maior concentração quando comparado as demais inoculações com 132,73 kg ton⁻¹. Diferentemente do experimento D, em que o tratamento com *Azospirillum* obteve 1% (174,39) a mais que o controle.

Pereira (2011), observando os efeitos da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar quando inoculados com *A. brasilense*, notou que para alguns atributos foram observados efeitos significativos, porém para ATR, para TAH não. Oliver e Silva (2018), não encontraram respostas sobre acúmulo de ATR em relação a inoculação com *Azospirillum*. Gava et al. (2018), também não constaram aumento na concentração de açúcar mediante a inoculação.

A literatura é escassa no que diz respeito ao efeito da inoculação de FMA em cana-de-açúcar e seus efeitos, porém, sabe-se que a simbiose entre fungo e raiz promovem efeito sob a produção de fotoassimilado, que de maneira geral é sacarose que é quebrado em glicose e frutose (GIAQUINTA, 1983; BAGO et al., 2000). O efeito da micorrização potencializa o dreno de açúcares para que receba mais sacarose, devido ao aumento da expressão de transportadores de sacarose nas folhas e nas raízes colonizadas (BOLDT et al., 2011; DOIDY et al., 2012), o que corrobora com trabalhos realizado por Sales (2018), onde observou um ganho de 9% no total acumulado para valores de ATR com inoculação de FMA.

Tabela 17 - Valores da análise da qualidade de matéria prima para Brix, POL do Caldo, Pol da cana, Pureza, Fibra da Cana, Umidade, Açúcar Recuperável (AR), Açúcar Total Recuperável (ATR, kg ton⁻¹) do experimento C, cana-soca, variedade RB975242, na colheita do experimento, realizado em Tanabi – SP 2021.

Tratamento	Brix o	Pol do Caldo	Pol da Cana	Pureza %	Fibra Cana	AR	ATR Kg ton ⁻¹
Controle	18,79 ^{ns}	15,19 ^{ns}	13,07 ^{ns}	80,79 ^{ns}	11,07 ^{ns}	0,87 ^{ns}	132,73 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	17,94	13,75	11,75	76,51	11,46	1,02	121,15
Fungo Micorrízico (F)	18,43	14,72	12,68	79,83	11,00	0,90	129,24
F + A	18,00	13,88	11,83	76,99	11,17	1,00	121,77
Média	18,29	14,38	12,33	78,53	11,17	0,95	126,22
Q.M.R	0,5159	1,2944	0,9092	16,21	0,1435	0,0191	66,53
Valor de P	0,2582	0,1953	0,1303	0,3018	0,2931	0,3018	0,1158
C.V. (%)	3,93	7,91	7,73	5,13	3,39	14,58	6,46

Fonte: O próprio autor

Tabela 18 - Valores da análise da qualidade de matéria prima para Brix, POL do Caldo, Pol da cana, Pureza, Fibra da Cana, Umidade, Açúcar Recuperável (AR), Açúcar Total Recuperável (ATR, kg ton⁻¹) do experimento D, cana-soca, variedade RB975242, na colheita do experimento, realizado em Tanabi – SP 2021.

Tratamento	Brix o	Pol do Caldo	Pol da Cana	Pureza %	Fibra Cana	AR	ATR Kg ton ⁻¹
Controle	23,80 ^{ns}	21,51 ^{ns}	17,53 ^{ns}	90,39 ^{ns}	14,18 ^{ns}	0,54 ^{ns}	172,91 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	23,75	21,52	17,44	90,62	14,51	0,53	171,90
Fungo Micorrízico (F)	23,51	21,05	17,24	89,84	14,13	0,56	170,22
F + A	23,84	21,59	17,69	90,54	13,88	0,54	174,39
Média	23,72	21,42	17,48	90,34	14,18	0,54	172,36
Q.M.R	0,2207	0,2576	0,1753	0,3423	0,7166	0,0004	16,0074
Valor de P	0,6802	0,3468	0,4253	0,1989	0,7046	0,1989	0,4420
C.V. (%)	1,98	2,37	2,40	0,65	5,97	3,70	2,32

Fonte: O próprio autor

5.5.3.6 Massa verde

Os resultados obtidos, apontam que para variável massa verde o experimento A (tabela 19 e 20), não apontou efeito sobre os tratamentos durante o primeiro corte. Em seu segundo corte, os resultados das inoculações apresentaram dados significantes 8 meses após a colheita, porém números estatisticamente iguais quando comparados ao controle.

No experimento B (tabela 21 e 22), foi observado efeito entre os tratamentos 11 meses após o plantio, contudo, inoculações como *Azospirillum brasilense* e FMA não diferiram do controle. Os experimentos C (tabela 23) e D (tabela 24) não apontaram dados significativos entre os tratamentos em nenhum dos momentos.

Resultados muito parecidos, foram observados por Guimarães (2016), onde não observou resposta à massa fresca, além de números abaixo do controle, quando inoculadas com bactérias diazotróficas. Casos assim não são raros, Oliveira et al. (2002), também relataram diminuição significativa de massa fresca em relação ao controle. Da mesma forma Pereira (2011) trabalhando com CTC-15, observou redução de produtividade em trabalhos com *A. brasilense*, porém o autor questiona os fatores como clima e ambiente de cultivo, não apenas planta/bactéria.

Oliveira et al (2002), observaram incrementos nos valores de massa fresca após 45 dias de cultivo. Corroborando com os autores, Costa (2014), observou diferença significativa no estante em função do inoculante *A. brasilense*, assim como Muthukumarasamy et al., (2006), relataram um aumento significativo da parte aérea 45 dias após a inoculação no solo.

Bakhshandeh, Pirdashti e Gilani (2018), reportaram que a inoculação de microrganismos promotores de crescimento em sementes de arroz, aumentou a biomassa em 11 a 24 em relação a plantas não inoculadas. Diaz-Zorita, Balina, Canigia (2012), afirmaram que o uso de *Azospirillum brasilense* nas pastagens praticamente dobrou a concentração de massa fresca.

Santos et al. (2019), pesquisando o comportamento do enraizamento de MPB, constataram um aumento na biomassa da cana-de-açúcar, na variedade IACSP95-5000, quando inoculadas com *Azospirillum spp.*

Vacheron et al. (2013), identificaram a produção de citocininas por *A. brasilense* que tem influência positiva no crescimento aéreo da cana-de-açúcar, uma vez que esse hormônio é responsável pela divisão celular.

Na cultura da cana-de-açúcar, principalmente na fase de desenvolvimento vegetativo, o efeito do FMA é visto pelo maior crescimento da planta, principalmente por conta do incremento de absorção de nutrientes, em especial o P (BERBARA et al., 2006).

Os efeitos das associações micorrízicas são benéficas em relação a nutrição mineral nas plantas (SMITH; READ, 2010). Nessas interações, a raiz colonizada pelo micélio, promove maior absorção de água e nutrientes, permitindo uma maior extensão das raízes em absorver esses elementos, promovendo um maior desenvolvimento vegetativo.

O uso de FMA, pode incrementar o crescimento vegetal, apresentando um potencial para reduzir a dose de P. Isso pode maximizar o aproveitamento do uso de fertilizantes fosfatados, como observado nos trabalhos realizados por Blevins (1999); Chiu; Paszkowski, (2019). Porém nem sempre, são observados esse comportamento, isso devido a diversos fatores, como por exemplo, genótipo da planta e do fungo, fertilidade do solo, água entre outros (SMITH; READ, 2010; LANFRANCO et al., 2018).

Sales (2018) avaliando os efeitos da inoculação com FMA em seis variedades diferentes, observou incrementos significativos tanto entre as variedades, chegando a uma variação de 33% de superávit, quanto observados a média das cultivares com e sem inoculação dentro das safras, observou-se um incremento de até 26%.

5.5.4 RENDIMENTOS AGRONOMICOS

5.5.4.1 PRODUTIVIDADE EM TONELADAS DE CANA POR HECTARE (TCH)

Observando os efeitos quadráticos de cada experimento, avaliando tanto tratamentos quanto o estágio da cana-de-açúcar, sendo cana-planta ou segundo corte é possível observar que para o experimento A não houve efeito significativo das inoculações em relação ao controle no primeiro e segundo corte da cana. No entanto, analisando os valores absolutos é possível revelar claramente uma vantagem das inoculações quando comparados aos tratamentos sem inoculação.

Neste mesmo experimento, nota-se que para o primeiro corte houve uma produtividade de 15% na inoculação de F+A em relação ao controle o que corresponde a 113,54 toneladas de cana por hectare contra 98,78. Por essa ótica os demais tratamentos apresentam o mesmo comportamento sendo a produtividade do

fungo micorrízico superior a 10% (108,7) e o *Azospirillum* com produtividade final de 105,74, 7% acima do controle, o que agronomicamente significa um incremento substancial.

O experimento B, manifestou efeito sob as inoculações no primeiro, também no segundo corte, sendo que na cana planta, a maior produtividade acontecendo quando inoculado apenas com fungo micorrízico, um superávit de 23,18%, (176,37) a mais que o controle. Uma diferença de 33,2 toneladas a mais. A associação entre F+A, veio na sequência com uma produtividade de 155,85 contra 143,17 do controle. O *Azospirillum brasilense*, acabou tendo uma produtividade abaixo do esperado, sendo 3% a menos que o controle.

Em relação ao segundo corte do experimento B, o comportamento foi muito semelhante a cana planta, onde a maior produtividade se deu na inoculação de fungo micorrízico com uma produtividade final de 86,90 toneladas de cana por hectare, contra 74,05 do controle, uma diferença de 12,85 toneladas a mais. A associação F+A, teve um incremento de 16% e o *Azospirillum brasilense* 5,5% em comparação com o controle.

As inoculações no experimento C, apontaram diferença estatística entre os tratamentos onde a associação F+A denotou-se a maior produtividade, significando 30,72% ou 26,59 toneladas a mais que o controle. O *Azospirillum brasilense* correspondeu a 13,47 toneladas a mais, com produtividade final de 100 toneladas por hectare, por fim o fungo micorrízico com 3,44% ou 13,47 toneladas a mais.

Por fim o experimento D, não apresentou efeito significativo para as inoculações. Mesmo observando os números é possível notar uma pequena diferença de 4,75 toneladas a mais. A diferença corresponde entre o *Azospirillum brasilense* (52,67) e o controle (47,92).

O déficit hídrico associado a uma cana menos vigorosa devido ao seu estágio de corte (quarto), pode ter acarretado a essa baixa produtividade e diferença entre os resultados. Por outro lado, nos direciona qual poderia ser a prioridade ou os melhores alvos para investir na inoculação.

Schultz et al. (2012), analisando inoculações com bactérias diazotróficas, observaram uma promoção de incremento e uma produtividade semelhante à uma adubação de 120kg ha⁻¹ de N-fertilizante na variedade RB867515. Analogamente Oliveira et al. (2006), observaram que a inoculação pode ocasionar uma produtividade muito semelhante em relação a canaviais que receberam fertilizantes nitrogenados.

Incrementos também foi observado por Naiman et al. (2009), utilizando 45 kg ha⁻¹ de N junto da inoculação de *A. brasilense* na semente de trigo, obtiveram incrementos de produtividade na casa dos 10%.

Reis Júnior et al. (2010), concluíram que o uso de *Azospirillum brasilense*, resultou em um aumento de produtividade final, similar a uma adubação com 120 kg ha⁻¹ em cana-planta e soqueira. Os mesmos resultados foram obtidos por Schultz et al. (2012).

Incremento na produtividade também foi discutido por Shankariah; Hunsigi (2001), que evidenciam através da inoculação de *Azospirillum* spp. um aumento significativo na cana-planta e cana soca de até 9 t ha⁻¹.

A simbiose entre mudas e fungos micorrízicos traz efeitos positivos como aumentos das taxas de CO₂, taxas de transpiração e uma maior taxa de abertura estomática, além de um maior crescimento vegetativo das mesmas (SCHWOB et al., 1998; DINIZ, 2007; OLIVEIRA et al., 2015).

Sales (2018), avaliando a inoculação de FMA entre safras distintas, observou um incremento de 20% na produtividade final quando comparado ao controle à inoculado.

5.5.4.2 TONELADAS DE AÇÚCAR POR HECTARE (TAH)

Resultado obtido pela multiplicação de TCH x ATR, o total de açúcar por hectare (TAH), corresponde a produtividade real de açúcar por, ponderando a produtividade versus rendimento do canavial.

Os dados do experimento A, seguem a mesma linha para TCH, não havendo diferença estatísticas entre as inoculações na cana-planta e na soqueira. Todavia, mesmo sem significância ainda assim é possível observar que houve incremento, mesmo que pequeno, perante os tratamentos, como pode-se observar o delta de 1,63 toneladas entre o *Azospirillum brasilense* em relação ao controle. No segundo corte essa diferença foi de 730 quilos, porém o fungo micorrízico (12,46) aumenta essa diferença para 2,14 toneladas a mais que o controle.

No experimento B, seguiu uma linearidade no primeiro corte em relação ao TCH avaliado, tendo o fungo micorrízico o maior rendimento na produção de açúcar, resultando em 24,90 toneladas, 17,39% a mais que o controle. Na sequência a associação F+A, aparece com 1,53 toneladas a mais em cima do mesmo comparativo.

No entanto o *Azospirillum brasilense* obteve o mesmo comportamento que teve quando avaliado o TCH, um déficit de 3% em relação ao controle. No segundo corte, o comportamento foi diferente uma vez que não houve efeito entre os tratamentos.

Os experimentos C e D, também não diferenciaram estatisticamente entre si, mesmo assim apresentou um delta entre os valores quando comparados ao controle. Em C, uma diferença de 2,52 toneladas entre F+A ao controle. Já em D, 560 quilos a mais em cima do mesmo comparativo.

Pereira (2011), avaliando a qualidade da matéria prima e produtividade em cana-de-açúcar que foram inoculadas com bactérias diazotróficas, não encontrou diferenças entre os resultados, tanto para cana inoculada, quanto para o controle sem inoculação, porém no desdobramento, o autor percebeu um incremento de 12,8 no TCH.

Scudeletti (2016), procurando identificar o melhor método de inoculação de *Azospirillum brasilense* a campo, observou um incremento de 21,5% a mais em relação a canas não inoculadas. Neste mesmo trabalho, o autor afirma que a inoculação via folha, demonstrou melhores resultados. Esse trabalho reforça a teoria que a inoculação influencia o TAH, concomitante ao TCH (SCHULZ, 2012).

Tabela 19 – Peso de massa verde de dez canas após 4 e 11 meses o plantio, produtividade final em tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) do experimento A, variedade CTC 9001, Tanabi – SP, 2020.

Tratamento	Massa verde	Massa verde 11	Tonelada de cana por hectare (TCH)	Toneladas de açúcar por hectare (TAH)
	4 meses após o plantio	meses após o plantio		
	kg planta		ton ha ⁻¹	
Controle	0,06 ^{ns}	1,80 ^{ns}	98,78 ^{ns}	14,27 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	0,06	1,85	105,74	15,90
Fungo Micorrízico (F)	0,06	1,76	108,70	15,34
F + A	0,07	1,88	113,54	15,26
Média	0,06	1,82	106,69	15,19
Q.M.R	0,0000	0,0830	398,9	7,91
Valor de P	0,1739	0,9003	0,7035	0,8297
C.V. (%)	11,43	15,81	18,72	18,52

Fonte: O próprio autor

Tabela 20 – Peso de massa verde de dez canas após 8 e 11 meses o plantio, produtividade final em tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) do experimento A, variedade CTC 9001, Tanabi – SP, 2021

Tratamento	Massa verde	Massa verde	Tonelada de cana por hectare (TCH)	Toneladas de açúcar por hectare (TAH)
	8 meses após o 1º corte	11 meses após o 1º corte		
	kg planta		ton ha ⁻¹	
Controle	1,17 a	1,25 ^{ns}	72,28 ^{ns}	10,32 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	1,10 a	1,21	76,07	11,05
Fungo Micorrízico (F)	0,97 b	1,22	83,45	12,46
F + A	1,11 a	1,24	76,63	11,43
Média	1,09	1,23	77,11	11,32
Q.M.R	0,0104	0,0249	156,33	4,89
Valor de P	0,0491	0,9814	0,5749	0,5113
C.V. (%)	9,38	12,84	16,22	19,54

Fonte: O próprio autor

Tabela 21 – Peso de massa verde de dez canas após 4 e 11 meses o plantio, produtividade final em tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) do experimento B, variedade CTC 9002, Tanabi – SP, 2020

Tratamento	Massa verde	Massa verde	Tonelada de cana por hectare (TCH)	Toneladas de açúcar por hectare (TAH)
	4 meses após o plantio	11 meses após o plantio		
	kg planta		ton ha ⁻¹	
Controle	0,048 ^{ns}	2,73 a	143,17 bc	21,21 bc
<i>A. brasilense</i> (A)	0,047	2,71 a	138,99 c	20,54 c
Fungo Micorrízico (F)	0,051	2,74 a	176,37 a	24,90 a
F + A	0,056	2,32 b	155,85 b	22,74 b
Média	0,05	2,62	153,60	22,35
Q.M.R	0,0000	0,0655	131,64	3,4512
Valor de P	0,1386	0,0666	0,0010	0,0138
C.V. (%)	11,20	9,75	7,47	8,31

Fonte: O próprio autor

Tabela 22 – Peso de massa verde de dez canas após 8 e 11 meses a colheita, produtividade final em tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) do experimento 1, variedade CTC 9002, Tanabi – SP, 2019

Tratamento	Massa verde	Massa verde	Tonelada de cana por hectare (TCH)	Toneladas de açúcar por hectare (TAH)
	8 meses após o 1º corte	11 meses após o 1º corte		
	kg planta ⁻¹		ton ha ⁻¹	
Controle	1,32 ^{ns}	1,32 ^{ns}	74,05 b	14,96 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	1,32	1,44	78,12 ab	14,80
Fungo Micorrízico (F)	1,43	1,38	86,90 a	15,12
F + A	1,37	1,44	85,90 a	14,80
Média	1,36	1,40	81,24	14,92
Q.M.R	0,0080	0,0114	66,41	0,2848
Valor de P	0,2441	0,2977	0,0793	0,7474
C.V. (%)	6,56	7,64	10,03	3,58

Fonte: O próprio autor

Tabela 23 – Peso de massa verde de dez canas após 8 e 11 meses a colheita, produtividade final em tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) do experimento 1, variedade RB877515, Tanabi – SP, 2019

Tratamento	Massa verde	Massa verde	Tonelada de cana por hectare (TCH)	Toneladas de açúcar por hectare (TAH)
	8 meses após o 1º corte	11 meses após o 1º corte		
	kg planta ⁻¹		ton ha ⁻¹	
Controle	1,46 ^{ns}	1,51 ^{ns}	86,53 b	11,42 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	1,51	1,54	100,00 ab	11,84
Fungo Micorrízico (F)	1,52	1,67	96,67 ab	12,44
F + A	1,44	1,59	113,12 a	13,94
Média	1,48	1,58	99,08	12,41
Q.M.R	0,0217	0,0389	234,61	4,4789
Valor de P	0,8036	0,6106	0,1033	0,3011
C.V. (%)	9,93	12,50	15,46	17,05

Fonte: O próprio autor

Tabela 24 – Peso de massa verde de dez canas após 8 e 11 meses a colheita, produtividade final em tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) do experimento 1, variedade RB877515, Tanabi – SP, 2021

Tratamento	Massa verde	Massa verde 11	Tonelada de cana por hectare (TCH)	Toneladas de açúcar por hectare (TAH)
	8 meses após o 1º corte	meses após o 1º corte		
	kg planta ⁻¹		ton ha ⁻¹	
Controle	0,88 ^{ns}	0,92 ^{ns}	47,92 ^{ns}	14,70 ^{ns}
<i>A. brasilense</i> (A)	0,93	1,00	52,67	15,26
Fungo Micorrízico (F)	0,94	0,93	50,50	15,08
F + A	0,94	1,09	48,60	15,04
Média	0,92	0,99	49,92	15,02
Q.M.R	0,0174	0,0137	69,3676	0,4375
Valor de P	0,8590	0,1560	0,8055	0,6126
C.V. (%)	14,33	11,85	16,68	4,40

Fonte: O próprio autor

5.5.5 ANÁLISE FINAL

Em geral, as características agronômicas têm alta correlação umas com as outras e conseqüentemente influenciam nas características tecnológicas. Os estudos que relacionam FMAs com características agronômicas, ocorrem somente na fase de desenvolvimento inicial da cultura, como por exemplo Sousa et al.(2015) que avaliaram o desenvolvimento inicial e componentes químicos da cana-de-açúcar sob estresse hídrico associado a fungos micorrízicos arbusculares e Kelly et al. (2005) que avaliaram a associação dos FMAs e diferentes doses de P no desenvolvimento inicial da cultura. Estudos que associam os FMAs com as características agronômicas e tecnológicas da cultura não são relatados até o presente momento, o que compromete a discussão destes experimentos, diferente do *Azospirillum brasilense*, que contém diversos estudos abordando sua inoculação em cana-de-açúcar.

No entanto, quando comparamos as produtividades de TCH, ATR e TAH acumuladas dos tratamentos inoculados com FMA e *Azospirillum brasilense*, bem como sua associação (F+A), é possível observar maiores incrementos pelas inoculações, em comparação ao controle, comprovando que a inoculação foi benéfica para a cultura.

O gráfico abaixo, demonstra muito bem essa discussão em que o acumulado das safras, para açúcar total recuperável (ATR), apresentou um rendimento de 285 kg ha⁻¹, uma diferença de 10 kg ha⁻¹ a mais em comparação com ao controle (275 kg ha⁻¹). Não diferente ficou FMA e F+A com aproximadamente 280kg ha⁻¹.

Observando o ganho de produtividade, o incremento sob a inoculação de FMA, foi de 21,05% a mais que ao controle, uma diferença de 40 toneladas de cana por hectare a mais no acumulado.

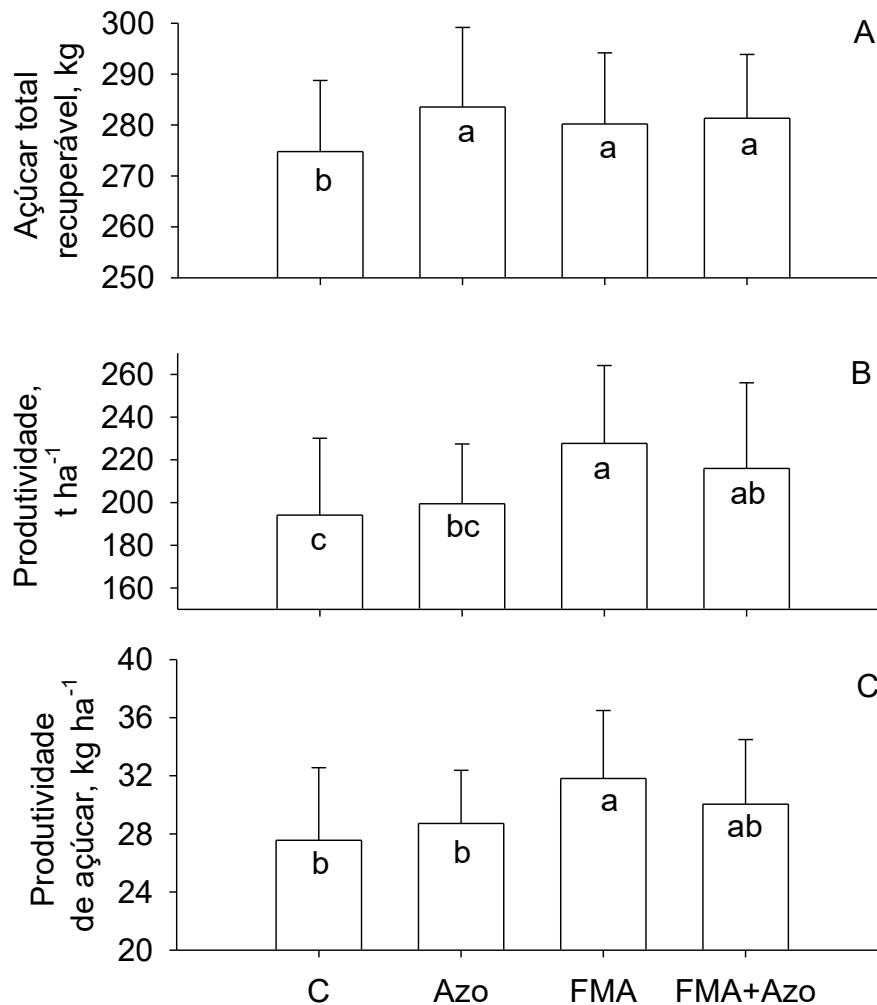
Esse mesmo efeito é visto em TAH, sendo o FMA responsável por entregar 32 toneladas de açúcar por hectare, um superávit de 5 toneladas ou 18,51% a mais em comparação ao tratamento sem inoculação.

Os incrementos superiores obtidos pelo uso de FMA pode se justificado pela simbiose obrigatória, que requer da planta a passagem de glicose e frutose às hifas, fazendo com que o custo total em hidratos de carbono chegue até a 20% da produção da fotossíntese (BOLDT et al., 2011; ADOLFSSON et al., 2015). Em consequência disso, a planta aumenta a assimilação de CO₂ para compensar a necessidade dos hidratos de carbono, podendo assim, garantir a continuidade da simbiose e se

beneficiar da melhor nutrição oportunizada pela micorriza (ADOLFSSON et al., 2015).

Desta forma, na explicação dos dados, vai de encontro ao que tentou-se justificar neste trabalho, onde a influência da inoculação de *Azospirillum* e FMA na cultura da cana-de-açúcar. Nota-se também que aqueles tratamentos onde não receberam inoculação encontram-se em lados opostos apresentando menores médias para as variáveis estudadas.

Figura 11 – Produtividade acumulada para ATR, TCH e TAH para as safras 2019/20 e 2020/21 para os experimentos A, B, C e D, Tanabi - SP



Fonte: O próprio autor

5.6 CONCLUSÕES

O uso de Fungo Micorrizíco Arbuscular, *Azospirillum brasilense*, bem como a associação F+A, promovem o incremento de TCH, ATR e TAH enquanto inoculados no sulco de plantio, sendo responsáveis apontarem maiores valores em rela

A metodologia de inoculação com corte de soqueira tem maior efeito em canas mais novas sendo inferior a metodologia do sulco de plantio.

5.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADOLFSSON, L.; SOLYMOSI, K.; ANDERSSON, M.X.; KERESZTES, A. Mycorrhiza symbiosis increases the surface for sunlight capture in *Medicago truncatula* for better photosynthetic production. **Plos One**, v. 10, p. 1-18, 2015.

ALLEN, J. W.; SHACHAR-HILL, Y. Sulfur transfer through an arbuscular mycorrhiza. **Plant Physiology**, Washington, v. 149, n. 1, p. 549-560, 2009.

BAGO, B.; PFEFFER, P. E.; SHACHAR-HILL, Y. Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. **Plant Physiology**, Washington, v. 124, n. 3, p. 949-958, 2000.

BAKHSHANDEH, E.; PIRDASHTI, H.; GILANI, Z. Application of mathematical models to describe rice growth and nutrients uptake in the presence of plant growth promoting microorganisms. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 124, p. 171-184, 2018

BARBOSA, E.A. **Avaliação fitotécnica de cinco variedades de cana-de-açúcar para o município de Salinas – MG** (Dissertação de Mestrado). Vitória da Conquista: UESB, 70p., 2005

BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L. E.;

CASANOVAS, W. M.; PEREYRA, M. A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F. D.;

GARCIA DE SALAMONE, I.(Ed.) ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant**

interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación

Argentina de Microbiologia, 2008. p.49-59

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L.E. Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances (1997- 2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v.50, p.521-577, 2004.

BEDINI, S.; PELLEGRINO, E.; AVIO., L; BAZZOFFI, P.; ARGESE, E. e GIOVANETTI, M. Changes in soil aggregation and glomalin related soil proteion content as affected by arbuscular mycorrhizal fungal species *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*. **Soil Biol. Biochem.**, v.41, p. 1491-1496, 2009.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A. e FONSECA, H. M. A. C. **Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição**. In: FERNANDES, M. S (ed). Nutrição Mineral de Plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 53 – 88

BLEVINS, D. G. Por que as plantas precisam de fósforo? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 87, p. 4-5, 1999.

BOLDT, K.; PÖRS, Y.; HAUPT, B.; BITTERLICH, M.; KÜHN, C.; GRIMM, B.; FRANKEN, P. Photochemical processes, carbon assimilation and RNA accumulation of sucrose transporter genes in tomato arbuscular mycorrhiza. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 168, n. 11, p. 1256-1263, 2011.

BONFANTE, P. Plants, mycorrhizal fungi and endobacteria: a dialog among cells and genomes. **Biological Bulletin** v.204, p. 215-220, 2003.

BRUNDRETT MC. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: Understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. **Plant Soil**. 2009.

CHIU, C. H.; PASZKOWSKI, U. Mechanisms and impact of symbiotic phosphate acquisition. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, Woodbury, v. 11, n. 6, p. a034603, 2019.

CHRISTIE, P.; LI, X. ; CHEN, B. Arbuscular mycorrhiza can depress retranslocation of zinc to shoots of host plants in soils moderately polluted with zinc. **Plant and Soil**, n.261, p. 209- 217, 2004.

CLEMENTS, H. F. 1980. **Sugarcane crop logging and crop control: principles and practices**. Hawaii, University Press of Hawaii.

COSTA, E. M. et al. Resposta de duas cultivares de feijão-caupi à inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 489-419, 2014

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Safra 2020/21, 6(2). Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 12 fev. 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Safra 2022/23, 6(2). Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 12 mai. 2023

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Instruções**. Piracicaba, 2006. Disponível em: <http://www.orplana.com.br/manual_2006.pdf > Acesso em: 25 de janeiro de 2018.

COSTA, N. L.; DAROS, E.; MORAES, A. Utilização de bioestimulantes na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **PUBVET**, Londrina, v. 5, n. 22, p. 1-32, 2011.

COSTA, E. M. et al. **Resposta de duas cultivares de feijão-caupi à inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio em ambiente protegido**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 9, n. 4, p. 489-494, 2014.

DÍAZ-ZORITA, M.; BALIÑA, R.; CANIGIA, M. F. Azospirillum brasilense enhances alfalfa productivity: field evaluation. In: 9TH INTERNATIONAL AND 1ST

LATINAMERICAN PGPR WORKSHOP, 9., 2012, Medellín. **Anais [...]**. Medellín, 2012. p. 3-8.

DINIZ, P. F. A. **Influência do fungo micorrízico arbuscular (*Glomus clarum*) sobre características biofísicas, nutricionais, metabólicas e anatômicas em plantas jovens de seringueira**. 125 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

DOIDY, J.; VAN TUINEN, D.; LAMOTTE, O.; CORNEILLAT, M.; ALCARAZ, G.; WIPF, D. The *Medicago truncatula* sucrose transporter family: characterization and implication of key members in carbon partitioning towards arbuscular mycorrhizal fungi. **Molecular Plant**, Oxford, v. 5, n. 6, p. 1346-1358, 2012

DOUBKOVA, P., VLAS AKOVA, E., SUDOVA, R. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alleviates drought stress imposed on *Knautia arvensis* plants in serpentine soil. **Plant Soil** **370**, 149e161, 2013.

DRIVER, J.D.; HOLBEN, W.E.; RILLING, M.C. Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology & Biochemistry**, v.37, n.1, p.101-106, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

ESTRADA, G. A.; BALDANI, V. L. D.; OLIVEIRA, D. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. Selection of phosphate-solubilizing diazotrophic *Herbaspirillum* and *Burkholderia* strains and their effect on rice crop yield and nutrient uptake. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 369, p. 115- 129, 2013.

FERNANDES, R. P et al. **Cálculos na Agroindústria da cana de açúcar**. Piracicaba: STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, 2000. 193 p.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria de cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB, 2003.

FERNANDES, A. C. 2011. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB.

FORS, R. O. **Identificação, quantificação e inoculação de Fungos Micorrízicos Arbusculares no sistema de produção de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Ciências do Solo)) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016

GADKAR, V.; DRIVER, J.D. e M.C. RILLING. A novel in vitro cultivation system to produce and isolate soluble factors released from hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Biotechnol. Lett.**, v.28, p.1071-1076, 2006.

GAVA, G. J. C.; SCARPARE, F. V.; CANTARELLA, H.; KÖLLN, O. T.; RUIZCORRÊA, S. T.; ARLANCH, A. B.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen source contribution in sugarcane-inoculated plants with diazotrophic bacteria under urea-N fertigation management. **Sugar Tech**, New Delhi, v. 21, n. 3, p. 462-470, 2018.

GHOLAMHOSEINI, M., A. GHALAVAND, A. DOLATABADIAN, E. JAMSHIDI, AND A. KHODAEI-JOGHAN. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. **Agric. Water Manag.** 117, 106-114. Doi: 10.1016/j. agwat.2012.11.007., 2013

GIAQUINTA, R. T. Phloem loading of sucrose. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 34, n. 1, p. 347-387, 1983.

GÍRIO, L.A. da S.; DIAS, F.L.F.; REIS, V.M.; URQUIAGA, S.; SCHULTZ, N.; BOLONHEZI, D.; MUTTON, M.A. Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pré-brotadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.33-43, 2015.

GONZÁLEZ-GUERRERO, M.; AZCÓN-AGUILAR, C.; MOONEY, M.; VALDERAS, A.; MACDIARMID, C. W.; EIDE, D. J.; FERROL, N. Characterization of a *Glomus* intraradices gene encoding a putative Zn transporter of the cation diffusion facilitator family. **Fungal Genetics and Biology**, Orlando, v. 42, n. 2, p. 130-140, 2005.

GOVINDARAJULU, M.; PFEFFER, P. E.; JIN, H.; ABUBAKER, J.; DOUDS, D. D.; ALLEN, J. W.; BÜCKING, H.; LAMMERS, P. J.; SHACHAR-HILL, Y. Nitrogen transfer in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Nature**, Washington, v. 435, n. 7043, p. 819-823, 2005

GUIMARÃES, D. S. N. **Bactérias fixadoras de nitrogênio no desenvolvimento, produção e qualidade da cana de açúcar.** 2016. 38 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant Soil**, v.331, p.413-425, 2010.

HUNGRIA, M.; BARBOSA, J.Z.; RONDINA, A.B.L.; NOGUEIRA, M.A. Improving maize sustainability with partial replacement of N fertilizers by inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Agronomy Journal**, v.114, n.5, p.2969-2980, 2022.

KANWAL, S.; BANO, A. ; MALLIK, R.N. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Metals Uptake, Physiological and Biochemical Response of *Medicago sativa* L. with Increasing Zn and Cd Concentrations in Soil. **American Journal of Plant Sciences**, v.6, p.2906-2923, 2015.

KELLY, R.M.; Edwards, D.G.; Thompson, J.P. ; Magarey, R.C. (2005) – Growth responses of sugarcane to mycorrhizal spore density and phosphorus rate. **Australian Journal of Agricultural Research**, vol. 56, n. 12, p. 1405-1413. <https://doi.org/10.1071/AR04185>

LANFRANCO, L.; FIORILLI, V.; GUTJAHN, C. Partner communication and role of nutrients in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist**, Cambridge, v. 220, n. 4, p. 1031-1046, 2018.

LEITE, J. M.; CIAMPITTI, I. A.; MARIANO, E.; VIEIRA-MEGDA, M. X.; TRIVELIN, P. C. Nutrient partitioning and stoichiometry in unburnt sugarcane ratoon at varying yield levels. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 7, p. 466, 2016.

LIN, L.; HU, C.; ZHANG, X.; CHANG, S.; YANG, L.; LI, Y.; AN, Q. Plant growthpromoting nitrogen-fixing enterobacteria are in association with sugarcane growing in Guangxi, China. **Microbes and environments**, Tagajo, v. 27, n. 4, p. 391398, 2012.

LÓPEZ-PEDROSA, A.; GONZÁLEZ-GUERRERO, M.; VALDERAS, A.; AZCÓNAGUILAR, C.; FERROL, N. GintAMT1 encodes a functional high-affinity ammonium transporter that is expressed in the extraradical mycelium of *Glomus intraradices*. **Fungal Genetics and Biology**, New York, v. 43, n. 2, p. 102-110, 2006.

MACHADO, P. C. **Identificação molecular e caracterização bioquímica de bactérias endofíticas associadas à cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) com potencial biotecnológico**. 2015. 100 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola adubos e adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1981.

MALAVOLTA, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. 1997. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. ver. atual. POTAFOS. Piracicaba. 319p

MUÑOZ-ROJAS, J.; CABALLERO-MELLADO, J. Population dynamics of *Gluconacetobacter diazotrophicus* in sugarcane cultivars and its effect on plant growth. **Microbiology Ecology**, New York, n. 46, p. 454-464, 2003.

MUTHUKUMARASAMY, R.; REVATHI, G.; LAKSHMINARASIMHAN, C. Diazotrophic Associations in sugarcane cultivation in south India. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 76, p. 171–178, 1999.

MUTHUKUMARASAMY, R. et al. N fertilizer saving by inoculation of *Gluconacetobacter diazotrophicus* and *Herbaspirillum* sp. in micropropagated sugarcane plants. **Microbiological Research**, v. 161, n. 3, p. 238-245, 2006.

NAIMAN, A. D.; LATRÓNICO, A.; SALAMONE, I. E. G. Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 45, n. 1, p. 44-51, 2009.

OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA, S.; DOBEREINER, J.; BALDANI, J. I. The effect of inoculating endophytic N₂-fixing bacteria on micropropagated sugarcane plants. **Plant and Soil**, v.242, p. 205-215, 2002.

OLIVIVEIRA, M.W.; BARBOSA, M. H. P; MENDES, L.C., DAMASCENO, C.M. Nutrientes na palhada de dez cultivares de cana-de-açúcar. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.21, n-3, p 6-7, 2002 a.

OLIVEIRA, A. L. M.; CANUTO, E. L.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M.; BALDANI J. I. Yield of micropropagated sugarcane varieties in different soil types following inoculation with endophytic diazotrophic bacteria. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 284, p. 23-32, 2006.

OLIVEIRA, J. J. F.; ALIXANDRE, T. F.; MIRANDA, J. M. S. Mudanças de castanha-dogurguéia micorrizadas sob níveis de esterco de caprinos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 189-197, 2015.

OLIVER, R. **Interação entre bactérias diazotróficas e doses de n-fertilizante na cultura da cana-de-açúcar**. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

OLIVER, R.; SILVA, M. A. Interaction between diazotrophic bacteria and N-fertilizer doses on sugarcane crop. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 41, n. 6, p. 722-736, 2018.

OZTEKIN, G.B.; TUZEL, Y. e TUZEL, I.H. Does mycorrhiza improve salinity tolerance in grafted plants. **Scientia Horticulturae**, v.149, p. 55-60.2013

PEREIRA, W. **Produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar inoculada com bactérias diazotróficas**. 2011. 70 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

PHILLIPS, K. A.; SKIRPAN, A. L.; LIU, X.; CHRISTENSEN, A.; SLEWINSKI, T. L.; HUDSON, C.; BARAZESH S. et al. Vanishing tassel2 encodes a grass-specific tryptophan aminotransferase required for vegetative and reproductive development in maize. **The Plant Cell**, Cary, v. 23, n.2, p. 550–566, 2011.

PRABUDOSS, V. (2011) – Interaction of AM fungi and sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **International Journal of Current Research**, vol. 3, n. 8, p. 228-234

PRADO JUNIOR, J. P. Q. **Qualidade e produtividade de cana-de-açúcar inoculada com *Gluconacetobacter diazotrophicus* e adubada com nitrogênio mineral e orgânico**. 2008, 58f. Dissertação (Mestrando em Agricultura Tropical e Subtropical), – Instituto Agrônomo, Campinas - SP, f. 58, Jan. 2008.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H. Milho para grão e silagem. In: RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLAN, A. M. C. (Ed.). **Boletim técnico 100**. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 56-59, 1996

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais: Cana-de-açúcar. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p.233–239.

REIS, V. M.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D.; DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in gramineae and palm trees. **Critical Reviews in Plant Sciences**, [S.l.], v. 19, p. 227-47, 2000.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: T.C.C. Ripoli. 2009.

SALES, L. R. **Inoculação em campo de fungos micorrízicos arbusculares nativos na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar**. 81 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.443–449, 2011.

SANTOS, F.; QUEIROZ, J. H.; RABELO, S. C. Qualidade da cana-de-açúcar para processamento industrial. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. (ed.). **Cana-de-açúcar, do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2016. p. 277-290.

SANTOS, S. G.; CHAVES, V. A.; RIBEIRO, F. S.; ALVES, G. C.; REIS, V. M. Rooting and growth of pre-germinated sugarcane seedlings inoculated with diazotrophic bacteria. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 133, p. 12-23, 2019.

SCHWOB, I.; DUCHER, M.; SALLANON, H.; COUDRET, A. Growth and gas exchange responses of *Hevea brasiliensis* seedlings to inoculation with *Glomus mosseae*. **Trees**, v. 12, p. 236-240, 1998.

SCHULTZ, N.; MORAIS, R.F. de; SILVA, J.A. da; BAPTISTA, R.B.; OLIVEIRA, R.P.; LEITE, J.M.; PEREIRA, W.; CARNEIRO JÚNIOR, J.B.; ALVES, B.J.R.; BALDANI, J.I.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M. Avaliação agrônômica de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 47, p. 261-268, 2012

SCUDELETTI, D. **Modos de inoculação de *Azospirillum brasilense* em cana-de-açúcar**. Botucatu, 2016, 42 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016.

SHANKARIAH, C.; HUNSIGI, G. **Field Responses of sugarcane to associative N2 Fixers and Plubilisers**. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, [S.l.], v. 24, p. 17-21, 2001.

SIEVERDING E. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. **Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH**. Eschborn, Germany, 1991.

SILVA, S.; SIQUEIRA, J.O. ; SOARES, C.R.F.S. Fungos micorrízicos no crescimento e na excreção de metais pesados pela braquiária em solo contaminado. **Pesq. agropec. bras.**, v.41, n.12, p.1749-1757, 2006.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. New York: Academic Press, 2010. 800 p.

SMITH, S.E. e SMITH, F.A. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. **Mycologia**, v.104, n.1., p. 1-13, 2012.

SOUSA, C.C. M. de et al. Desenvolvimento inicial e componentes químicos da cana-de-açúcar sob estresse hídrico associado a fungos micorrízicos arbusculares. **Rev. bras. eng. agric. ambient.** [online]. vol.19, n.6, pp.548-552, 2015.

SUMAN, A.; GAUR, A.; SHRIVASTAVA, A.K.; YADAV, R.L. Improving sugarcane growth and nutrient uptake by inoculating *Gluconacetobacter diazotrophicus*. **Plant Growth Regulation**, v. 47, p. 155-162, 2013.

STÜRMER, S.L. e SIQUEIRA, J.O. **Fungos micorrízicos**. In: MOREIRA, F.M.S.; CARES, J.E.; ZANETTI, R. e STÜRMER, S.L. Ecosistema Solo: Componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. UFLA, Lavras, 352 p., 2013.

TASSO JUNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; CAMILOTTI, F.; SILVA, T. Extração e exportação de macronutrientes em cinco variedades de cana-de-açúcar cultivadas na região centro-norte do Estado de São Paulo. **STAB**, São Paulo, v. 25, p. 38-42, 2007.

TAYADE, A.; GEETHA, P.; ANUSHA, S.; DHANAPAL, R.; HARI, K. Bio-intensive modulation of sugarcane ratoon rhizosphere for enhanced soil health and sugarcane productivity under tropical indian condition. **Sugar Tech**, New Delhi, v. 21, n. 2, p. 278-288, 2019.

Tellechea, F.R.F. (2007) –Fungos micorrízicos, bactérias diazotróficas endofíticas e fósforo no crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas de cana-de-açúcar. 53 p. **Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)** – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Brasil.

TRISTÃO, L. E.; FIGUEIREDO, P. A. M.; ZIED, D. C.; LISBOA, L. A. M.; ALVES, V. G. da C. Initial agronomic parameters of sugarcane inoculated with mycorrhizal mycorrhizal fungi. 1º Encontro Internacional de Ciências Agrárias e Tecnológicas - Crise: tecnologias para a superação de desafios no setor agrário, **Universidade Estadual de São Paulo**. 9 p., 2016.

TRIVELIN, P. C. O.; FRANCO, H. C. J.; OTTO, R.; FERREIRA, D. A.; VITTI, A. C.; FORTES, C.; FARONI, C. E.; OLIVEIRA, E. C. A.; CANTARELLA, H. Impact of sugarcane trash on fertilizer requirements for São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 5, p. 345-352, 2013.

UNICA (União da Indústria da Cana-de-açúcar). **Área plantada com cana-de-açúcar 2012**. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/>> Acesso em: janeiro de 2019.

VACHERON, J.; DESBROSSES, G.; BOUFFAUD, M. L.; TOURAINE, B.; MOENNELOCCOZ, Y.; MULLER, D.; LEGENDRE, L.; WISNIEWSKI-DYÉ, F.; PRIGENTCOMBARET, C. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 4, p. 356, 2013

VITTI, A. C. **Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia: manejo e efeito na produtividade**. 2003. 114 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

XIE, L.; ZHANG, W.; QIN, L.; LAN, T.; NARISAWA, K.; LI, S.; DENG, X. ; LIAO, S. Effects of dark septate endophytes (DSE) on sugarcane seedling growth. **Journal of Southern Agriculture**, v.44, n.11, p.1827-1830, 2013.

WOOD, A. W.; MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J. Growth of sugarcane under high input conditions in tropical Australia, III. Accumulation, partitioning and use of nitrogen. **Field Crops Research**, [S.l.], v. 48, p. 233, 1996.

WRIGHT, S.F. ; UPADHYAYA, A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glicoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v.198, n.1, p.97-107, 1998.