

**TALIS MELO CLAUDINO**

**ASPECTOS PRODUTIVOS, MORFOLÓGICOS E TECNOLÓGICOS DE  
VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR TRATADAS COM ÁCIDO FÚLVICO  
ISOLADO**

**Botucatu**

**2021**



**TALIS MELO CLAUDINO**

**ASPECTOS PRODUTIVOS, MORFOLÓGICOS E TECNOLÓGICOS DE  
VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR TRATADAS COM ÁCIDO FÚLVICO  
ISOLADO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Coorientador: Prof. Dr. Luciano Pasqualoto Canellas

**Botucatu**

**2021**

C615a

Claudino, Talis Melo

Aspectos produtivos, morfológicos e tecnológicos de variedades de cana de açúcar tratadas com ácido fúlvico isolado / Talis Melo

Claudino. -- Botucatu, 2021

60 p. : il., tabs., fotos, mapas + 1 CD-ROM

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),  
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol

Coorientador: Luciano Pasqualoto Canellas

1. Cana-de-açúcar. 2. Bioestimulantes. 3. Substâncias húmicas. 4.  
Ácido fúlvico. 5. Produção de grandes culturas. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

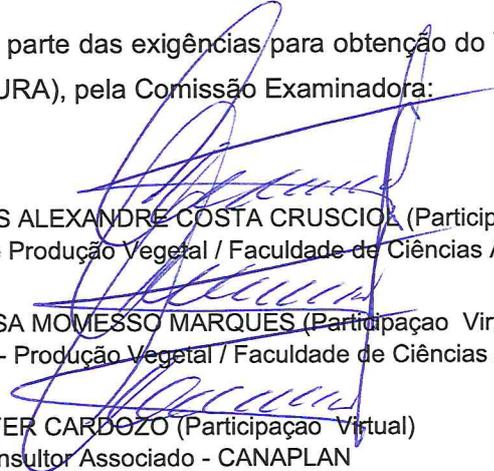
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ASPECTOS PRODUTIVOS, MORFOLÓGICOS E TECNOLÓGICOS DE  
VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR TRATADAS COM ÁCIDO FÚLVICO  
ISOLADO

**AUTOR: TALIS MELO CLAUDINO**

**ORIENTADOR: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL**

**COORIENTADOR: LUCIANO PASQUALOTO CANELLAS**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL (Participação Virtual)  
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> LETUSA MOMESSO MARQUES (Participação Virtual)  
Pós-Doutoranda - Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Dr. NILCEU PIFFER CARDOZO (Participação Virtual)  
CANAPLAN / Consultor Associado - CANAPLAN

Botucatu, 06 de agosto de 2021



Aos meus queridos pais  
Tarciso (*in memoriam*) e  
Adriana, e ao irmão Tarciso  
Dedico.



## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me proporcionado saúde, força e coragem para chegar até este momento.

Aos meus Amados Pais, Adriana e Tarciso (*in memoriam*) pelo apoio ilimitado a cada momento desta caminhada, me mostrando como ser integro, justo e moral.

Agradeço imensamente ao meu pai Tarciso (*in memoriam*), pelo apoio incondicional até seu último suspiro, intercedendo junto a Deus a cada passo meu.

Ao meu irmão Tarciso, pelos momentos de ajuda, compreensão, suporte emocional e amizade, desde o início deste sonho admirável.

Aos meus queridos avôs (*in memoriam*), Zé Melo e Lázaro, desde o começo de minha caminhada até seus últimos suspiros me apoiaram e hoje me inspiram a ser como eles, justo, honestos e com bons modos. Como prometido a eles, nunca desistirei dos meus sonhos. Às minhas doces avós, Lídia e Maria, por todo o carinho dedicadp a mim durante este ensaio. Para sempre minha gratidão.

A minha noiva Bruna, que em todos os momentos de dificuldade foi um pilar emocional, equilibrando meus sentimentos e me fazendo amar cada vez mais está belíssima e honrosa titulação.

Ao meu amigo Jeibão (Jesion), que em todos os momentos deste trabalho me apoiou e com todo seu conhecimento me fez ver com outros olhos a proporção para o trabalho que eu realizava.

A todos meus amigos que me apoiaram durante esse trabalho, em especial à, Rodrigo, Igor (Japonês), Maurício, Giovani, André Zoz, Jason (Ditão), André, Guilherme, Felipe, Paulo entre muitos outros. Vocês sempre serão lembrados e marcados em meu coração.

À DNAGRO do Brasil, pelo tempo, ajuda e equilíbrio para a realização deste trabalho. Aos queridos diretores Daniel, Caíto, Staut, Paulo, Zeca e meus amigos de trabalho, principalmente ao Marcos, Giovane e o pessoal da fábrica, aos demais minha eterna gratidão.

Ao pessoal da Agrodubo, um imenso abraço e obrigado pelos ensinamentos Dimas e Bola.

A Usina São Luiz S.A, pelo auxílio e ensinamentos, meus sinceros agradecimentos a toda equipe. Em especial aos senhores, Neco Quagliato, Gustavo, Gabriel e Marcus.

Ao Dr. Nilceu Piffer Cardoso, por todos ensinamentos e conselhos.

Ao Prof. Dr. Crusciol, pela orientação, ensinamentos, paciência e exemplo de professor, profissional, companheiro e amigo, tenho a honra de lhe apresentar como meu orientador.

Ao Prof. Dr. Canellas, por me aceitar como co-orientado, me mostrar como é inimaginável o amor pelas substâncias húmicas e suas funções. Por todos seus ensinamentos serei eternamente grato.

A Universidade Estadual Paulista (UNESP-FCA) de Botucatu, meus sinceros agradecimentos.

A todos serei eternamente grato.

"É necessário olhar para a frente da colheita, não importa o quão distante isso seja, quando uma fruta for colhida, algo bom aconteceu."

DARWIN, C. **A Origem das Espécies**. São Paulo: Hemus, 1859.



## RESUMO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), apresenta importância relevante ao setor agrícola brasileiro. Desta cultura são produzidos diversos produtos, como o etanol, açúcar e energia, além de diversos subprodutos de sua industrialização. O cultivo da cana-de-açúcar envolve a utilização de diversas tecnologias que buscam aumentar a produtividade agrícola. Uma forma de aumentar a produtividade é a utilização de bioestimulantes vegetais, estas são substâncias que atuam como fitoreguladores vegetais, levando a planta a maior desempenho agrícola, superação de estresses, além de resultarem em efeitos metabólitos indiretos que geram o aumento de seu potencial produtivo. Dentro dos bioestimulantes vegetais, as substâncias húmicas (oriundas da decomposição de organismos vegetais, animais e microbianos) possuem ações fitoreguladoras que atuam diretamente na morfologia e fisiologia das plantas, que levam ao aumento da produção. Neste trabalho, foi avaliado a influência da aplicação de ácido fúlvico isolado em concentração de  $3,0 \text{ mmol}_e \text{ C L}^{-1}$  em três cultivares de cana-de-açúcar (RB975201, CTC9002 e CTC9005HP) aplicado no início de crescimento vegetativo. O fatorial utilizado foi 3x2 (três variedades x com e sem ácido fúlvico). O ensaio foi conduzido em área do município de Salto Grande – SP, pertencente a Usina São Luiz S.A de Ourinhos-SP, na safra 2020/21. O ambiente de produção utilizado é classificado como B, do tipo latossolo vermelho distroférico típico. Para a avaliações dos resultados deste trabalho, as variáveis analisadas foram: análises biométricas no momento da colheita (comprimento e diâmetro de colmo, número de colmos industrializáveis, peso médio de colmos e produtividade) e quando foi realizada a colheita, foram avaliadas as variáveis tecnológicas, como Pol%Cana (PCC), Pureza de Caldo (P%), fibra cana (f%), açúcares redutores (ART) e açúcar total recuperável (ATR) e calculado as toneladas de açúcares totais por hectare (TAH). Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste T (DMS) à 10% de probabilidade. Os resultados demonstram que a aplicação de ácido fúlvico isolado culminou em efeitos significativos para as variáveis biométricas, tecnológicas e produtividades, sendo que as variedades CTC9002 e CTC9005 foram afetadas por esta aplicação. A utilização de ácido fúlvico isolado aplicado via foliar é uma alternativa para obter maiores produtividades de colmos e açúcar na cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** fitorreguladores; substâncias húmicas; *Saccharum* spp; cultivo sustentável; bioestimular.

## ABSTRACT

The crop sugar cane (*Saccharum* spp.), It has relevant importance to the Brazilian agricultural sector, being that this culture are diverse products, as mainly ethanol and sugar, besides diverse by-products of its industrialization, as the use of bagasse for energy cogeneration. It can be said that sugar cane is a vastly sustainable crop. In need of improvement in its management so that it is a positive and sustainable operation, the cultivation of this culture allows the use of several technologies that bring the highest productivity in the Brazilian agricultural fields. One way to increase productivity is the use of plant biostimulants, these are substances that act as plant phyto-regulators, leading the plant to greater agricultural performance, overcoming stresses and metabolic effects that enable the plant to express its maximum productive potential in the environment. that is located. Within plant biostimulants, humic substances, originating from the decomposition of plant, animal, and microbial organisms, have phyto-regulating actions that act directly on the morphology, physiology and ultimately on the production of plants. In this work, the influence of the application of fulvic acid isolated at a concentration of 3.0 mmolc C L<sup>-1</sup> in three sugarcane cultivars (RB975201, CTC9002 and CTC9005HP) applied at the beginning of vegetative growth. The factorial used was 3x2 (three varieties x With and Without fulvic acid). The trial was conducted in the municipality of Salto Grande - SP, belonging to the São Luiz S.A mill, in the 2020/21 harvest. The cultivation environment used is classified as A, typical dystroferric red latosol type. To evaluate the results of this work, the variables analyzed were: biometric analyzes at the time of harvest (stem length and diameter, number of industrializable stalks, average stalk weight and productivity) and when the harvest was carried out, they were evaluated as technological variables such as corrected oligosaccharide percentage (PCC), juice purity of broth (B%), cane fiber (f%), reducing sugars (RS) and total recoverable sugar (TRS) and tons of sugars per hectare (TSH) . ). The data after collected were submitted to analysis of variance by the F test and the means were compared by the dose probability and by the T test (DMS) at 10% probability. The results demonstrate that the application of isolated fulvic acid resulted in significant effects for biometric, technological and yield variables, and the varieties CTC9002 and CTC9005 were affected by this application. The use of isolated fulvic acid applied via the leaves is an alternative to obtain higher sugarcane yields.

**Key words:** phyto regulators; humic substances; *Saccharum* spp; sustainable cultivation; biostimulate.

## LISTA DE SÍMBOLOS

AF	ácido fúlvico
AH	ácido húmico
SH	substâncias húmicas
AIA	ácido indol-acético
CKK	citocinina
AUX	auxina
ABA	ácido abscísico
CTC	centro de tecnologia canavieira
RB	república brasileira
pH	potencial hidrogeniônico
TCH	toneladas de colmos por hectare
TAH	toneladas de açúcar por hectare
ATR	açúcar total recuperável



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1	Importância da Cana-de-açúcar ( <i>Saccharum spp.</i> ) .....	21
2.2	Desenvolvimento fenológico da cana-de-açúcar.....	22
2.3	Aplicação foliar.....	25
2.4	Bioestimulantes vegetais.....	27
2.5	Substâncias húmicas.....	28
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1	Instalação da Pesquisa.....	35
3.2	Tratamentos.....	40
3.3	Características químicas do ácido fúlvico isolado.....	40
3.3.1	Conteúdo de carbono e nitrogênio.....	40
3.3.2	Acidez total.....	41
3.3.3	Espectroscopia a região do infravermelho com transformada de Fourier e refletância difusa (IV-TF/RD) .....	41
3.4	Variáveis analisadas.....	44
3.4.1	Variáveis biométricas e produtividade de colmos.....	44
3.4.2	Variáveis tecnológicas.....	44
3.5	Análise estatística.....	44
4	RESULTADOS.....	45
4.1	Avaliações biométricas e produtividade colmos.....	45
4.2	Avaliação das variáveis tecnológicas.....	47
5	DISCUSSÃO.....	51
6	CONCLUSÕES.....	53
	REFERÊNCIAS.....	55



## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) apresenta grande importância no setor econômico brasileiro, utilizada para produção de diversos produtos, sendo os principais etanol e açúcar. O etanol é uma fonte de energia limpa em relação aos combustíveis derivados do petróleo.

Outros subprodutos derivados da cana-de-açúcar podem ser utilizados, como a cachaça, rum, rapadura e melaço. Os resíduos também têm destino, como o bagaço para a alimentação animal ou cogeração de energia. A torta de filtro e a vinhaça apresentam aspectos agrônômicos positivos e assim são destinados para as lavouras.

A necessidade de estratégias de manejo e melhorias no sistema de produção é essencial para que a indústria sucroalcooleira nacional opere em uma conjuntura positiva e sustentável, aumentando a produtividade dos canaviais e o tornando mais efetivo para a produção de açúcar, etanol e seus resíduos.

De modo a conciliar as preocupações relacionadas ao meio ambiente e altas produtividades a fim de suprir as necessidades de produção de maneira sustentável, demandada pelo país em 34,8 bilhões de litros de etanol.

O seguimento industrial brasileiro produtor de etanol oferta ao mercado um combustível ecologicamente correto, com menor potência de GEE e é obtido a partir de uma fonte renovável.

A utilização de bioestimulantes vegetais é uma ferramenta que contribui para o aumento de produtividade dentro dos campos agrícolas brasileiros, sendo substâncias que além de sustentáveis, podem melhorar a nutrição das plantas, superação de estresses e promover efeitos indiretos como a maior tolerância a pragas e doenças pelo melhor estado nutricional das plantas, possibilitando o vegetal expressar o seu máximo potencial produtivo.

Os bioestimulantes são produtos ou substâncias utilizadas em pequenas doses que causam modificações de processos fisiológicos e bioquímicos, com o objetivo de atingir o potencial genético vegetal, aumentando sua produtividade devido as mudanças no estado hormonal, ativação de processos metabólicos, eficiência nutricional, estímulos de crescimento, desenvolvimento e fortalecimento.

Os compostos bioestimulantes mais conhecidos são as substâncias húmicas, aminoácidos, extratos vegetais e microrganismos. As substâncias húmicas são

oriundas da decomposição de organismos vegetais, animais e microbianos por milhares de anos e comumente encontrados na matéria orgânica do solo

Suas fontes de obtenção podem ser o próprio solo, vermicompostos, turfa e leonardita. Após a extração do meio orgânico, as substâncias húmicas são divididas em três compostos: húminas, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, e a sua classificação é feita de acordo com a sua solubilidade em meios alcalinos ou ácidos.

Efeitos fisiológicos são associadas a utilização de substâncias húmicas nas culturas, como maior atividade da enzima  $H^+$  ATPase, incremento do teor de clorofila nas folhas, acelerações de processos metabólicos da fotossíntese e da respiração celular.

Contudo, o benefício mais relatado em estudos é a grande influência no sistema radicular, pela sinalização da auxina e do óxido nítrico, aumentando o sistema radicular, principalmente das raízes

Resultados positivos foram encontrados na aplicação foliar de substâncias húmicas na cultura do alho, milho e pela aplicação de ácido fúlvico isolado via foliar na cultura da alface.

Contudo, são escassos os estudos sobre estas substâncias, em especial o ácido fúlvico em aplicações foliares em quaisquer culturas, ainda mais a cana-de-açúcar.

Desta forma justifica-se a realização deste trabalho para é avaliar a produtividade, aspectos morfológicos e tecnológicos a cultura da cana-de-açúcar tratada com substâncias húmicas via foliar, onde a utilização deste ácido pode culminar em efeitos a absorção de nutrientes e ativações hormonais, levando ao aumento de toneladas de cana por hectare e os teores de açúcares.

Objetivou-se avaliar as influências da aplicação de ácido fúlvico no crescimento, produtividade e qualidade tecnológica em três variedades de cana-de-açúcar (RB975201, CTC9002 e CTC9005HP).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Importância da Cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com crescente relevância no agronegócio brasileiro devido ao aumento da demanda de etanol: um biocombustível que tem por matéria-prima esta cultura.

Grande parte do território brasileiro possui áreas e condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar, possibilitando a elevada competitividade do Brasil na participação da comercialização mundial de açúcar. Atualmente, o etanol da cana-de-açúcar é a maior alternativa no setor de biocombustíveis (CONAB, 2021).

A área total colhida na safra 2019/2020 foi de aproximadamente 10,039 milhões hectares, e dentro deste montante 0,19; 1,33; e 8,43 milhões de hectares foram destinadas as áreas de mudas, áreas de plantio e áreas de cana colhidas para indústria, respectivamente. A produção brasileira chegou a 642,71 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (CONAB, 2021). Do total produzido, 40,4 % foram destinados a fabricação de açúcar (224.500 milhões toneladas de cana), que no final rendeu 41,8 milhões de toneladas de açúcar produzido. A fabricação de etanol atingiu 35,7 milhões de m<sup>3</sup>, outros subprodutos como cachaça e rapadura também foram produzidos, mas seus dados não foram representativos para serem contabilizados (CONAB, 2020).

A partir do aumento da demanda de produtos provindos da cana-de-açúcar, novas práticas culturais necessitam ser adotadas para o aumento de produtividade agrícola.

## 2.2 Desenvolvimento fenológico da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma cultura perene, classificada como gramínea que perfilha de forma abundante no seu início de seu desenvolvimento, mas quando há o estabelecimento dos perfilhos, o autosombreamento faz com que ocorra desse processo e aceleração do crescimento dos colmos principais (DOMINGUES, 1995).

A propagação da cana-de-açúcar é realizada de forma assexuada, com exceção ao melhoramento genético. A propagação do material genético assexual assegura a integridade de variedades e uniformidade de conjunto de suas características (BONNET, 2014).

Para isso, o plantio é realizado através de pedaços de colmos, denominados toletes, que possuem áreas meristemáticas axilares posicionadas acima de cada nó. Após do plantio, a cana-de-açúcar pode ser colhida por mais cortes de acordo com o tratamento da cultura, a partir do desenvolvimento dos meristemas axilares subterrâneos que permanecerem após a colheita da cultura e geralmente tem emergência mais rápida do que na cana planta (BONNET, 2014).

O processo fisiológico se inicia quando o broto meristemático estoura as folhas da gema, rompendo a superfície do solo. Este processo é simultâneo com o desenvolvimento das raízes do tolete. Tal processo ocorre de 20 a 30 dias após o plantio dos toletes ou colheita da cana-de-açúcar do ciclo anterior. O primeiro broto é caracterizado como o colmo primário e considera-se um colmo que surge acima da superfície do solo (BATISTA, 2013).

Para Maximiliano (2011), o mecanismo de brotação é definido em três fases:

Na primeira fase, um acentuado aumento de atividade respiratória e produção de energia acontece de forma rápida, degradando as substâncias de reserva onde as grandes moléculas precisam ser simplificadas e mobilizadas para as áreas de crescimento.

Na fase dois, as substâncias são simplificadas, transportadas e reorganizadas em complexas estruturas celulares para que então na terceira fase o rebento rompe a barreira do solo e se torne visível.

Para que todas as fases ocorram, as atividades metabólicas possuem influências endógenas dos hormônios de crescimento como giberelina, citocininas e auxinas. (MAXIMILIANO, 2011).

Fatores exógenos como temperatura, umidade e aeração do solo, variedades, presença de palhada, idade de muda, tempo da coleta da muda até o plantio, tratamento térmico, tratamento com agroquímicos, profundidade de plantio, compactação e outros fatores podem interferir no tempo e na qualidade da brotação e emergência que enfim resulta no enfolhamento inicial (MAXIMILIANO, 2011).

Após a brotação, inicia-se o perfilhamento, no qual se inicia 40 dias após a emergência do ramo primário (MAXIMILIANO, 2011), quando os brotos axilares do colmo principal se formam para estabelecerem colmos adicionais. São formados na base da planta, nos meristemas de entrenós que sofreram pouca expansão no crescimento. Sua emergência ocorre ao lado do colmo, formando uma touceira (BONETT, 2014).

Os ramos adicionais provêm do intumescimento das gemas basais, podendo neste processo fisiológico originar colmos secundários, terciários e assim acontece até a formação de colmos de quarta ou quinta geração (NETO, 2015).

Em paralelo ao desenvolvimento dos novos colmos, seus respectivos sistemas radiculares se desenvolvem tornando a planta independente das reservas do propágulo (SEGATO; MATTIUZ; MOZAMBANI, 2006)

O máximo perfilhamento é afetado por diversos fatores, como fatores climáticos onde estão associados a condição hídrica, radiação solar, sombreamento e comprimento dos dias (AUDE, 2003).

Há fatores ligados a adubação, como por exemplo toletes provenientes de canaviais bem nutridos (AUDE, 2003).

O número de perfilhos também é relacionado com a cultivar implantada no ambiente de cultivo, desde que outros fatores não sejam limitantes para o potencial máximo delas. E, por fim, as práticas culturais, onde estão relacionados fatores como espaçamentos, superpopulações, cobertura dos toletes no momento do plantio, pragas e uso de biorreguladores (AUDE, 2003).

Pode-se classificar a curva de crescimento da cultura da cana-de-açúcar como sigmoideal, dividida em três fases: a fase inicial, onde o crescimento é lento (até 200 dias após o plantio), fase de crescimento rápido (200 a 400 dias após o plantio), onde cerca de 75% de toda a matéria seca já está acumulada e a fase final (400 a 500 dias após o plantio), onde se destaca o lento crescimento e o acúmulo de 11% de fitomassa (MACHADO, 1981; SILVA et al., 2005).

Dois fatores são primordiais para poder avaliar o desenvolvimento da cana-de-açúcar após o processo do perfilhamento, sendo estes o tamanho da parte aérea que se compõe pela altura e o crescimento dos colmos. Estes fatores sofrem influências bióticas, tais como:

- Mato competição;
- Doenças, pragas de solo e aéreas;
- -Nematoides;
- Variedades.

Influenciadores abióticos também são responsáveis pelo sucesso ou não do crescimento, com clima, fertilidade do solo e época de plantio (DIOLA; SANTOS, 2010).

De funções fundamentais, tanto para a alongação dos perfilhos, quanto para o crescimento dos colmos da cana-de-açúcar, as relações hídricas estão diretamente relacionadas ao alongamento meristemático que se encontra nos entrenós em expansão, e quando submetidos ao estresse hídrico são severamente afetados. (RAMESH; MAHADEVASWAMY, 2000; SILVA et al., 2010)

A partir disto, sabe-se que o crescimento da cultura está ligado intimamente com os níveis de umidades encontrados no solo, e, assim quanto maior a disponibilidade hídrica, maior o crescimento (CÂMARA, 1993).

Contudo na situação contrária, quanto mais intenso e prolongado, o período de estiagem, maior será a formação de nós e entrenós muito curtos e, assim, próximos entre si, diminuindo a quantidade de células de armazenamento de sacarose (CÂMARA, 1993).

A maturação, é definida como um processo fisiológico de produção e armazenamento de sacarose nas células de parênquima do colmo, neste momento é realizado o máximo acúmulo de fotoassimilados nos órgãos de reservas. Para definir-se a maturação, são avaliados diversos parâmetros como teores de sacarose, açúcares redutores e umidade de colmo durante o ciclo da cultura (BET, 2015).

Para o processo de industrialização da cana-de-açúcar, a maturação é o processo que representa maior importância (GUELLER, 2001), definida como o estágio de desenvolvimento em que a cultura apresenta a melhor produtividade quali-quantitativa de açúcares e os melhores resultados econômicos são maximizados, sob o ponto de vista econômico, a cana apta a ser industrializada a partir do momento que a mesma

apresenta o mínimo de 13% do peso do colmo em sacarose (MUTTOM, 1993; VIANA et al., 2007).

Nesta fase, a planta apresenta menor atividade vegetativa e ocorre o acúmulo de sacarose nos colmos, precisando de seca e frio, sendo necessária a redução da temperatura de 10 a 20°C, com redução no crescimento e elevação no acúmulo de sacarose. Em condições normais, a cana-de-açúcar é influenciada em acumular sacarose no colmo por alguns fatores, como umidade do solo, temperatura, nutrientes, sendo que períodos de alta umidade do solo e elevadas temperaturas correspondem a um maior crescimento vegetativo e menor acúmulo de açúcar (DOOREMBOS; CASSAM, 1979, GUELLER, 1999, ANDRADE; ANDRADE; 2007, MARAFON, 2012).

Para Barbosa e Silveira (2006), as variedades classificam-se de acordo com o período de maturação em precoces, estas possuem maiores teores de sacarose em relação a outras cultivares no início da safra (abril e maio), normalmente possuem um longo período útil de industrialização.

As variedades médias apresentam maiores teores de sacarose em relação as demais cultivares no meio de safra (junho, julho e agosto), possuindo período útil de industrialização mediano E por fim as tardias, que a Apresentam elevado teor de sacarose no fim da safra, contudo, seu período útil de industrialização é curto (70 a 120 dias).

O processo de maturação está relacionado diretamente aos resultados obtidos na indústria por esta fase fisiológica proporcionar o maior retorno econômico, sendo um dos aspectos de maior importância nesta cultura (BET, 2015).

### **2.3 Aplicação foliar**

A pulverização nas folhas é um tratamento recorrente nos vegetais, visto que, as folhas possuem permeabilidade para absorção de água e nutrientes (FERNÁNDEZ; SOTIROPOULOS; BROWN, 2015).

Estas funções são caracterizadas como secundárias, pois, a principal função foliar é captar o gás carbônico e luz, através do aparato fotossintético a glicose e o oxigênio sejam sintetizados.

Para que os resultados das aplicações foliares sejam eficientes, deve-se conhecer a anatomia da folha e as barreiras a serem ultrapassadas desde a superfície foliar até o mesófilo (FERNÁNDEZ; SOTIROPOULOS; BROWN, 2015).

Com diversas barreiras anatômicas, as substâncias possuem dificuldade para entrar no interior da folha. A idade da folha ou a condição de estresse hídrico influencia diretamente a absorção foliar, já que as folhas mais velhas e sob condições climáticas adversas possuem maior espessura da cutina, componente da cutícula da folha. Este efeito é realizado para que a folha perda menos água, pois estes componentes são hidrofóbicos e impermeabilizantes (FAGAN et al., 2016; MATTIELLO et al., 2015).

A primeira barreira encontrada quando a gota entra em contato com a folha é a cutícula, esta possui em sua composição predominantemente a cutina, de caráter hidrofóbico, e na maioria das vezes mais espessa na parte adaxial do que na abaxial (ROSOLEM, 2002).

Estruturas com compostos polares hidrossolúveis (celulose e pectina), e apolares lipossolúveis (cutina e cera) fazem parte da constituição da cutícula, onde a polaridade afeta diretamente a absorção de nutrientes e compostos aplicados (FAGAN et al., 2016; ROSOLEM, 2002).

Contudo, esta estrutura possui características que possibilitam permeabilidade, sendo que a face mais externa é hidrorrepelente e dependendo da tensão superficial e afinidade com o líquido não se molha. Já a face interna é hidrofílica, com capacidade de reter a umidade e quando se umedece abre os poros facilitando a entrada e saída de substâncias polares e hidrossolúveis (FAGAN et al., 2016; MARSCHNER, 2012; ROSOLEM, 2002).

Diversos fatores abióticos influenciam na absorção foliar, como o ângulo de contato, vento, umidade do solo, temperatura, umidade relativa do ar e exposição ao sol. Fatores bióticos como a camada cerosa na superfície foliar também apresentam influência, todavia a espessura da cutícula é correlacionada com fatores abióticos, como o excesso de luminosidade, sombreamentos, temperaturas extremas podem aumentar a quantidade de cutícula depositada (HEVATIN, 2018).

A característica da calda aplicada possui influência na eficiência da pulverização foliar, como o pH, a concentração, raio de hidratação e iônico, carga elétrica, tipo da composição, miscibilidade e a interação dos íons acompanhantes e surfactantes. Onde a utilização de quelatos nos defensivos demonstram a maior miscibilidade. A solução sobre as folhas será maior que a concentração dos componentes dentro da folha, criando um gradiente de concentração que aumenta a efetividade da absorção (HERVATIN, 2018).

O conhecimento prévio dos que influenciam na absorção foliar possibilita que o manejo seja realizado da forma correta, em horários mais frescos do dia em que a planta se encontra mais bem hidratada e aproveitamento da solução aplicada.

## **2.4 Bioestimulantes vegetais**

O uso de bioestimulantes no mundo vem crescendo significativamente nas últimas décadas, com seus efeitos comprobatórios de resultados, mais de quarenta empresas estão devidamente regulamentadas no mercado mundial, através de pesquisas com estas empresas, as expectativas são que até 2031 a comercialização de bioestimulantes alcance 7,5 bilhões de dólares (DENT, 2021).

As substâncias bioestimulantes, além de serem sustentáveis aos cultivos, podem também ser uma alternativa para melhorar a nutrição das plantas e a superação de estresses bióticos e abióticos. Contudo os bioestimulantes apresentam efeitos indiretos nas propriedades de controles de pragas, pois estas não possuem funções de regulação inseticida (MORAES et al., 2018).

Efeitos indiretos também ocorrem no aproveitamento de micronutrientes pulverizados na fertilização foliar (MORAES et al., 2018).

O objetivo da utilização de bioestimulantes é fazer com que o vegetal expresse o seu máximo potencial produtivo por mudanças morfológicas em caules, folhas e raízes onde apresentam seu maior desenvolvimento (MORAES et al., 2018).

Além disso, a maioria dos bioestimulantes possuem em sua composição hormônios vegetais sintéticos chamados de reguladores vegetais ou bio-reguladores, estas substâncias podem ser produzidas artificialmente e fornecidas ao vegetal (MORAES et al., 2018).

Os bioestimulantes são compostos por misturas de reguladores vegetais e outros compostos bioquímicos, como aminoácidos, nutrientes e outros ingredientes ativos que favorecem o desenvolvimento vegetal (DE VIEIRA, 2010).

Vários autores caracterizam os bioestimulantes, o primeiro relato foi realizado por Filatov (1951) onde ele caracterizou estas substâncias como estimuladores biogênicos, que quando expostos à um tecido vivo fazem com que ele sofra reestruturações bioquímicas com formação de substâncias especiais que apresentam estimulação de natureza não específica, culminando em reações nos organismos tratados.

Dezenas de autores relataram de outras formas os biostimulantes após Fitatov em 1995 (Yakhin et al., 2017). Contudo, os conceitos mais recentes e de definições mais claras sobre bioestimulantes foram realizadas por Du Jardin (2015) sendo quaisquer substâncias ou microrganismo com objetivo de melhorar a nutrição vegetal, tolerância a fatores abióticos, ativação de processos metabólicos e mudanças no estado hormonal, estímulos ao crescimento e desenvolvimento além de melhorar a qualidade do vegetal, todavia os bioestimulantes não necessitam possuir nutrientes em sua composição.

Desde suas primeiras citações, 47 autores classificam grupos de substâncias como bioestimulantes vegetais (YAKHIN et al., 2017). Onde para muitos, algumas destas substâncias estão presentes em suas citações, como por exemplo as substâncias húmicas.

A última classificação feita por Torres et al. (2016) descreve como compostos bioestimulantes as substâncias húmicas, extrato de algas marinhas, proteínas hidrolisadas, aminoácidos e microrganismos.

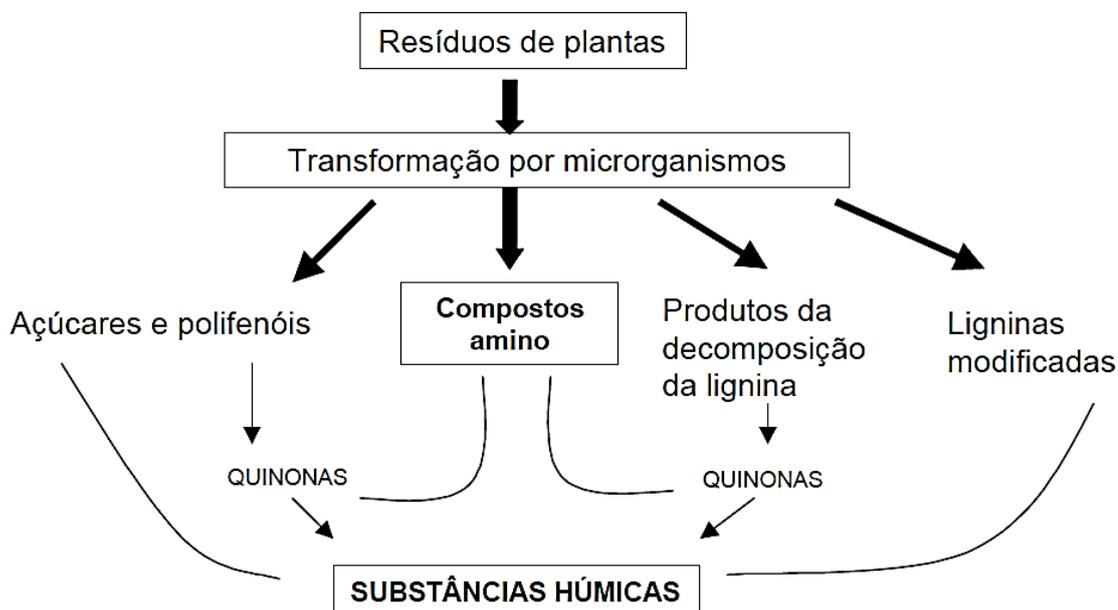
Estas substâncias podem ser uma ótima alternativa para o incremento de produtividades e rentabilidade aos cultivos agrícolas, associadas aos demais tratamentos culturais realizados.

## **2.5 Substâncias húmicas**

As substâncias húmicas são componentes naturais encontrados na matéria orgânica do solo, proveniente da decomposição de restos animais, vegetais e resíduos microbianos (DU JARDIN, 2015). Suas fontes para extração são o solo, vermicompostos, leonardita e turfa.

A teoria geral da formação das substâncias húmicas por Stevenson (1994) está demonstrada abaixo pelo fluxograma.

**Fluxograma 1 – Teoria geral da formação de SH descrita por Stevenson (1994).**



Fonte: Adaptado por Canellas e Santos (2005).

As substâncias húmicas são compostos heterógenos organizados de acordo com seu peso molecular e solubilidade. Quando fracionados, são divididos em três grupos, húminas, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos. Além de apresentarem funções similares e sinérgicas com os colóides do solo, estas substâncias influenciam no desenvolvimento do sistema radicular das plantas. O uso de substâncias húmicas como promotores de crescimento nas plantas resulta no maior crescimento vegetal e aumenta o potencial produtivo (DU JARDIN, 2015).

Ainda para Du Jardin (2015), estas substâncias são essenciais para as propriedades físicas, químicas, fisicoquímicas e biológicas do solo, possuindo ainda o efeito bioestimulante que se causa a melhor nutrição por aumento da absorção de nutrientes devido ao aumento da troca catiônica e disponibilidade de fósforo quando a substâncias húmicas se encontram no solo interferindo na precipitação e fixação do fosfato

. Os efeitos fisiológicos que favorecem a nutrição são correlacionados com a estimulação das H<sup>+</sup> ATPases da membrana plasmática da raiz, que convertem a energia liberada pela ATP em um potencial elétrico transmembranar de grande importância para absorção de elementos como o nitrogênio.

As ATPases também são de grande relevância para o bombeamento de prótons contribuindo para o afrouxamento de membranas celulares e crescimento dos órgãos (JINDO et al., 2012).

As substâncias húmicas elevam a respiração e as atividades da invertase fornecendo substratos carbônicos nas células. Outros efeitos descritos são os hormonais, onde estes compostos possuem os complexos de recepção/sinalização das vias hormonais das plantas e liberam compostos ou estimulam microrganismos produtores de hormônios (DU JARDIN, 2012).

As substâncias húmicas são constituintes de 70 a 80% da matéria orgânica da maioria dos solos, sendo nas frações: húminas (HUM), ácidos húmicos (AH) e ácidos fúlvicos (AF), onde são determinados de acordo com sua solubilidade em meio alcalino ou ácido (PRIMO; MENEZES; DA SILVA, 2011)

As húminas, são insolúveis em meio alcalino ou ácido, de composição variada e reduzida capacidade de reação. Por sua elevada hidrofobicidade e forte interação com componentes inorgânicos, composta por lipídios, estruturadas de carboidratos e aromáticos em diferentes proporções, resultam na sua nula solubilidade em meio aquoso (RICE, 2011).

Já os ácidos húmicos são altamente solúveis em meio alcalino e insolúveis quando diluídos em meios ácidos, possui a coloração escura por ser composto por macromoléculas de elevada massa molecular (STEVERSON, 1994).

Além disto, apresentam altas concentrações de C, menores de O e teor similar de H em relação aos ácidos fúlvicos, massa molecular relativamente maior do que os ácidos fúlvicos, mais aromáticos e menos grupos carboxílicos e grupos C-O alquil, provavelmente por conter maior número de conteúdo de estruturas do tipo polissacarídeos (PICCOLO, 2002).

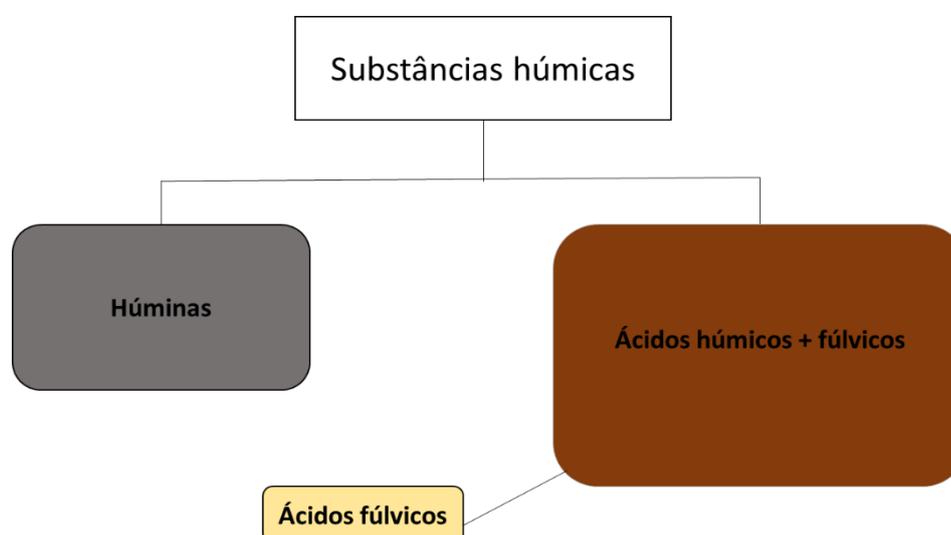
Tanto o AH quanto o AF são compostos químicos altamente reativos e essa reatividade deve-se principalmente aos grupos carboxílicos e hidroxilas fenólicas responsáveis por sua acidez. A acidez do AH é inferior ao AF, por razão do seu menor teor de carboxilas (CANELLAS; FAÇANHA, 2004).

Em muitos casos, estas substâncias são consideradas reguladores do crescimento de plantas, por apresentarem efeitos similares as auxinas, contudo Nard et al. (2002), não confirmam se as substâncias são semelhantes as auxinas.

Se sabe explicitamente que o ácido fúlvico (AF) apresenta o mecanismo fisiológico de resistência a estresses abióticos, sendo esse mecanismo desconhecido atualmente (WANG et al., 2019). Contudo, Katkat et al. (2009) relata que aplicações foliares de ácido fúlvico apresentam efeitos benéficos no crescimento de plantas, germinação de sementes e peso das plantas de trigo.

A partir do fluxograma abaixo pode-se ter uma melhor ideia da estrutura das substâncias húmicas.

### Fluxograma 2 – Esquemática da partição das SHs para utilização agrícola



Fonte: O autor

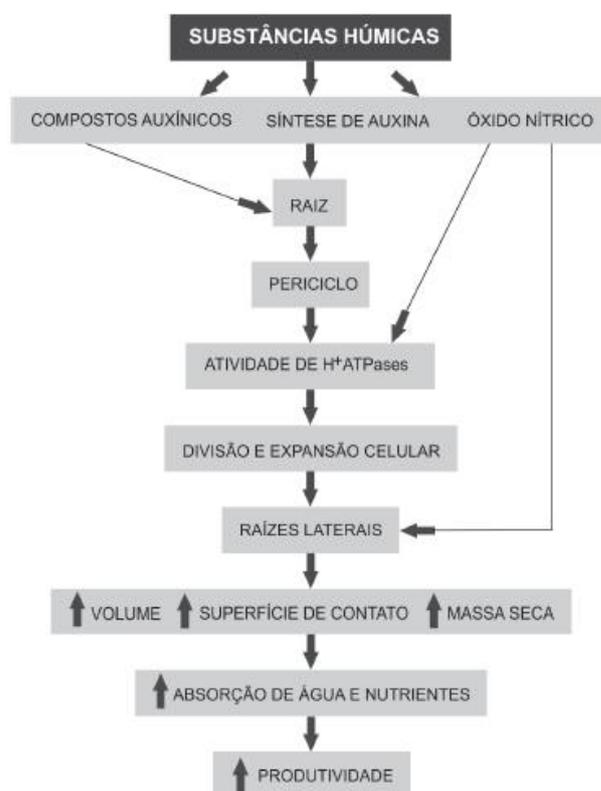
Benefícios fisiológicos relacionados a aplicação de substâncias húmicas demonstram a influência no desenvolvimento de raízes laterais via sinalização da auxina e do óxido nítrico (CARON; GRAÇAS, CASTRO, 2015)..

Compostos de natureza auxínica e auxinas sintetizadas pela planta sinalizam para as células do periciclo do sistema radicular entrem novamente em divisão celular, originando raízes laterais. Além disso, a atividade da enzima  $H^+$  ATPase é aumentada, favorecendo a divisão e expansão das células pelo rearranjo das paredes celulares (CARON; GRAÇAS, CASTRO, 2015).

O incremento do teor de clorofila nas folhas, aceleração das reações metabólicas como na fotossíntese e na respiração são atributos fisiológicos em plantas tratadas com estas substâncias (CARON; GRAÇAS, CASTRO, 2015).

A Figura 3 demonstra a ação das substâncias húmicas na síntese de auxinas desde a formação dos compostos aos resultados em produtividades.

**Fluxograma 3 – Mecanismos de ação das substâncias húmicas no metabolismo e desenvolvimento das plantas.**



Fonte: (CARON; GRAÇAS, CASTRO, 2015).

Resultados de melhoria de qualidade e produção foram expressivos na cultura do alho onde foi realizada a aplicação de diferentes doses de substâncias húmicas líquidas provindos de vermicompostos, por aplicação via foliar 45 dias após o plantio, promovendo aumento do índice das qualidades dos frutos, caibres do bulbo, número de dentes de alho e conteúdo interno das frutas (BALMORI et al., 2019).

Na cultura do milho, a aplicação de substâncias húmicas provindas de vermicompostos na concentração de 50 mg L<sup>-1</sup> resultaram em incrementos positivos no sistema radicular da cultura, principalmente na combinação com a bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae* (CANELLAS et al., 2015).

Em estudos realizados por Leite et al. (2020), foi observado os efeitos de absorção de nitrogênio pulverizado via foliar e crescimento de plantas de cana-de-açúcar, onde a aplicação de ácidos húmicos combinados a uréia na pulverização foliar pode ser

uma alternativa para que o nitrogênio seja absorvido de forma mais eficaz, visto que esta combinação apresenta positivas respostas biométrica, bioquímicas e fisiológicas na cana-de-açúcar, como mostraram que a na aplicação foliar, o nitrogênio foi rapidamente absorvido, translocado e armazenado como moléculas protéicas e amido. Além de alterações na fotossíntese, maior eficiência do uso da água, maior teor de açúcar solúveis e amido.

A aplicação foliar de ácido húmico+fúlvico associados à *Herbapirillum seropedicae* e *Gluconacetobacter diazotrophicus* 60 dias após a emergência da cultura da cana-de-açúcar incrementou em 37% de produtividade, correspondendo a 26 tn ha<sup>-1</sup> em relação ao controle na terceira soqueira, onde se observou o incremento de produtividade de 5 e 14% na primeira e na segunda respectivamente (DA SILVA; OLIVARES; CANELLAS, 2017).

As substâncias húmicas também podem ser empregadas no tratamento de toletes de cana-de-açúcar, no qual a associação de 20 mg L<sup>-1</sup> de Carbono de substâncias húmicas com a estirpe HRC 54 de *Herbaspirillum seropedicae* na concentração 10<sup>8</sup> mL<sup>-1</sup> de células no meio, onde o meio propagativo foi tratado por imersão durante 12 horas resultaram sobre a biomassa de parte aérea e raízes, de forma superior a testemunha, demonstrando a estimulação nos toletes (JUNIOR, et al, 2008).

Após o tratamento com as substâncias húmicas e microrganismos diazotróficos endofíticos ( de 20 mg L<sup>-1</sup> de Carbono de substâncias húmicas com a estirpe HRC 54 de *Herbaspirillum seropedicae* na concentração 10<sup>8</sup> mL<sup>-1</sup> de células), foi observado que as plantas de cana-de-açúcar tratadas exibiram maior potência de reidratação e alto aproveitamento do conteúdo de água, isso pode ser confirmado após a indicação de um novo padrão de respostas metabólicas após a reidratação, como a alteração de carboidratos, proteínas, geralmente elevados (AGUIAR et al., 2015).

Outra observação foi realizada através de mudanças específicas de compostos aromáticos potencializadores de substâncias húmicas, estas substâncias induzem a atividade de enzimas antioxidantes auxiliando na recuperação de estresses hídricos, enquanto as bactérias fechavam estômatos e resultavam no uso mais eficiente da água (AGUIAR et al., 2015)

Estes compostos podem ser aplicados de diversas formas, tanto no solo como condicionadores, via sulco ou até mesmo em aplicação foliar nas culturas.

Os estudos sobre as substâncias húmicas nas culturas em aplicação foliar, seus efeitos isolados e épocas de aplicação ainda são escassos, necessitando de mais pesquisas para o conhecimento do efeito dos mesmos no campo.

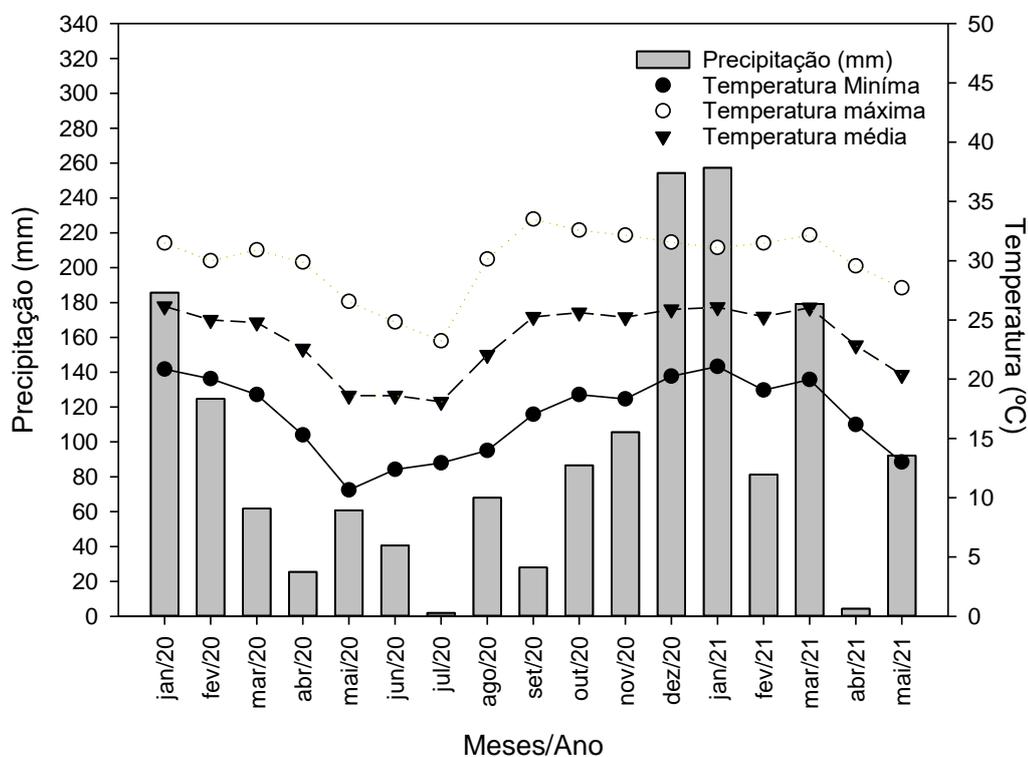
### 3 MATERIAL E METÓDOS

#### 3.1 Instalação da Pesquisa

O ensaio foi realizado em área de cultivo da Usina São Luiz S.A (Ourinhos-SP), localizada na cidade de Salto Grande, situada nas coordenadas 22°50'57.41" S 49°53'6.11"O, em áreas de cultivo comerciais de cana-de-açúcar da safra 2020/21. A região possui a classificação climática Cfa proposta por Köppen, caracterizado como temperado quente, úmido, com ocorrência em todos os meses do ano, inexistência de estação de seca definida e de verão quente.

Os dados climáticos (temperaturas máximas, médias e mínimas e; precipitação mensal acumulada) registrados durante o período de condução do experimento estão expostos no Figura 1.

**Figura 1 – Precipitação mensal e temperaturas mínima, máxima e média do ar, na área do experimento. Salto Grande, SP, 2020**



Fonte: Ciiagro (2021).

O solo é classificado como latossolo vermelho distroférico típico, A moderado ou proeminente, textura argilosa ou muito argilosa, fase de relevo suave ondulado segundo Rossi (2017). Este ambiente de produção possui a classificação B.

As características físicas e químicas do solo analisadas antes do plantio estão dispostas no Quadro 1.

**Quadro 1 – Características físicas e químicas do solo em diferentes profundidades, Salto Grande, 2020**

Propriedades	Profundidade	
	0-20	20-40
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,6	5,4
MO (g dm <sup>-3</sup> )	50	46
P (g dm <sup>-3</sup> )	21	11
S (g dm <sup>-3</sup> )	9	26
Al <sup>+3</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0	0
H + Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	32	36
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,2	1,1
Ca <sup>+2</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	49	42
Mg <sup>+2</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	15	12
SB (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	65	55
CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	97	91
V (%)	67	60
Ca/CTC (%)	50	46
Mg/CTC (%)	16	13
K/CTC (%)	1	1
H + Al/CTC (%)	32	42
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,41	2,8
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	13,9	14,5
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	23	19
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	20,4	16,6
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	1,1	2,5
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	393	495
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	521	425
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	86	80

Para instalação da pesquisa, foram utilizadas áreas de cana planta, os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações do setor agrícola da

usina. As variedades selecionadas para o ensaio foram: CTC9002, CTC9005HP, e RB975201, cujas características estão dispostas na Quadro 2.

**Quadro 2 – Características das variedades de cana-de-açúcar na região de Assis – SP**

<b>Variedades</b>	<b>CTC9005HP</b>	<b>CTC9002</b>	<b>CTC9002</b>	<b>CTC9005HP</b>	<b>RB 97 - 5201</b>
<b>Ambientes de produção</b>	A, B e C	A e B	A e B	A, B e C	A-B-C
<b>Meses de Colheita</b>	Abr - Mai - Jun	Jun - Nov	Jun - Nov	Abr - Mai - Jun	Ago - Nov
<b>Pontos de destaque</b>	Alto teor de fibra; Perfilhamento elevado; Adaptabilidade ao plantio e colheita mecanizada; S; ATR elevado; Maior nº de Gemas por ha; P.U.I longo; Florescimento raro; TCH elevado.	Adaptabilidade de a colheita mecanizada; ; P.U.I longo; Rusticidade; Tolerância á seca; TCH Elevado; Porte Ereto.	Adaptabilidade de a colheita mecanizada; ; P.U.I longo; Rusticidade; Tolerância á seca; TCH Elevado; Porte Ereto.	Alto teor de fibra; Perfilhamento elevado; Adaptabilidade ao plantio e colheita mecanizada; S; ATR elevado; Maior nº de Gemas por ha; P.U.I longo; Florescimento raro; TCH elevado.	Alta sanidade; Crescimento rápido; Alto perfilhamento; Alto fechamento entrelinha; Alta brotação em Colheita mecanizada;
<b>Período de colheita:</b>	Precoce	Média	Média	Precoce	Tardia

\* Recomenda-se Ambiente D para colheita entre maio e julho. Dados fornecidos pelo CTC e UDOP (2019).

A Figura 2 demonstra a área experimental utilizada para a realização do experimento.

**Figura 2 – Área do ensaio obtidas pelo Google Earth, localizada no município de Salto Grande – SP, 2020**



O plantio foi realizado mecanicamente no dia 11 de janeiro de 2020. A adubação de plantio foi realizada com o fertilizante misto formulado 05-25-20 + 0,85% de Zn, na dose de 600 kg ha<sup>-1</sup>. Além disso, no momento do plantio os toletes foram tratados com inseticida e fungicidas, conforme descrito no Quadro 3.

Após o plantio, foram realizadas aplicações de herbicidas em área total, com autopropelido, para o controle de plantas daninhas (Quadro 3). Em seguida, realizou-se a operação de cultivo, com a aplicação de 330 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante misto formulado 10-00-30 + 1,0% de B.

Foi realizada a operação de quebra-lombo, aplicando-se herbicidas (Quadro 3). Por fim, realizou-se a liberação de *Cotesia flavipes* em pleno perfilhamento, onde foram distribuídas 8 doses por hectare.

**Quadro 3 – Tratos culturais e insumos utilizados no plantio do experimento, Salto Grande-SP, 2020**

<b>Operação</b>	<b>Produto, ingrediente ativo e tipo de formulação</b>	<b>Grupo</b>	<b>Dose (L ou kg ha<sup>-1</sup>)</b>
Plantio	Fipronil (60%) - SC	Inseticida	0,350 L ha <sup>-1</sup>
	Azoxistrobina (20%) e Ciproconazol (8%) - SC	Fungicida	0,250 L ha <sup>-1</sup>
1ª Aplicação de Herbicidas	Sulfentrazone (50%) - SC	Herbicida	1,800 L ha <sup>-1</sup>
	Diuron (53,3%) e Hexazinona (67%) - WG	Herbicida	2,500 kg ha <sup>-1</sup>
	2,4-D (80,6%) - SL	Herbicida	0,800 L ha <sup>-1</sup>
	Espalhante adesivo (20%) - SC	Adjuvante	0,030 L ha <sup>-1</sup>
2ª Aplicação de Herbicidas	2,4-D (80,6%) - SL	Herbicida	0,800 L ha <sup>-1</sup>
	Espalhante adesivo (20%) - SC	Adjuvante	0,030 L ha <sup>-1</sup>
Operação de quebra-lombo	Diuron (46,8%) e Hexazinona (13,2%) - WG	Herbicida	1,600 k ha <sup>-1</sup>
	Espalhante adesivo (20%) - SL	Adjuvante	0,030 L ha <sup>-1</sup>
	MSMA (72%) - SL	Herbicida	2,000 L ha <sup>-1</sup>
	Sulfentrazone (17,5%) e Diuron (35%) - SC	Herbicida	4,000 L ha <sup>-1</sup>
	Picloran (10,3%) e 2,4-D (20,12%) - SL	Herbicida	2,00 L ha <sup>-1</sup>

As aplicações se iniciaram em outubro de 2020 e foram realizadas de acordo com o respectivo estágio fenológico definido pelo tratamento.

### 3.2 Tratamentos

O delineamento foi constituído de blocos ao acaso em esquema fatorial 3x2 (três variedades de cana-de-açúcar x com e sem aplicação do ácido fúlvico), com oito repetições. Cada parcela foi composta por 10 linhas de plantas de 15 metros de comprimento, espaçadas em 1,5 m entre fileiras. Como área útil da parcela foram consideradas as seis fileiras centrais.

Os tratamentos foram constituídos da ausência ou a aplicação de  $3,0 \text{ mmol}_c \text{ C L}^{-1}$  de calda, no início do crescimento nas três variedades (RB975201, CTC9002 e CTC9005HP). A aplicação foi realizada no dia 17 de outubro de 2020, 280 dias após o plantio (DAP).

A aplicação foi realizada utilizando-se um equipamento costal pressurizado ( $\text{CO}_2$ ), equipado com uma única ponta de pulverização (modelo 1/4KLC-9 fieldjet) acoplada em uma barra de 2,5 m de comprimento. A faixa de aplicação deste equipamento é de 7,5 m, portanto, de acordo com as dimensões da parcela, foram realizadas duas passadas sobre cada parcela, sendo todos os tratamentos pulverizados no mesmo dia e no período da manhã. Foi utilizado o volume de calda equivalente a  $100 \text{ L ha}^{-1}$ .

### **3.3 Características químicas do ácido fúlvico isolado**

O ácido fúlvico isolado foi obtido através da extração da turfa, originaria da cidade de Araraquara-SP. A extração foi realizada de acordo com a método empregado por Canellas (2005). Após extraído, o material foi enviado para análise das características químicas, ao Núcleo de Desenvolvimento de Insumos Biológicos para a Agricultura, departamento pertencente a Universidade Estadual do norte Fluminense Darcy Ribeiro, localizada em Campos dos Goytacazes-RJ.

#### **3.3.1 Conteúdo de carbono e nitrogênio**

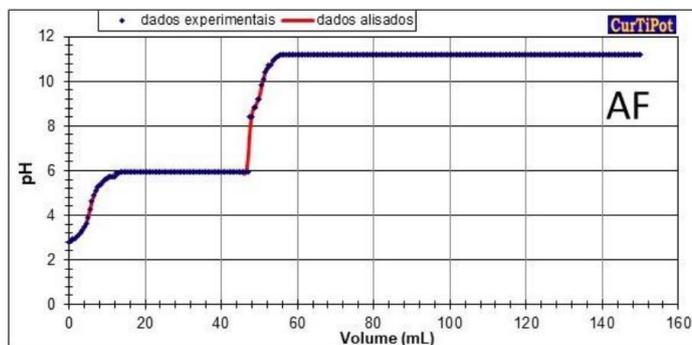
O conteúdo de carbono e nitrogênio da substância fúlvica foi analisado através do método de combustão seca, utilizando o analisador elementar TOC-L. Realizou-se a curva de calibração padrão, com biftalato de potássio com seis concentrações, até a máxima correspondente de  $1000 \text{ mg C L}^{-1}$ . A composição química do ácido fúlvico isolado foi de  $101,00 \text{ mg Carbono L}^{-1}$  e  $26,00 \text{ mg Nitrogênio L}^{-1}$ .

#### **3.3.2 Acidez total**

Para acidez total foi utilizado o método de titulação potenciométrica com a adição de volume constante de  $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$  até pH constante. As curvas de titulação são apresentadas na Figura 3. Foram realizadas duas repetições por amostra e os

valores apresentados foram obtidos através da média. A acidez foi de  $1,5 \text{ mol g}^{-1}$  de carbono.

**Figura 3 – Curva de titulação potenciométrica dos ácidos fúlvicos isolados, Campos de Goytacazes - RJ, 2019**



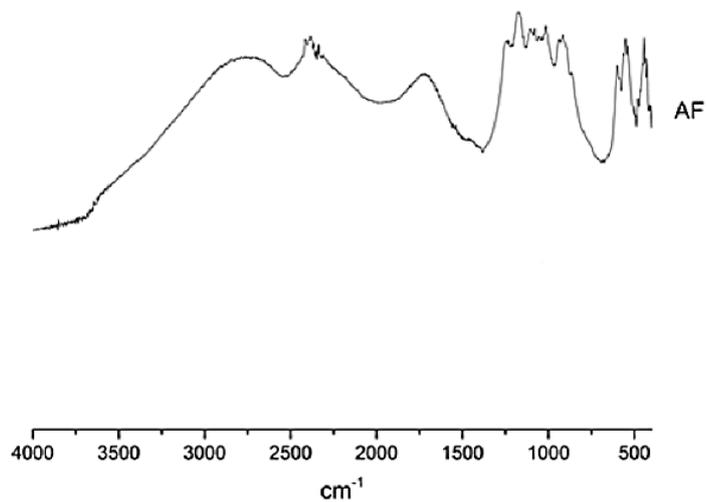
Fonte: Canellas e Da Silva (2019).

### 3.3.3 Espectroscopia a região do infravermelho com transformada de Fourier e refletância difusa (IV-TF/RD)

Os espectros de IV-TF/RD foram submetidos num espectrômetro (Shimadzu modelo prestige 21), utilizando as amostras liofilizadas, diluídas na razão de 5 mg de amostra para 150 mg de Brometo de Potássio.

A Figura 4 demonstra os espectros de IV-TF/RD e o Quadro 4 descreve as principais bandas de absorção encontradas.

**Figura 4 – Espectros na região do infravermelho com Transformada de Fourier e reflectância difusa dos ácidos fúlvicos (AF), Campos de Goytacazes-RJ, 2019**



**Fonte:** Canellas e Da Silva (2019).

**Quadro 4 – Descrição das principais bandas de absorção (em número de ondas,  $\text{cm}^{-1}$ ) encontradas nos espectros obtidos na região do Infravermelho com Transformada de Fourier e Reflectância Difusa. RMN, Campos de Goytacazes-RJ, 2019**

<b>AF</b>	<b>Possível atribuições das bandas de absorção em <math>\text{cm}^{-1}</math></b>
-	N- H livre (bem definida)
-	N-H livre (bem definida)
-	O-H em ponte de hidrogênio (alargamento)
-	Estiramento da ligação C-H em grupos $\text{CH}_3$
-	Estiramento da ligação C-H em grupos $\text{CH}_2$
2731	Bandas de absorção pouco comuns, normalmente não encontradas em substâncias húmicas. A região é típica de isocianatos ( $\text{N}=\text{C}=\text{O}$ ) e/ou da presença de aldeídos (com maior probabilidade devido o alargamento;
2412	
2384	
2341	
1712	Presença da ligação $\text{C}=\text{O}$ em grupos carboxílicos
1699	Banda de absorção de Amidas
-	$\text{C}=\text{C}$ de grupamentos aromáticos
-	Deformação C-H de grupos $\text{CH}_3/\text{CH}_2$
1247	Deformação C-H de grupamentos $\text{CH}_3/\text{CH}_2$
1172	C-O de polissacarídeos
1103	C-O de polissacarídeos
1058	C-O de polissacarídeos
1014	C-O de polissacarídeos
935	Deformação angular de ligações O-H
916	Deformação angular de ligações C-H em grupos aromáticos
599	Deformação angular de ligações C-H em grupos aromáticos
551	Deformação angular de ligações C-H em grupos aromáticos

**Fonte:** Canellas e Da Silva (2019).

O pH da calda de aplicação foi mensurado através de um pHmetro de bancada de precisão de  $\pm 0,01$  (Starter 2100, da marca OHAUS), e os valores estão apresentados no Quadro 5.

**Quadro 5 – Mensuração do pH da calda de aplicação**

<b>mmolc c L<sup>-1</sup></b>	<b>pH</b>
3,0	$2,65 \pm 0,00$
0,0	$8,87 \pm 0,06$

### 3.4 Variáveis analisadas

#### 3.4.1 Variáveis biométricas e produtividade de colmos

As avaliações biométricas foram realizadas no momento da colheita coletando 10 colmos industrializáveis por parcela e as variáveis analisadas foram:

- a) **Comprimento de colmos:** para realização desta foi obtido o comprimento médio dos colmos, mensurando desde o ponto de corte até a folha +1, de acordo com Kujiper (VAN DILLEWIJN, 1952), com auxílio de uma trena graduada em centímetros.
- b) **Diâmetro dos colmos:** o diâmetro de colmos foi mensurado com auxílio de um paquímetro digital, tem como referência o meio do terceiro internódio presente no terço inferior da planta.
- c) **Número de entrenós:** nesta avaliação, foram contados o número total de entrenós de colmo, considerando-se do ponto de corte até o ponto de quebra do palmito da cana-de-açúcar.
- d) **Comprimento médio dos entrenós:** o comprimento médio de entrenós foi obtido através da razão entre o comprimento de colmos e o número de entrenós.
- e) **Produtividade agrícola (TCH):** foi determinada com a amostragem total das seis linhas centrais de planta de cada parcela experimental. A colheita foi de forma mecanizada e os colmos colhidos foram transferidos para um transbordo equipado com célula de carga (precisão de  $\pm 5$  kg) para efetuar a pesagem em quilos.

#### 3.4.2 Variáveis tecnológicas

As análises tecnológicas foram determinadas dos colmos coletados para as avaliações biométricas. Foram determinadas as variáveis: Pol cana (PCC), pureza de caldo (PUR), fibra cana (F), açúcares redutores (AR), açúcares totais recuperáveis (ATR) e toneladas de açúcar hectare (TAH).

### 3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,10$ ) e as médias, com uso do fatorial, foram comparadas pelo teste t (DMS) a 10% de

probabilidade através do software Sisvar 5.6. (FERREIRA, 2011) Os gráficos foram elaborados com auxílio do software SigmaPlot 14.0.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Avaliações biométricas e produtividade de colmos

Houve interação significativa ( $p < 0,10$ ) para o comprimento de colmos, número de entrenós e comprimento médio de entrenós, enquanto para o diâmetro de colmos e toneladas de colmos por hectare não houve interação (Tabela 1). Mesmo quando não foram observadas interações significativas, as diferenças encontradas na análise desdobrada foram consideradas para fins de apresentação e discussão.

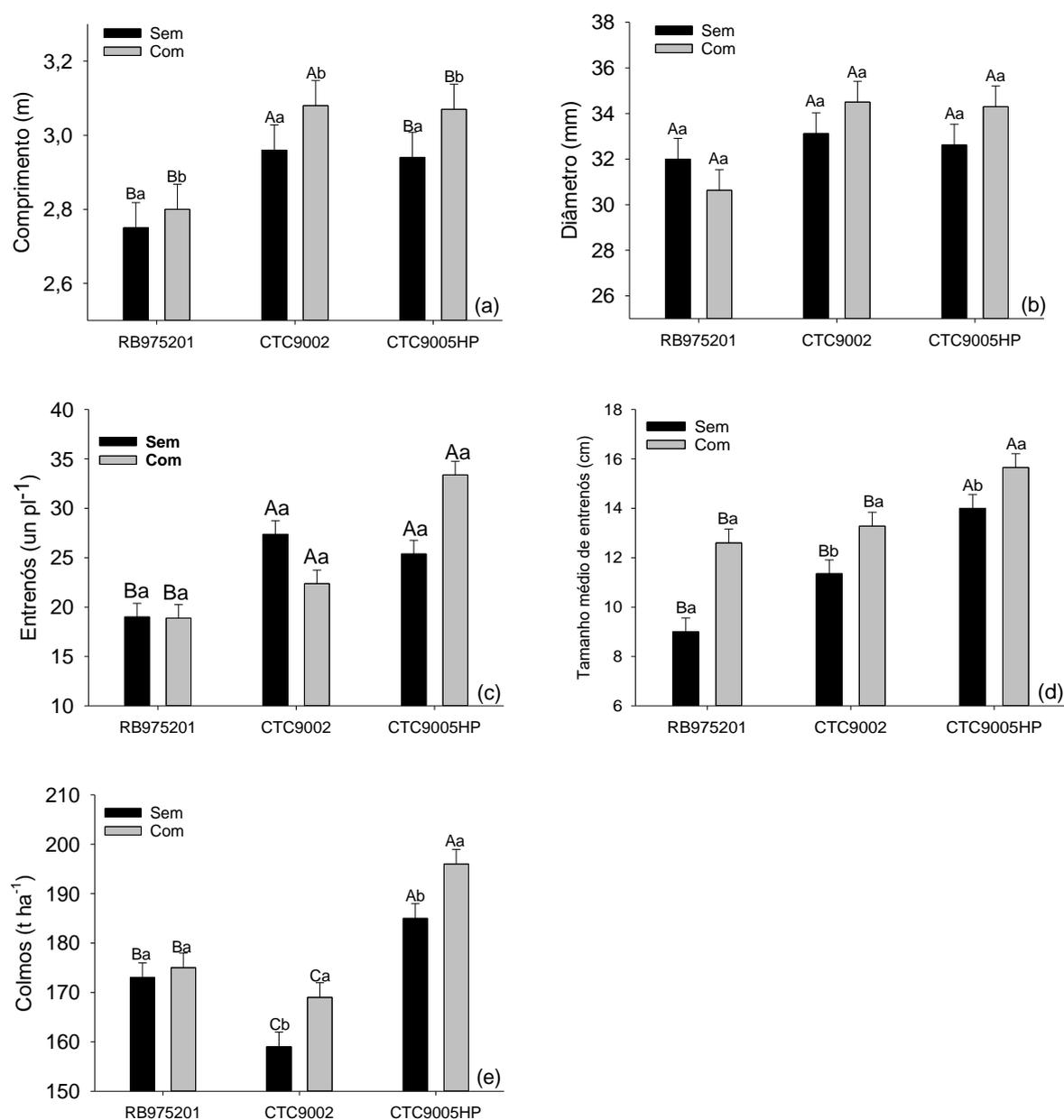
**Tabela 1 – Probabilidades de significância dos valores de F ( $p$ ) da análise de variância do comprimento de colmos (CC), diâmetro de colmos (DC), número de entrenós (NE), comprimento médio de entrenós (CME) e toneladas de colmos por hectare (TCH)**

<b>Fonte de variação</b>	<b>CC</b>	<b>DC</b>	<b>NE</b>	<b>CME</b>	<b>TCH</b>
	<i>Probabilidade de F</i>				
Ácido fúlvico (AF)	0,082	0,465	0,404	0,098	0,004
Variedade (V)	0,001	0,219	<0,001	<0,001	<0,001
AF x V	0,095	0,207	<0,001	<0,001	0,025
CV (%)	6,63	7,97	16,10	12,46	4,78

A aplicação de ácido fúlvico via foliar resultou em incrementos significativos no comprimento de colmos, aumentando em 5, 12 e 13 cm, respectivamente, para as variedades RB975201, CTC9002 e CTC9005HP, em comparação aos tratamentos que não receberam a aplicação de ácido fúlvico (Figura 5a). Entre as variedades, independente da condição (com ou sem ácido fúlvico), a CTC9002 apresentou maior comprimento de colmos em relação a RB975201 e a CTC9005HP, que não diferiram entre si (Figura 5a).

Para o diâmetro de colmos, não houve efeito significativo da aplicação de ácido fúlvico (Tabela 1; Figura 5b). Entre as variedades, também não houve diferenças significativas para esta variável. Em média, o diâmetro de colmos foi de 33,5, 33,8 e 31,3 mm para as variedades RB975201, CTC9002 e CTC9005HP, respectivamente.

**Figura 5 – Comprimento (a) e diâmetro de colmos (b), número de entrenós (c), comprimento médio de entrenós (d) e toneladas colmo por hectare (TCH)(e) em função da aplicação de ácido fúlvico em três variedades de cana-de-açúcar. Barras de erro indicam o erro padrão da média. Letras maiúsculas comparam as cultivares dentro de cada condição de ácido fúlvico (sem e com); letras minúsculas comparam a condição de ácido fúlvico (sem e com) dentro de cada cultivar, de acordo com o teste t (DMS,  $P < 0,10$ )**



Na análise desdobrada do número de entrenós por planta, verifica-se que a aplicação de ácido fúlvico não resultou em alterações significativas em nenhuma das variedades estudadas (Figura 5c). Independentemente da condição (sem ou com ácido fúlvico), a variedade RB975201 resultou em menor número de entrenós por planta em relação as demais (CTC9002 e CTC9005HP), que não diferiram entre si.

Nota-se que a aplicação de ácido fúlvico resultou no maior comprimento médio de entrenós nas três variedades estudadas (Figura 5d). Em média, o aumento observado foi de 40 %, 17 % e 12 %, respectivamente, para as variedades RB 975201, CTC9002 e CTC9005HP. Em geral, a aplicação de ácido fúlvico aumentou significativamente o comprimento de colmos (Figura 5a), mas não alterou o número de entrenós (Figura 5c), o que explica o efeito do ácido fúlvico no comprimento médio de entrenós (Figura 5d), uma vez que estas variáveis estão diretamente relacionadas.

A produtividade, demonstrada como toneladas de colmos por hectare (TCH), foi significativamente influenciada pela aplicação de ácido fúlvico e, também, observou-se diferenças entre as variedades estudadas (Tabela 1; Figura 5e). Nas variedades CTC9002 e CTC9005HP, a aplicação de ácido fúlvico aumentou a TCH em, respectivamente, 10 e 11 t ha<sup>-1</sup> em comparação ao tratamento que não recebeu a aplicação. Para a variedade RB975201, o valor ligeiramente superior na condição de com ácido fúlvico, não foi suficiente para resultar em efeito significativo. Quanto as diferenças entre as variedades, independente da condição (sem ou com ácido fúlvico), a CTC9005HP resultou em maior TCH, seguida da RB975201 e, com os menores valores, a CTC9002 (Figura 5e).

## **4.2 Avaliação das variáveis tecnológicas**

Em relação as variáveis tecnológicas, não houve interação significativa para Pol cana, pureza, fibra, açúcares redutores e açúcares totais recuperáveis (Tabela 2). Para a variável toneladas de açúcar hectare, verificou-se interação significativa ( $p < 0,10$ ). Mesmo quando não foram observadas interações significativas, as diferenças encontradas na análise desdobrada foram consideradas para fins de apresentação e discussão.

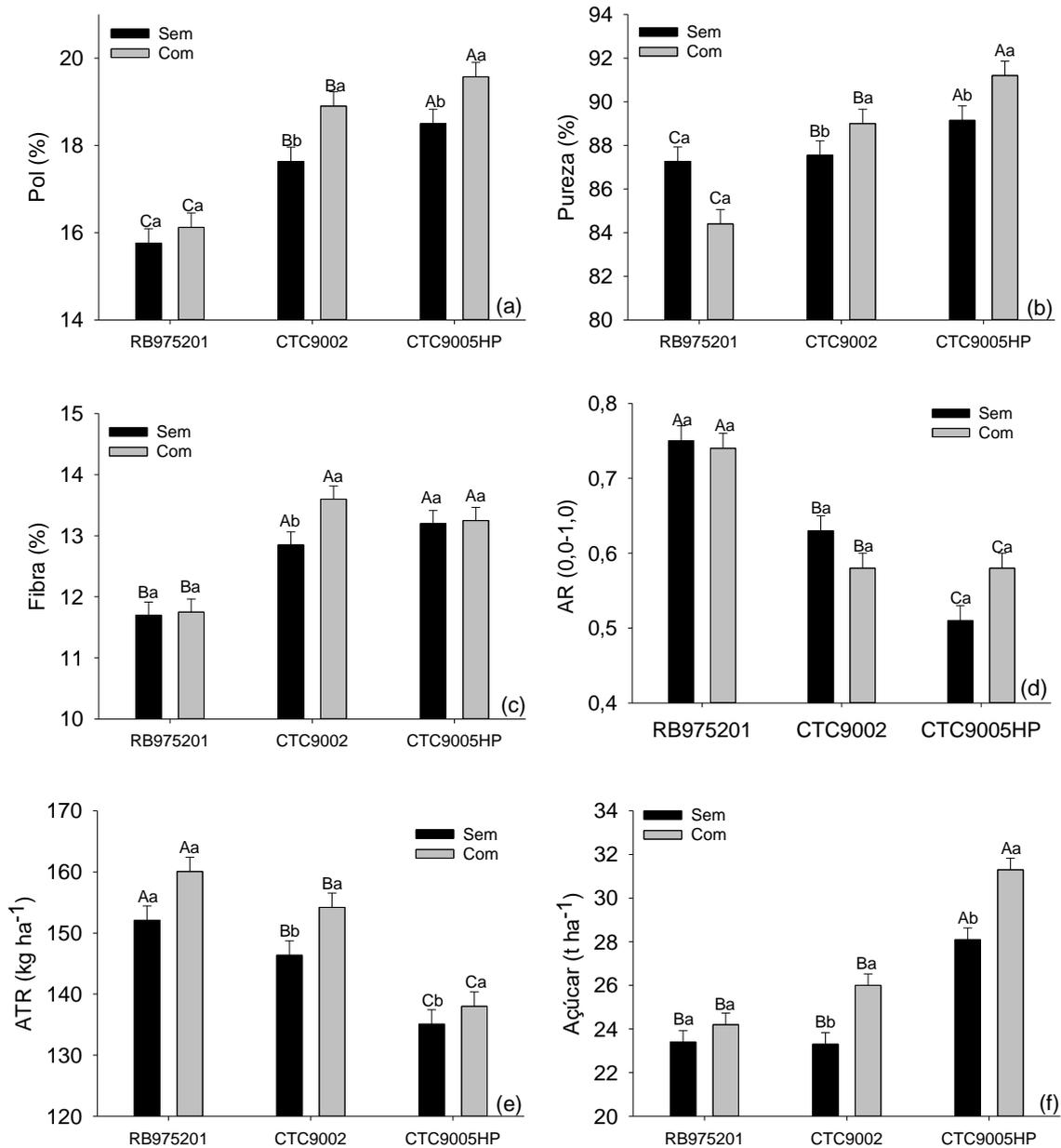
**Tabela 2 – Probabilidades de significância dos valores de F (p) da análise de variância do Pol cana, pureza, fibra, açúcares redutores (AR), açúcares totais recuperáveis (ATR) e toneladas de açúcar hectare (TAH)**

Fonte de variação	Pol Cana	Pureza	Fibra	AR	ATR	TAH
	————— (%) —————				(kg ha <sup>-1</sup> )	(t ha <sup>-1</sup> )
<i>Anova (Probabilidade de F)</i>						
Ácido fúlvico (AF)	0,002	0,024	0,163	0,019	0,003	<0,001
Variedade (V)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
AF x V	0,364	0,322	0,143	0,393	0,477	0,075
CV (%)	5,4	2,2	4,8	10,2	4,5	5,9

Verificou-se na análise desdobrada que a aplicação de ácido fúlvico aumentou o Pol Cana (%) em 7 % e 6 %, respectivamente, para as variedades CTC9002 e CTC9005HP, quando comparados aos tratamentos que não receberam ácido fúlvico (Figura 6a). Para a variedade RB975201, o valor do Pol Cana (%) na condição que recebeu a aplicação de ácido fúlvico, apesar de ligeiramente superior (2 %) em relação ao tratamento sem a aplicação de ácido fúlvico, não resultou em diferença significativa. Entre as variedades de cana-de-açúcar, nas duas condições de ácido fúlvico (sem e com ácido fúlvico), os maiores valores foram observados para CTC9005HP, valores intermediários para CTC9002, e menores valores para RB975201 (Figura 6a).

A pureza foi significativamente influenciada pela aplicação de ácido fúlvico, verificando-se aumentos nas variedades CTC9002 e CTC9005HP quando comparado a condição sem ácido fúlvico, ao passo que não houve diferença significativa para a variedade RB975201 (Tabela 2; Figura 6b). Nos tratamentos em que foram aplicados o ácido fúlvico, a pureza aumentou aproximadamente 2 % e 2,3 % para as variedades CTC9002 e CTC9005HP, respectivamente, em comparação àqueles que não receberam ácido fúlvico. Entre as variedades, também foram encontradas diferenças significativas para a pureza (Tabela 2; Figura 6b). Independentemente da condição (sem ou com ácido fúlvico), a variedade CTC9005HP resultou em maior pureza, seguida da CTC9002 e, com os menores valores, a RB975201.

**Figura 6 – Pol cana (a), pureza (b), fibra (c), açúcares redutores - AR (d), açúcares totais recuperáveis – ATR (e) e toneladas de açúcar hectare – TAH (f) em função da aplicação de ácido fúlvico nas variedades RB 97 -5201, CTC9002 e CTC9005HP. Barras de erro indicam o erro padrão da média. Letras maiúsculas comparam as cultivares dentro de cada condição de ácido fúlvico (sem e com); letras minúsculas comparam a condição de ácido fúlvico (sem e com) dentro de cada cultivar, de acordo com o teste t (DMS, P < 0,10)**



O tratamento com ácido fúlvico aumentou significativamente a porcentagem de fibras na variedade CTC9002 (Figura 6c). Nas demais variedades, não foram observados efeitos significativos da aplicação de ácido fúlvico. Quanto as diferenças entre as variedades, a CTC9002 e a CTC9005HP, que não diferiram significativamente entre si, resultaram em maiores teores de fibras quando comparadas a RB975201, independentemente da condição de ácido fúlvico (sem ou com).

A condição de com ácido fúlvico reduziu a quantidade de açúcares redutores em 10 % e 13 % nas variedades CTC9002 e CTC9005HP, respectivamente (Figura 6d). Para a variedade RB975201, apesar de a condição com ácido húmico resultar em ligeiro de decréscimo (1,3 %) na porcentagem de açúcares redutores, a diferença não foi significativa. Entre as variedades, nas duas condições (sem e com ácido fúlvico), a RB975201 resultou na maior quantidade de açúcares redutores, seguida da CTC9002 e CTC9005HP, todas com diferenças significativas entre si.

A aplicação de ácido fúlvico aumentou a quantidade de açúcares totais recuperáveis nas variedades RB975201 e CTC9002 em 5,2 % e 5,3 %, respectivamente (Figura 6e). Para a variedade CTC9005HP, apesar de a condição com ácido fúlvico ter superado em 3 kg t<sup>-1</sup> o tratamento sem ácido fúlvico, a diferença não foi significativa. Independentemente da condição (sem ou com ácido fúlvico), a quantidade de açúcares totais recuperáveis foi maior para a variedade RB975201, com valores intermediários para a CTC9002 e menores valores a CTC9005HP.

O tratamento com a aplicação de ácido fúlvico aumentou significativamente a tonelada de açúcar hectare (TAH) em aproximadamente 12 % e 11 %, respectivamente, para as variedades CTC9002 e CTC9005HP, quando comparadas a condição sem ácido fúlvico (Figura 6f). Para a variedade RB975201, a condição com ácido fúlvico proporcionou acréscimo da TAH em 0,8 t ha<sup>-1</sup> quando comparada a condição sem ácido fúlvico, entretanto essa diferença não foi suficiente para resultar em efeito significativo. Entre as variedades, a CTC9005HP resultou em maior TAH em relação as demais (RB975201 e CTC9002), que não diferiram entre si.

## 5 DISCUSSÃO

Os resultados das análises biométricas mostraram que a aplicação de ácido fúlvico ( $3,0 \text{ mmol}_c \text{ C L}^{-1}$  de calda) através de pulverização foliar na fase de início do crescimento das plantas, aumentou o comprimento de colmos e, conseqüentemente, o comprimento médio de entrenós (Figura 5a e 5d), efeito este que promoveu o aumento médio da TCH em  $10,5 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 5e), em duas cultivares testadas (CTC9002 e CTC9005HP). Estes efeitos positivos podem estar associados ao maior enraizamento das plantas, uma vez que pesquisas demonstram que substâncias húmicas podem exercer efeitos diretos no desenvolvimento e no metabolismo das plantas (CANELLAS et al., 2002; CARON et al., 2015), como promover aumento da síntese de auxinas e da atividade de ATPases nas células da membrana plasmática das raízes. Em mudas pré-brotadas, a aplicação de ácido húmico na concentração de  $23 \text{ mmol}_c \text{ C L}^{-1}$  no substrato resultou em aumento do comprimento de plantas e número de folhas por planta, matéria seca da parte aérea e das raízes quando comparado ao controle (AGUIAR et al, 2008).

O comprimento de colmos é uma variável que possui relação com a TCH, ou seja, colmos mais compridos podem resultar em maior TCH. No presente estudo, a aplicação de ácido fúlvico proporcionou aumento no comprimento de colmos (Figura 5a), efeito que certamente contribuiu para o incremento da TCH (Figura 5e).

Os efeitos do ácido fúlvico observados no presente estudo para a TCH (Figura 5e) corroboram com os encontrados por da Silva et al. (2017), onde a aplicação de bioestimulantes composto por  $20 \text{ mg C L}^{-1}$  e  $2 \times 10^8$  células por  $\text{mL}^{-1}$  de *Herbaspirillum seropedicae*, 60 dias após a emergência da cana-de-açúcar, resultou no incremento da TCH em  $11 \text{ t ha}^{-1}$  para cana planta. Em relação aos resultados positivos sobre a TCH, verificados nas variedades CTC9002 e CTC9005HP, não foi observado o mesmo para a variedade RB975201 (Figura 5e), o que sugere que existem diferenças entre genótipos de cana-de-açúcar quando às respostas ao tratamento com ácido fúlvico. O efeito do ácido fúlvico no qual resultou em aumentos no crescimento das plantas foi mais notável no comprimento dos colmos (Figura 5a) do que no diâmetro (Figura 5b), o que pode ser associado com o tropismo e a dominância apical, devido a maior síntese de auxinas na planta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Além dos efeitos constatados no crescimento e produtividade de colmos (Figura 5a, 5d e 5e), em geral a aplicação do ácido fúlvico também aumentou o Pol, a pureza, a quantidade de açúcares totais recuperáveis e a tonelada de açúcar hectare (Figura 6a, 6b, 6e e 6f). Estudos de Rosato et al. (2010) sobre os efeitos de substâncias húmicas na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, mostraram que houve aumento no acúmulo de sacarose da variedade SP91-1049, o que respalda o aumento do Pol observado no presente estudo quando houve aplicação de ácido fúlvico (Figura 6a).

O ácido fúlvico aumentou a pureza para as variedades CTC9002 e CTC9005HP (Figura 6b), entretanto para a porcentagem de Fibras não houve efeito do ácido (Figura 6c). Os dados de fibra validam parcialmente o trabalho realizado por Rosato et al. (2010), onde o tratamento das plantas com compostos orgânicos também não afetou esta variável.

Por fim, a variável toneladas de açúcar hectare (Figura 6f) foi influenciada pela aplicação de ácido fúlvico, positivamente, seguindo as mesmas tendências observadas para o Pol Cana (Figura 6a) e TCH (Figura 5e).

As variedades CTC9002 e CTC9005HP atingiram aumentos de produção de açúcares na ordem de 10% (2,70 e 3,20 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) (Figura 6f). Além disso, a variedade CTC9005HP obteve produtividades de açúcares superior as demais. Isto se dá pela época de maturação das variedades, as quais a RB975201 é tardio, médio a CTC9002 e hiperprecoce a CTC9005HP (ASSOCANA, 2020). É possível afirmar que tanto a produtividade quanto a qualidade industrial da cana-de-açúcar foram influenciadas pela aplicação de ácido fúlvico isolado. Além disso, houve diferenças entre as variedades quanto às respostas a aplicação de ácido fúlvico e, ainda, notadamente diferenças genotípicas entre as variedades. Entretanto, mais estudos devem ser realizados para identificação dos fatores fisiológicos que influenciam a cultura da cana-de-açúcar sob o tratamento com ácido fúlvico isolado.

## 6 CONCLUSÕES

A aplicação de ácido fúlvico no início do alongamento de colmos resulta em aumento do crescimento e da produtividade de colmos da cana-de-açúcar. Esses efeitos ocorrem para todas as variedades estudadas, sendo significativos para as variedades CTC9005HP (hiperprecoce) e CTC 9002 (médio), e não significativos para a RB975201 (tardio). O ácido fúlvico também aumenta a produção de açúcares, portanto é importante acompanhar este parâmetro quando se realiza a aplicação deste composto.

A utilização de ácido fúlvico é uma alternativa para aumentar a produtividade e a qualidade tecnológica da matéria prima da cultura da cana-de-açúcar. Pesquisas posteriores devem ser realizadas buscando identificar as possíveis alterações fisiológicas que a aplicação foliar de ácido fúlvico provoca na cultura da cana-de-açúcar.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. A. de B.; ANDRADE, P. P. Implantação e condução de canaviais. **Informe Agropecuario**, Belo Horizonte, v.28, n.239, p. 44-54, 2007.
- AGUIAR, N. O; MEDICI, L. O; OLIVARES, F.L; DOBBSS, L. B; TORRES-NETTO, A; SILVA, S.F; NOVOTNY, E. H. CANELLAS, L. P. Metabolic profile and antioxidant responses during drought stress recovery in sugarcane treated with humic acids and endophytic diazotrophic bacteria. **Annals of Applied Biology** v. 168, n. 2. P. 203-213.
- AGUIAR, N.O; OLIVARES, F.L; NOVOTNY, E.H. Bioactivity of humic acids isolated from vermicomposts at different maturation stages. **Plant Soil**, v.362, p.161–174, 2013
- ARALDI, R.; SILVA, F. M. L.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Florescimento em cana-de-açúcar. **Ciência rural**, v. 40, n.3, 2010.
- ASSOCANA. **Características agrotécnicas e manejo varietal da cana de açúcar**. Disponível em: [http://www.assocana.com.br/arquivos/upload/files/documentos/variedades\\_2020.pdf](http://www.assocana.com.br/arquivos/upload/files/documentos/variedades_2020.pdf) . Acesso em: 30 de junho de 2021.
- AUDE, M. I. S. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 241-248, 1993.
- BALMORI, D. M.; DOMÍNGUEZ, C. Y. A; CARRERAS, C. R; REBATOS, S. M.; FARIAS, L. B. P.; IZQUIERDO, F. G.; BERBARA, R. L. L; GARCÍA, A. C. F. Foliar application of humic liquid extract from vermicompost improves garlic (*Allium sativum* L.) production and fruit quality. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**. p. 1-10, 2019.
- BARBOSA, M. H. P.; SILVEIRA, L. C.I. Cana-de-açúcar: variedades, estabelecimento e manejo. *In*: Simpósio sobre manejo estratégico de pastagem, 2006. Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006, p. 245-276.
- BATISTA, L. M. T. **Avaliação morfofisiológica da cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos**. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- BET, J. A. Indutores de maturação e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, 2015.
- BHATTACHARYYA, P. N.; JHA, D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. **World j microbiol biotechnol**, v. 28, n.4, p. 1327-1350.
- BONNET, C. D. Developmental Stages (Phenology). *In*: MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. **Sugarcane: Physiology, biochemistry, and functional biology**. New Delhi: Wiley Blackwell, 2014. Cap.2, p. 19-35.

CALVO, P. NELSON, L. KLOEPPER J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**. n. 383, p. 3-41, 2014.

CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. *In*: CÂMARA, G. M. S, OLIVEIRA, E. A. M. **Produção da cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993, p. 31-34.

CANELLAS, L. P.; SILVA, G. A. **Humosfera**: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campo dos Goytacazes, UENF, 2005, 309 p.

CANELLAS, L.P.; FAÇANHA, A.R. Chemical nature of soil humified fractions and their bioactivity. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 233-240, 2004.

CANELLAS, P. L.; DA SILVA, S.; OLK, D; OLIVARES, F. Foliar application of plant growth-promoting bacteria and humic acid increase maize yields. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, n.1, v.13, p. 131-138, 2015.

CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; OKOROKOVA-FAÇANHA, A. L.; FAÇANHA, A. R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H<sup>+</sup> -ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, v. 130, p. 1951-1957, 2002.

CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira, – Cana-de-açúcar safra 2018/2019 – Primeiro levantamento**. v. 6, n. 1, 2019.

CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA (CTC). **Variedades**. Disponível em: <https://variedadesctc.com.br/>. Acesso em: 30 jul de 2019.

DA SILVA, S.; OLIVARES, F.; CANELLAS, L. P. The biostimulant manufactured using diazotrophic endophytic bacteria and humates is effective to increase sugarcane yield. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**. v.4, n.1, p.1-16, 2017.

DE VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; DOS SANTOS, A. R.; DA SILVA, S. J. **Manual de Fisiologia Vegetal**. São Luis – MA: Edufma; 2010, p. 230.

DIOLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. *In*: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: Bioenergia, açúcar e álcool**. Tecnologias e perspectivas. Viçosa: Editora UFV, 2010. P 25-49.

DOOREMBOS, J.; CASSAM, A. F. Efectos del agua el rendimiento de los cultivos. Roma: FAO. (**FAO, Ryego y Drenaje 33**) 1972. 212 p.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Sci.Hortic**. v. 196,3–14, 2015.

DU JARDIN, P. **The Science of Plant Biostimulants – A Bibliographic Analysis, Ad hoc Study Report**. Brussels: European Commission. 2012 Disponível em: <http://hdl.handle.net/2268/169257>, acesso em: 25 mai 2018.

FAGAN, E. B. **Fisiologia vegetal: metabolismo e nutrição mineral**. São Paulo: Andrei, 2016. 305 p

FERNÁNDEZ, V.; SOTIROPOULOS, T.; BROWN, P. **Adubação foliar: fundamentos científicos e técnicas de campo**. São Paulo: Abisolo, 2015. 150 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILATOV, V.P. Tissue treatment. (Doctrineonbiogenic stimulators).I. Background, methods and the clinical tissue treatment. **Priroda**. v. 11, p.39–46, 1951.

GHELLER, A. C. A. Fatores que afetam o desempenho maturadores e regulares de crescimento em cana-de-açúcar. *In: Semana da Cana de Açúcar de Piracicaba*, 4, Piracicaba, 1999. **Anais**. Piracicaba *Saccharum*, 1999. P. 16-19.

GUÉLLER, A. C. A. Resultados da aplicação de maturadores vegetais em cana-de-açúcar, variedades RB72454 e RB835486 na região de Araras, SP. *In: 4ª Jornada Científica da UFSCar*, 2001, São Carlos. **Resumos...** 2001.

JINDO, K.; MARTIM, S.A.; NAVARRO, E.C.; AGUIAR, N.O.; CANELLAS, L.P. Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organicwastes. **Plant Soil**, v.353, p.209–22, 2012.

HERVATIN, C. M. **Adubação foliar associada à aplicação de maturador na cana-de-açúcar em início de safra**. 2018.101 p. Dissertação (mestrado em agronomia), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Energia na Agricultura, Botucatu, 2018.

JUNIOR, R. B. M; CANELLAS, L. P; SILVA, L. G; OLIVARES, F. L. Promoção de enraizamento de microtoletes de cana-de-açúcar pelo uso conjunto de substâncias húmicas e bactérias diazotróficas endofíticas. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p. 1121 – 1128, 2008.

KATKAT, A. V., CELIK, H.; TURAN, M. A.; MURAT, A. Effects of soil and foliar applications of humic substances on dry weight and mineral nutrients uptake of wheat under cal-careous soil conditions. **J. Basic Appl. Sci.** v.3, n.2, p.1266–1273, 2009.

KAUFFMAN, G. L.; KNEIVEL, D. P.; WATSCHKE, T. L. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. **CropSci.** 47,261–267, 2007.

LEITE, J. M; PITUMPE ARACHCHIGE, P. S; CIAMPITTI, I. A; HETTIARACHCHI, G. M; MAURMANN, L; TRIVELIN, P. C. O; PRASAD, P. V. V; JOHN SUNOJ, S. V. Co-

addition of humic substances and humic acids with urea enhances foliar nitrogen use efficiency in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.), **Heliyon**, v. 6, n. 10, 8 p. 2020.

MACHADO, E. C. **Um modelo matemático-fisiológico para simular o acúmulo de matéria seca na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. 1981. 115 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Biologia, Campinas, 1981.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Londres: Academic Press, 2012. 651 p.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar. Uma introdução ao procedimento prático**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012, 29 p.

MATTIELLO, L. et al. Physiological and transcriptional analyses of developmental stages along sugarcane leaf. **Bmc Plant Biology**, London, v. 15, n. 1, p. 1-21, dez. 2015.

MAXIMIANO, S. S. **Botânica e Fisiologia da cana-de-açúcar: Brotação, crescimento e Maturação**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas – Centro de Cana, 2011. Disponível em: [http://www.infobibos.com/cursocana/alunos/aulas/aula1/aula\\_max\\_01.pdf](http://www.infobibos.com/cursocana/alunos/aulas/aula1/aula_max_01.pdf). Acesso em: 14 mai 2019.

DENT, M. **Biostimulant and Biopesticides 2021-2031: Technologies, Markets and Forecasts**. IDTechEx Research, 2021. Disponível em: <https://www.idtechex.com/en/research-report/biostimulants-and-biopesticides-2021-2031-technologies-markets-and-forecasts/773>. Acesso em: 01 jun. 2021.

MILLER, J. D. GILBERT, R. A. **Sugarcane botany: A Brief View**. University of Florida, IFAS Extension, Disponível em: <http://edisifas.ufl.edu/SC034>, acesso em 20 mai 2019.

MORAES, E. R.; MAGESTE, J. G.; LANA, R. M. Q.; SILVA, R. V.; CAMARGO, R. Sugarcane: Organo-Mineral Fertilizers and Biostimulantes. *In*: OLIVEIRA, A. **Sugarcane Technology and resarch**. Flórida: Intechopen, 2018. Cap.10, p. 194-203.

MUTTON, M. A. Modo de ação do sal de isopropilamina de N-(fosfometil) glicina (glifosate) e efeito maturador na cana-de-açúcar). *In*: Seminário Rounduo efeito maturador, 1 1993, Guarujá. **Anais...** Guarujá, 1993. p.9-17.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biol. Biochem.** v. 34, n.11, 1527–1536, 2002.

NETO, J. B. **Desenvolvimento e produção de cana-de-açúcar em função ao propágulo utilizado**. 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba, 2015.

- OLIVEIRA, H.P; DE MELO, R.O; BALDOTTO, M. A; ANDRADE, M. A; BALDOTTO, L. E. B. Performance of pre-spouted sugarcane seedlins in response to the application of humic acid and plant growth-promoting bacteria. **Semina**,v.39, n.3. p. 1365-1370, 2018.
- PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances. A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. **Adv. Agron.** v. 75, p. 57-134, 2002.
- PICCOLO, A.; CONTE, P.; SPACCINI, R.; CHIARELLA, M. Effects of some dicarboxylic acids on the association of dissolved humic substances. **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, p. 255-259, 2003.
- PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; DA SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**,v.7, n.5, p.1-13, 2011.
- RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.185, p.249-258, 2000.
- RICE, J. HUMIN. **Soil Science**, v.166, p. 846-857, 2001.
- RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: UNESP, 1995. 100p. (Apostila).
- ROSATO, M. M; BOLONHEZI, A. C; FERREIRA, L. H. Z. Substâncias húmicas sobre a qualidade tecnológica de variedades de cana de açúcar. **Scientia Agraria**. v.11, n.1, p.43-48, 2010.
- ROSOLEM, C. A. **Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 98 p. Disponível em: [http://www.dcs.ufla.br/site/\\_adm/upload/file/pdf/Prof\\_Faquin/Recomendacao%20e%20nutrientes%20VIA%20foliar%20Parte%201%20.pdf](http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Recomendacao%20e%20nutrientes%20VIA%20foliar%20Parte%201%20.pdf) . Acesso em: 19 jun. 2018
- SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C.F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. IN: SEGATO, S. V.; PINTO, A.S; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J.C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CAP 2, 2006, p. 16-36.
- SILVA, D. K. T.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H., TERUYO, I. O. T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEGLER, H. S.; OLIVEIRA, R. Análise de crescimento em cultivares de cana-de-açúcar em cana-soca no noroeste do Paraná na safra de 2002/2003. **Scientia Agraria**, v.6, n.1/2, p. 47-53, 2005.
- SILVA, M. A.; CATO, S. C.; COSTA, A. G. F. Produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 774-780, 2010.

SILVA, M. A.; SANTOS, C. M.; ARANTES, T. T.; PINCELLI, R. P. Fenologia da Cana-de-açúcar. *In*: CRUSCIOL, A. A. C.; SILVA, M. A.; ROSSETO, R. SORATTO, R. P. **Tópicos em Ecofisiologia da Cana-de-açúcar**. Botucatu: FEPAF, 2010. p. 8-17.

STEVENSON F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. Wiley, New York, 1994, 512 p.

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed., Artmed, 2013. 918 p.

TORRE, L. A.; BATTAGLIA, V.; CARADONIA, F. No overview of the current plant biostimulant legislations in diferente European Member States. **J.Sci.Food Agric.** v. 96, p. 727–734, 2016.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA (UDOP). **Características Agronômicas das Variedades RB**. Disponível em: [https://www.udop.com.br/index.php?item=variedades\\_rb](https://www.udop.com.br/index.php?item=variedades_rb). Acesso em: 30 de jul de 2019.

VIANA, R.S.; MUTTON, M. A.; BARBOSA, V.; DURIGAM A. M. P. R. Maturadores químicos na cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) aplicados em final de safra. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 7, n. 2, 2007.

WANG, Y.; YANG, R.; ZHENG, J.; SHEN, Z.; XU, X. Exogenous foliar application of fulvic acid alleviate cadmium toxicity in lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 167, p.10-19, 2019.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. *In*: **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds). 2. Ed.rev. Campinas: IAC. 1997. p.233-236.(Boletim Técnico, 100). [detalhes] Obs. Constam: Cana-de-açúcar, Pupunha e Seringueira.

YAKHIN, O. L.; LUBYANOV, A. A.; YAKHIN, I. A.; BROW. P. H. Bioestimulants in Plant Science: A Global Perspective. **Frontiers in Plant Science**. v.7, p. 1-32, 2017.