

NILCEU PIFFER CARDOZO

**FLORESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITOS GENOTÍPICOS,
CLIMÁTICOS, PERDAS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE**

Botucatu

2017

NILCEU PIFFER CARDOZO

**FLORESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITOS GENOTÍPICOS,
CLIMÁTICOS, PERDAS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agricultura.

Orientador: Carlos Alexandre Costa
Crusciol

Botucatu

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C268f Cardozo, Nilceu Piffer, 1980-
Florescimento da cana-de-açúcar: efeitos genotípicos, climáticos, perdas e estratégias de controle / Nilceu Piffer Cardozo. - Botucatu: [s.n.], 2017
186 p.: il., color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol
Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar - Cultivo. 2. Cana-de-açúcar - Efeito do Euphon. 3. Análise multivariada. I. Crusciol, Carlos Alexandre. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III Título.

Elaborada por Maria Lúcia Martins Frederico - CRB-8:5255

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

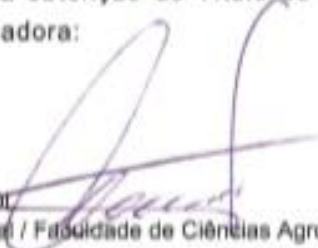
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

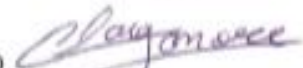
TÍTULO DA TESE: FLORESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITOS GENOTÍPICOS, CLIMÁTICOS, PERDAS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

AUTOR: NILCEU PIFFER CARDOZO

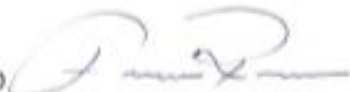
ORIENTADOR: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

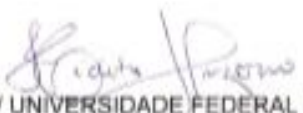
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL 
Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Prof. Dr. ALAN RODRIGO PANOSSO 
Departamento de Matemática / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. PAULO ALEXANDRE MONTEIRO DE FIGUEIREDO 
Diretoria Geral da FCAT / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Pesquisador Dr. FERNANDO CESAR PATTARO 
Usina Santa Terezinha / Maringá/PR

Prof. Dr. HIDETO ARIZONO 
Departamento de Biotecnologia Vegetal / UNIVERSIDADE FEDERAL DE SAO CARLOS

Botucatu, 06 de dezembro de 2017

Às grandes conquistas de minha vida,

Renata, Pedro e Elisa

dedico

AGRADECIMENTOS

O que dizer, quando obrigado ser torna simples demais? Uma lista de nomes e pessoas, apesar de comovente, não faz justiça a tudo o que foi feito por mim. Nada será capaz de descrever o que realmente aconteceu e a importância de cada pessoa aqui mencionada. Foram momentos e ações decisivas, que marcaram não apenas a realização desse trabalho, mas também meu caráter e minha vida. Ainda, é a possibilidade que tenho e espero fazê-la com sabedoria.

À Deus, pela incrível e amada família e pelos grandes amigos que permitiu que encontrasse ao longo de minha vida.

À minha amada esposa Renata, amiga e companheira de jornada, por não ter desistido de mim e pelos maiores presentes de minha vida: Pedro e Elisa.

Aos meus pais e irmãs, por todo o apoio, carinho e afeto que sempre dedicaram a mim.

Pai, agradeço por ter acreditado em mim, quando nem mesmo eu acreditei. Obrigado por não me deixar seguir o caminho mais fácil, de ceder ao medo ou, o pior de tudo, ao comodismo. Seu exemplo, sem palavras, marcou uma vida.

Ao Prof. Carlos Alexandre Costa Crusciol cuja dedicação, compreensão e amizade sem limites foram decisivas para que esse trabalho tivesse êxito.

À Fernando Rodrigo Sesso, amigo conquistado na dificuldade, no suor e na lágrima. Sem dúvida, a melhor forma de fazê-lo.

À Leonel Pasqualinoto, amigo de caráter único, cuja dedicação, competência e amor ao trabalho com cana-de-açúcar marcou (e ainda o faz) a minha vida profissional.

Aos amigos do Centro de Tecnologia Canavieira, em especial, David Augusto Peixoto Casieiro, Mauro Henrique Salgueiro Violante, Mateus Salani de Queiroz, Anderson Guerra, Tiago Salioni Moura, Ricardo Faganello Neme, Carlos Eduardo Miori, Donizetti, Nelson e Jair entre tantos outros companheiros que tornaram possível esse trabalho.

Aos amigos da Usina São Luiz de Ourinhos e família Quagliatto: Álvaro Barreto Peixoto, Marcus Vinícius Lopes e Daniel Quagliatto, pelo apoio e amizades incondicionais. Essa conquista também é sua e de sua equipe.

Aos amigos da Usina São Martinho, Marcos Marcari Eduardo Maniezo Rodrigues, Luís Gustavo, Sr. Vicente e toda a equipe de qualidade: muito obrigado pelo apoio dedicado ao longo desses 4 anos de trabalho.

Aos amigos e equipe da Biosev, Marcel Martinelli Bononi, Renato Pazeto, Alan e toda equipe da fazenda experimental, muito obrigado pelo esforço e dedicação.

À toda equipe da unidade Delta, em especial a Marcio Cesar Ruiz, Tiago Henrique de Almeida Silva e toda equipe de qualidade agrícola, que não mediram esforços para me ajudar na conclusão deste.

À equipe Canaplan: Ciro, Fernando, Nívia, Denis, Ricardo e Eduardo e, em especial ao sr. Luís Carlos Correa Carvalho (Caio) pela amizade e apoio, sem os quais não teria conseguido realizar esse trabalho.

À Bayer CropScience e todos os amigos de sua equipe, em especial Paulo Donadoni e Plaucius Figueiredo Seixas, por acreditaram no potencial desse trabalho.

Ainda na Bayer, não seria possível esquecer o grande amigo Antônio Soares, o qual não apenas acreditou no potencial desse trabalho, mas também em minha pessoa.

A todos aqueles que contribuíram para a realização desse trabalho, independente da forma e do momento. Sem vocês não teria conseguido chegar aqui.

A todos os professores do PPG em Agronomia da Faculdade de Ciências Agronômicas, FCA/UNESP, Botucatu.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

“Nessa época ouvi dizer que o primeiro sintoma da velhice é quando a gente começa a se parecer com o próprio pai. Devo estar condenado à juventude eterna, pensei então, porque meu perfil equino não se parecerá jamais ao caribenho cru que era meu pai, nem ao romano imperial de minha mãe. A verdade é que as primeiras mudanças são tão lentas que mal se notam, e a gente continua se vendo por dentro como sempre foi, mas de fora os outros reparam”.

RESUMO

O cultivo da cana-de-açúcar sofreu muitas mudanças nos últimos 15 anos. Extinção da queima, mecanização completa do plantio e colheita, expansão rumo a áreas de cerrado são apenas algumas delas. Entretanto, alguns velhos e bem conhecidos problemas permanecem presentes. Embora conhecido e extensamente estudado, o florescimento da cana-de-açúcar continua a causar perdas de produtividade. O método de controle mais utilizado envolve o uso de ethephon, o qual, apesar de conhecida eficiência, não raro tem seus resultados questionados, principalmente por uso inadequado. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar as variáveis envolvidas no processo de florescimento que afetam a eficiência de seu controle pelo ethephon e propor estratégias de manejo que otimizem seus resultados. O trabalho foi realizado durante os anos de 2014 e 2016 em quatro regiões produtoras de cana-de-açúcar do centro-sul brasileiro e envolveu a avaliação do uso de ethephon em diferentes épocas de aplicação em três cultivares de cana-de-açúcar. Os melhores resultados foram obtidos com aplicações realizadas entre 20 dias antes à 5 dias após o início do período indutivo (P.I.). O ponto ótimo de controle ocorreu quando a aplicação foi realizada entre 9 a 6 dias antes do início de P.I. A menor intensidade de florescimento foi acompanhada dos maiores ganhos em produtividade ($p < 0,05$), com média oscilando entre 12 a 16 % em relação à testemunha. Aplicações realizadas durante e após o término do P.I. apresentaram redução gradual na eficiência de controle do florescimento. Contudo, observou-se atraso na emissão das panículas e redução na intensidade de fatores adversos como a isoporização, com redução média de 40% em relação à testemunha. Apesar de apresentarem produtividade menor do que a dos tratamentos realizados no ponto ótimo de controle, sua produtividade foi superior ($p < 0,05$) a da testemunha, com média de 6%. A antecipação da aplicação (acima de 25 a 30 dias) mostrou-se igualmente ineficiente no controle do florescimento e com produtividade inferior às aplicações realizadas após o término do P.I. e muito próximos aos da testemunha. A intensidade de isoporização apresentou relação com o florescimento, mas também com o tempo de exposição da panícula no campo e, principalmente, com as condições de restrição hídrica. O uso de ethephon em momentos de baixo armazenamento de água no solo seguido de intensificação de tais condições pelos 20 dias subsequentes a aplicação, mostrou-se diretamente relacionado a redução nos ganhos de produtividade e, em condições extremas,

resultados inferiores aos da testemunha. É fato que o ethephon controla o florescimento e promove benefícios à produtividade da cultura. Todavia, sua aplicação demanda cuidado e precisão técnica que tem faltado ao setor. Os resultados demonstram que o uso de ethephon requer cuidados quanto a sua época de aplicação e adaptações nas recomendações gerais de seu uso, pois as existentes estão atreladas ao calendário e não às condições específicas de cada cultivar e região. Assim sendo, é essencial o planejamento de sua aplicação, o qual deve incluir todas as premissas envolvidas, sob pena de permanecer na estagnação, instabilidade de resultados obtidos com ethephon e, a saída mais simples, o questionamento e abandono de seu uso.

Palavras-chave: Ethephon. Isoporização. Interação genótipo-ambiente. Análise estatística multivariada. Redução de produtividade.

ABSTRACT

Sugarcane growth in Brazil has undergone many changes in the last 15 years. Extinction of trash burning, complete mechanization of planting and harvesting, expansion to Cerrado areas are just a few of them. However, some old and well-known problems remain. Despite being widely studied; the sugarcane flowering continues to promote yield losses. The most used method of control is ethephon, despite known efficiency, often has its results questioned, mainly due to inadequate use. The aim of this work was to characterize the variables involved in the flowering process that affect the efficiency of its control by ethephon and to propose management strategies that optimize its results. The work was carried out during the years 2014 and 2016 in four sugarcane producing regions of Brazil and involved the evaluation of ethephon sprayed in different dates and cultivars. The best results were obtained in sprays carried out between 20 days before and 5 days after the beginning of the inductive period (I.P.). The optimal spraying date was about 9 to 6 days before I.P. The lower flowering intensity was accompanied by higher yield ($p < 0.05$), ranging from 12 a 16% compared to the control. Spraying done during and after the I.P. showed a gradual reduction in the efficiency flowering control. However, there was delay in panicle emission and reduction in the intensity of adverse factors such as pith, with a mean reduction of 40% compared to the control. Although its lower yields, those spraying dates showed higher yield ($p < 0.05$) than the control, with an average of 6%. The anticipation of the control (over 25 to 30 days) was also inefficient in the flowering control and with has lower yields than spraying done later, even, those ones done after the end of I.P. Pith intensity was related to flowering, but also to the time of panicle exposure in the field and, mainly, to the conditions of water restriction. The use of ethephon in conditions of low soil water storage followed by dry weather for the 20 days following spraying date, was directly related to yield reduction which, in extreme conditions, results in lower values than the control. It is a fact that ethephon controls flowering and promotes benefits to crop productivity. However, its application demands care and technical precision that has been lacking to the sector. The results demonstrate that the use of ethephon requires care regarding its spraying time and adaptations in the general recommendations of its use, since the existent ones are tied to fixed calendar and not to the specific conditions of each cultivar and region. Thus, it

is essential to plan its spraying, which should include all the premises involved, otherwise it will remain in stagnation, instability of results obtained with ethephon and, the easiest choice, questioning and abandoning its use.

Keywords: Ethephon. Pith. Genotype–environment interactions. Multivariate analysis. *Yield losses.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução: Produtividade Média ($t\ ATR\ ha^{-1}$) e do custo de produção de cana-de-açúcar ($R\$\ t^{-1}$). Região Centro/Sul, safras 2004/05 à 2016/17.....	31
Figura 2 - Distribuição do déficit hídrico anual. Regiões Produtoras do Centro/Sul: Evolução 2003 à 2014.....	33
Figura 3 - Comparativo entre valores reais de açúcares totais recuperáveis (ATR) obtidos durante as safras de 2004/05 a 2014/15 no centro sul brasileiro (linha cheia) e seus valores potenciais, caso fossem retiradas as impurezas minerais e vegetais	35
Figura 4 - Variação espacial no número de dias indutivos ao florescimento da cana-de-açúcar nas áreas de produção da cultura no centro-sul brasileiro	36
Figura 5 - Pontos em amarelo indicam as regiões analisadas no estudo, onde: 1) Conquista (MG); 2) Orlândia (SP); 3) Barrinha (SP) e 4) Ourinhos (SP).....	65
Figura 6 - Croqui do delineamento experimental.....	67
Figura 7 - Sequência de operações realizadas durante o plantio dos ensaios em 2014	69
Figura 8 - Caminhão transbordo instrumentado do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), utilizado para determinação da massa de colmos, Ourinhos, 2016	75
Figura 9 - Regime térmico (temperaturas máximas, mínimas e médias mensais, °C) e distribuição de chuvas (mm) nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista durante o ano de 2015	83
Figura 10 - Balanço hídrico climatológico das regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista durante o ano de 2015	84
Figura 11 - Regime térmico (temperaturas máximas, mínimas e médias mensais, °C) e distribuição de chuvas (mm) nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista durante o ano de 2016	85
Figura 12 - Balanço hídrico climatológico das regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista durante o ano de 2015	86
Figura 13 - Regime térmico e precipitação (escala diária) nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista durante o período indutivo (P.I.) dos anos de 2015 (à esquerda) e 2016 (à direita). Onde: linha vermelha representa limiar máximo à ocorrência de florescimento (32 °C), enquanto a linha azul claro representa limiar mínimo (18 °C)	87

Figura 14 - Dispersão (gráfico biplot) das variáveis relacionadas variáveis de meteorológicas e de intensidade de florescimento médio ocorrido nas regiões de Conquista (CO), Orlândia (Or), Barrinha (Ba) e Ourinhos (Ou) durante os anos de 2015 e 2016..... 88

Figura 15 - Dendrogramas resultante da análise de agrupamento por método hierárquico, construído a partir de variáveis de meteorológicas e de intensidade de florescimento médio ocorrido nas regiões de Conquista (CO), Orlândia (Or), Barrinha (Ba) e Ourinhos (Ou) durante os anos de 2015 e 2016. Linhas vermelhas delimitam os agrupamentos observados..... 92

Figura 16 - Intensidade de Florescimento (I.F.) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade..... 95

Figura 17 - Intensidade de Florescimento (I.F.) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade..... 96

Figura 18 - Produtividade de colmos (expressa em toneladas de colmo por hectare, TCH) obtidos para cada tratamento e cultivar avaliados, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 106

Figura 19 - Produtividade de colmos (expressa em toneladas de colmo por hectare, TCH) obtidos para cada tratamento e cultivar avaliados, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 108

Figura 20 - Valores de açúcares totais recuperáveis (ATR, kg t⁻¹) obtidos para cada tratamento e cultivar avaliados, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 110

Figura 21 - Valores de açúcares totais recuperáveis (ATR, kg t⁻¹) obtidos para cada tratamento e cultivar avaliados, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 111

Figura 22 - Produtividade Agroindustrial (t ATR ha⁻¹) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade..... 115

Figura 23 - Produtividade Agroindustrial (t ATR ha⁻¹) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 116

Figura 24 – Rendimento teórico de sacarose (RTS) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 119

Figura 25 – Rendimento teórico de sacarose (RTS) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 120

Figura 26 – Rendimento teórico de etanol (RTE) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 121

Figura 27 – Rendimento teórico de etanol (RTE) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 122

Figura 28 – Margem de contribuição agrícola (MCA) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 126

Figura 29 – Margem de contribuição agrícola (MCA) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 127

Figura 30 – Margem de contribuição agroindustrial (MCAI) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 129

Figura 31 – Margem de contribuição agroindustrial (MCAI) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 130

Figura 32 – Margem de contribuição industrial (MCI) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 131

Figura 33 – Margem de contribuição industrial (MCI) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade 132

Figura 34 - Número de dias para ocorrência de florescimento máximo (NDFmax) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade..... 135

Figura 35 - Número de dias para ocorrência de florescimento máximo (NDFmax) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade..... 136

Figura 36 – Intensidade de isoporização (I.ISO.) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade..... 141

Figura 37 – Intensidade de isoporização (I.ISO.) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade..... 142

Figura 38 – Valores de Fibra observados nas cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade..... 145

Figura 39 – Valores de Fibra observados nas cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade..... 146

Figura 40 - Dispersão (gráfico biplot) as variáveis relacionadas ao florescimento, isoporização, condições climáticas e suas implicações na produtividade e qualidade da matéria-prima obtidas nas regiões de Conquista (Co), Orlândia (Or), Barrinha (Ba) e Ourinhos (Ou) durante os anos de 2015 e 2016, respectivamente. Pontos em vermelho correspondem as variáveis utilizadas na análise. Pontos em azul representam os tratamentos (números) realizados em cada local (letras) 148

Figura 41 - Matriz de correlação linear de Pearson entre a variação de produtividade de colmos e os valores de armazenamento de água no solo em diferentes momentos em relação à aplicação de ethephon (intervalos múltiplos de 5 dias antes e após a aplicação de ethephon) para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928 152

Figura 42 - Regressão linear a variação de produtividade (TCH) e o armazenamento de água no solo 20 dias após a aplicação de ethephon (R^2 ajustado = 0,8130; $p < 0,01$) 153

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos e datas de aplicação de ethephon durante os anos de 2015 e 2016.....	68
Tabela 2 - Datas de plantio dos ensaios e da colheita mecanizada em 2015 e 2016	68
Tabela 3 - Regiões de avaliação e seus respectivos solos mais representativos, ambientes de produção de cana-de-açúcar e capacidade de água disponível (CAD, mm)	79
Tabela 4 - Correlação entre cada componente principal e variáveis de meteorológicas e à intensidade de florescimento médio ocorrido nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos durante os anos de 2015 e 2016	90
Tabela 5 - Grupos de formados a partir da análise de agrupamento não-hierárquica k-means, realizada a partir de variáveis de meteorológicas e de intensidade de florescimento médio ocorrido nas regiões de Conquista (CO), Orlândia (Or), Barrinha (Ba) e Ourinhos (Ou) durante os anos de 2015 e 2016	93
Tabela 6 - Análise de variância das variáveis de meteorológicas e de intensidade de florescimento médio dos grupos formados pela análise de agrupamento não-hierárquica <i>k-means</i>	93
Tabela 7 - Correlações entre a intensidade de florescimento (I.F.) e o número de dias efetivamente indutivos, ou seja, aqueles que dentro do P.I. apresentaram temperatura do ar entre 18 e 32 °C, restantes após um determinado período de ação do ethephon	101
Tabela 8 - Correlação entre cada componente principal e as variáveis relacionadas ao florescimento, isoporização, condições climáticas e suas implicações na produtividade e qualidade da matéria-prima ocorridas nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos durante os anos de 2015 e 2016	149

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
2 REVISÃO DE LITERATURA	29
2.1 A importância da cana-de-açúcar no Brasil e no Mundo	29
2.2. Cenário Produtivo Brasileiro: muitas mudanças, grandes consequências	30
2.2.1 Quebra de produção: mudanças “porteira à dentro”	32
2.3 A cana-de-açúcar: origem e dispersão	37
2.4 Desenvolvimento fenológico da cana-de-açúcar Erro! Indicador não definido.	
2.4.1 Germinação e emergência	40
2.4.2 Perfilhamento	40
2.4.3 Crescimento dos colmos	41
2.4.4 Maturação da Cana-de-açúcar: estágio fenológico?	42
2.5 Florescimento: herói ou vilão?	45
2.5.1 Florescimento da cana-de-açúcar: fatores relacionados à planta	46
2.5.1.1 Crescimento vegetativo vigoroso	46
2.5.1.2 Superação do período juvenil	47
2.5.1.3 Características genéticas	48
2.5.2 Florescimento da cana-de-açúcar: condições ambientais	50
2.5.2.1 Fotoperíodo	50
2.5.2.2 Temperatura do ar	51
2.5.2.3 Umidade do solo	52
2.5.2.4 Nutrição	53
2.5.3 Florescimento da cana-de-açúcar: Fisiologia do processo	53
2.5.4 Alterações morfológicas e desenvolvimento da panícula	55
2.5.6 Perdas relacionadas ao florescimento	57
2.5.7 Controle do Florescimento	61
3 MATERIAL E MÉTODOS	65
3.1. Caracterização das áreas experimentais	65
3.2. Delineamento experimental	67
3.3 Plantio e tratamentos culturais	68
3.4 Avaliações experimentais	70
3.5 Dados meteorológicos	78
3.6 Análise estatística	80
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
4.1 Condições Climáticas: ano safra e período indutivo	83
4.2 Florescimento e sua inibição	86
4.2.1 Potencial de florescimento anual	86
4.2.2 Efeitos da época de aplicação de ethephon na intensidade de florescimento	94
4.2.3 Interações genotípicas e climáticas: efeitos na eficiência do ethephon como inibidor de florescimento da cana-de-açúcar	98
4.3 Efeitos da época de aplicação na produtividade da cultura	104

4.3.1 Produtividade e qualidade de matéria-prima	104
4.3.2 Produtos gerados: açúcar e álcool	117
4.3.3 Margens de contribuição agrícola, agroindustrial e industrial	124
4.4 Variações da produtividade: muito além do florescimento	133
4.4.1 Número de dias para o florescimento máximo (NDFMax)	133
4.4.2 Intensidade de Isoporização (I.Iso)	139
4.4.3 Aumento nos teores de fibra	143
4.4.4 Interação entre florescimento e as condições climáticas durante a safra...	147
4.4.5 Condições climáticas do momento de aplicação	152
4.5 Critérios para aplicação de ethephon	154
5 CONCLUSÕES	159
6 REFERÊNCIAS	161

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é, de longa data, um dos principais produtos agrícolas brasileiros. Açúcar, etanol, energia e inúmeros derivados são resultados de seu processamento, fato que a torna a principal planta bioenergética do mundo. Por ser o principal produtor, o Brasil foi beneficiado por vários ciclos canavieiros, mas também foi penalizado em muitos outros. A última grande expansão do setor (2003 a 2009) ilustra bem tal condição. A cana-de-açúcar se tornou heroína e vilã em curto espaço de tempo, expondo a fragilidade do setor na compreensão da cultura e de suas interações com o clima, solo e manejo adotado.

A citada expansão do setor canavieiro ocorreu de maneira abrupta e desordenada: era preciso garantir áreas, aproveitar “a onda”. O importante era abundância de áreas de cultivo, de preferência baratas, e uma indústria moderna. Tida como rústica, a cana-de-açúcar poderia ser plantada em qualquer local e produzir de forma satisfatória. Todavia, tudo tem seu preço. O uso de áreas de cerrado trouxe à tona a fragilidade da expansão canavieira no Brasil, a qual foi baseada em projetos que subestimaram diversos fatores, entre os principais, os efeitos combinados do solo e clima na expressão do potencial produtivo da cana-de-açúcar. Entre 2003 e 2013 a área de cana-de-açúcar do Brasil mais do que dobrou, em direção às regiões de clima mais restritivo, com solos degradados, de baixa fertilidade natural e capacidade de armazenamento de água, ocorrência de veranicos, altos valores de déficit hídrico acumulado ao longo da safra, entre outros fatores adversos.

A caminhada rumo ao desconhecido foi acompanhada do mesmo “pacote tecnológico” de produção, elaborado ao longo de dezenas de anos nas tradicionais regiões produtoras de cana-de-açúcar do país. Dessa forma, o setor sucroalcooleiro, que tanto apostou em tecnologia e modernização de processos, demonstrou fragilidade em questões básicas da produção agrícola. A maioria dos projetos realizados não consideraram os efeitos do solo e do clima na produção, ou se o fizeram, não geraram informações suficientes para que fossem tomadas as melhores decisões de investimento. Some-se a isso, as mudanças em leis trabalhistas e ambientais, a elevação dos custos, o endividamento crescente e os impactos causados pela proibição da queima da palha e a necessidade de mecanização da colheita e do plantio: o setor passava por mudanças altamente impactantes no

momento da expansão, as quais agravaram ainda mais as dificuldades que seriam enfrentadas. Em resumo, pode-se dizer que o setor superestimou seu conhecimento acerca do processo de cultivo da cana-de-açúcar, seja pelas mudanças no sistema, seja pela exploração de novos e pouco conhecidos ambientes de produção.

Um desses fatores, tido como “compreendido” pelo setor, mas que causou (e ainda causa) perdas todos os anos é o florescimento da cana-de-açúcar: um evento natural e essencial para a evolução da espécie e para o melhoramento genético, mas que traz perdas significativas às áreas de produção comercial. Assim sendo, o florescimento é um tema de grande importância para a indústria da cana-de-açúcar, por diferentes razões. Por um lado, sua importância para o melhoramento genético da cultura levou inúmeros países a pesquisar seu controle e sincronização com vistas a otimizar a obtenção de novas e melhores cultivares. De outro, a preocupação dos produtores envolve sua completa inibição, pois do ponto de vista de produção agrícola, o florescimento resulta em perdas na produção de açúcar: a transição para a fase reprodutiva leva à translocação e consumo de açúcares, água e nutrientes para o desenvolvimento e manutenção da inflorescência, com impactos negativos à matéria-prima. Um desses impactos, comumente destacado, é a isoporização: morte de tecidos da planta (parênquima), os quais se tornam brancos e esponjosos, em resposta à desidratação intensa dos colmos. Trata-se de um processo intensificado pelo florescimento, mas que também pode ocorrer sem a presença do mesmo, em função de variáveis climáticas, tais como o déficit hídrico prolongado e características genotípicas.

Independente do objetivo, a compreensão de estratégias de controle, atraso ou inibição do florescimento são essenciais para a indústria sucroenergética. Apesar de ser estudado há mais de 80 anos, muitas dúvidas permanecem sobre sua ocorrência. Por ser influenciado por fatores genéticos e ambientais, o florescimento da cana-de-açúcar apresenta variações em sua ocorrência e extensão de danos, seja em função de características locais ou do ano agrícola. A maioria dos trabalhos realizados existentes tem como foco o controle do evento e não sua melhor compreensão. Tal viés leva a dificuldades na extrapolação dos resultados quando o fenômeno ocorre em diferentes regiões, com novas cultivares e condições de safra. Diante disso, há necessidade de trabalhos que estudem o florescimento da cana-de-açúcar com foco mais amplo, com objetivo de propor estratégias de manejo que considerem as

características de cada genótipo e sua interação com diferentes condições climáticas, bem como seus impactos durante a safra canavieira. A hipótese do presente trabalho é que o florescimento da cana-de-açúcar é variável em função das características de cada cultivar e pode ser descrito e previsto em função de condições climáticas específicas de determinados períodos do ano, os quais interagem com as características das cultivares, solo e relevo da região de cultivo. Além disso, as perdas que decorrem do fenômeno podem ser intensificadas de acordo com as características do canavial e a época do ano em que ocorre sua colheita, fatores que também apresentam estreita correlação com as condições climáticas. Diante disso, os objetivos do trabalho foram: 1) Determinar as condições meteorológicas relacionadas a essas ocorrências em diferentes locais e anos; 2) Identificar variações na produtividade e qualidade da matéria-prima em função da ocorrência de florescimento; 3) Propor estratégias de manejo para controle de florescimento pela otimização do uso de ethephon, que considerem as condições ambientais vigentes e não um calendário de aplicações.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A importância da cana-de-açúcar no Brasil e no Mundo

A sustentabilidade da ação humana e, principalmente, sua crescente necessidade de energia em um planeta com recursos cada vez mais limitados são os principais desafios da humanidade nas próximas décadas. Nesse sentido, a produção vegetal em todo mundo enfrentará um triplo desafio: aumento da população mundial, degradação das condições de cultivo e a mudança do consumo de combustíveis fósseis para energias renováveis e oriundas de biomassa (TAMMISOLA, 2010).

Fontes de energia renováveis, como os biocombustíveis, são maneiras promissoras de promover o desenvolvimento sustentável e minimizar os impactos do homem no planeta (CARDOZO et al., 2016). Preocupações sobre a escassez de energia, políticas de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a busca de novas fontes de renda para os agricultores podem explicar porque políticas energéticas consideram os biocombustíveis como principal alternativa aos combustíveis fósseis em muitos países (DEMIRBAS, 2008). Como um dos principais produtores mundiais de produtos agrícolas, o Brasil é frequentemente colocado como protagonista na produção de alimentos e, principalmente, bioenergia.

Culturas bioenergéticas têm de crescer rápido, ser altamente produtivas e produzir energia em quantidade superior àquela oriunda de combustíveis fósseis utilizados em sua produção (ALLISON et al., 2007). Por possuir todas essas características a cana-de-açúcar é considerada a mais promissora cultura bioenergética, sendo cultivada em diversos países (WACLAWOVSKY et al., 2010). No Brasil, é considerada a mais importante cultura agrícola utilizada para produção de combustível (etanol) e energia (MENOSSEI et al., 2008), sendo também utilizada para produção de açúcar e inúmeros subprodutos (FACHINELLI; PEREIRA Jr., 2015).

A introdução da cana-de-açúcar no Brasil remonta a época de colônia, inicialmente na capitania de São Vicente (Estado de São Paulo) e, posteriormente, em Pernambuco, Bahia e Alagoas, no que seria o primórdio da agroindústria canavieira do país (FIGUEIREDO, 2008). Graças a um pioneiro e bem-sucedido programa de incentivo à produção e uso de etanol como combustível, o Brasil se tornou o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo (39%), com uma produção de 657,1 milhões de toneladas em 8,6 milhões de hectares (CONAB, 2017). O segundo maior produtor

mundial é a Índia (18%), seguida pela China (6%), Tailândia (5%) e Paquistão (3,5%) (FAO, 2014). No Brasil, o Estado de São Paulo é o maior produtor com 56,3% (369.925,1 mil t), seguido por Goiás com 10,3% (67.626,8 mil t), Minas Gerais com 9,7% (63.670,3 mil t), Mato Grosso do Sul com 7,7% (50.292,0 mil t), Paraná com 6,37% (42.216,7 mil t), Mato Grosso com 2,5% (16.341,5 mil t) e Alagoas com 2,4% (16.030,6 mil t) (CONAB, 2017).

2.2. Cenário Produtivo Brasileiro: muitas mudanças, grandes consequências

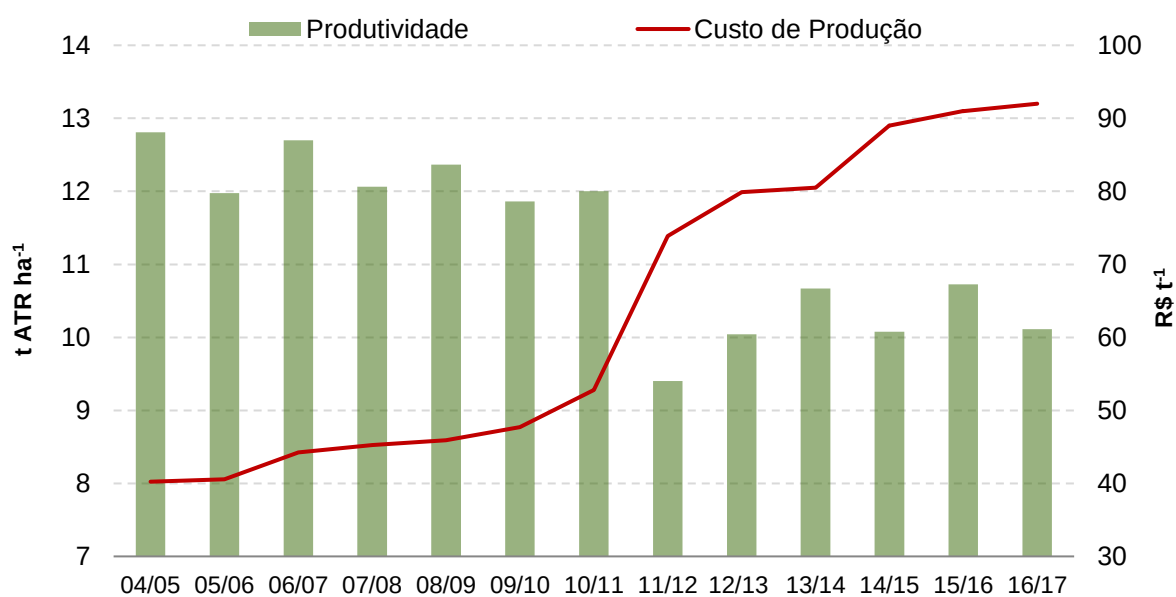
O aumento da demanda mundial por biocombustíveis foi uma das principais promotoras do aumento da produção de cana-de-açúcar no Brasil a partir de meados dos anos 2000. O aumento da oferta foi acompanhado da expansão do setor como um todo, com uso de novas áreas agrícolas e construção de novas unidades de processamento. Com a expansão da cultura no país, estados como Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, tornaram-se importantes produtores, principalmente pela grande disponibilidade de áreas para produção (SCARPARE et al., 2016a).

Todavia, muito mais aconteceu nos últimos 15 anos. O período pós 2004 marca não apenas o início da última expansão do setor canavieiro do país, mas também a redução dos patamares de produtividade e longevidade dos canaviais até então conhecidos (CARDOZO, 2011; HERNANDES et al., 2014). Além dos óbvios efeitos de uma expansão carente de informação e planejamento de médio e longo prazo, o setor sofreu a intensificação de demandas ambientais e trabalhistas, as quais acabaram por promover profundas consequências a um sistema produtivo criado ao longo de décadas. De um lado, políticas públicas que incentivavam a expansão do setor e aumento da produção e de outro, nova intervenção governamental que resultaria na proibição da queima da palha, mudanças no sistema de colheita, plantio e nas relações trabalhistas, acompanhados de um vertiginoso aumento dos custos (CANAPLAN, 2015). Atuações governamentais antagônicas, sem qualquer política de transição ou planejamento de longo médio e longo prazo resultaram em cenário de caos que seria agravado ainda mais pela crise de crédito mundial em 2008.

As consequências desse período são várias, complexas, de efeitos heterogêneos e exigirão vários anos de desenvolvimento e estabilidade para sua

completa superação. Apesar de sinais de recuperação, o principal problema do setor sucroenergético permanece atuante: a redução da produtividade, seja em toneladas de colmo por área, longevidade das soqueiras (vida útil/número de cortes) ou em qualidade da matéria-prima (açúcares extraídos). O patamar produtivo conhecido até então, com produção média de 12 t ATR ha⁻¹ (média do Centro-Sul brasileiro) sofreu forte redução a partir da safra 2011/12, quando atingiu apenas 9,4 t ATR ha⁻¹ (Figura 1). Um novo patamar foi estabelecido a partir de então (e tem se mantido nas últimas 6 safras), com produção média de 10,4 t ATR ha⁻¹, uma redução de produtividade (de açúcares) próxima a 15% (CANAPLAN, 2016). Ao mesmo tempo, os custos de produção (R\$ t⁻¹) sofreram aumento abrupto, mais do que dobrando em um período de 10 anos, influenciados entre outros fatores pela própria quebra de produção.

Figura 1 - Evolução: Produtividade Média (t ATR ha⁻¹) e do custo de produção de cana-de-açúcar (R\$ t⁻¹). Região Centro/Sul, safras 2004/05 a 2016/17.



Fonte: CANAPLAN (2016)

A redução da resposta da cultura impacta qualquer sistema produtivo, com características simultâneas de vilã e vítima. Vilã pois leva à redução ainda maior da remuneração (já impactada pelo aumento dos custos), ao aumento do endividamento e à redução nos investimentos, um ciclo de autodestruição: quanto menor a produção, menor o investimento, ainda menor a produção. Vítima, pois se trata de uma

consequência de todos os fatores anteriormente citados, os quais impactaram negativamente em seu desempenho agrônomo. Eis o grande dilema do setor sucroenergético do Brasil: repentinamente todos os fatores relacionados ao resultado financeiro foram negativamente impactados: maior custo para produzir menos e com menor qualidade.

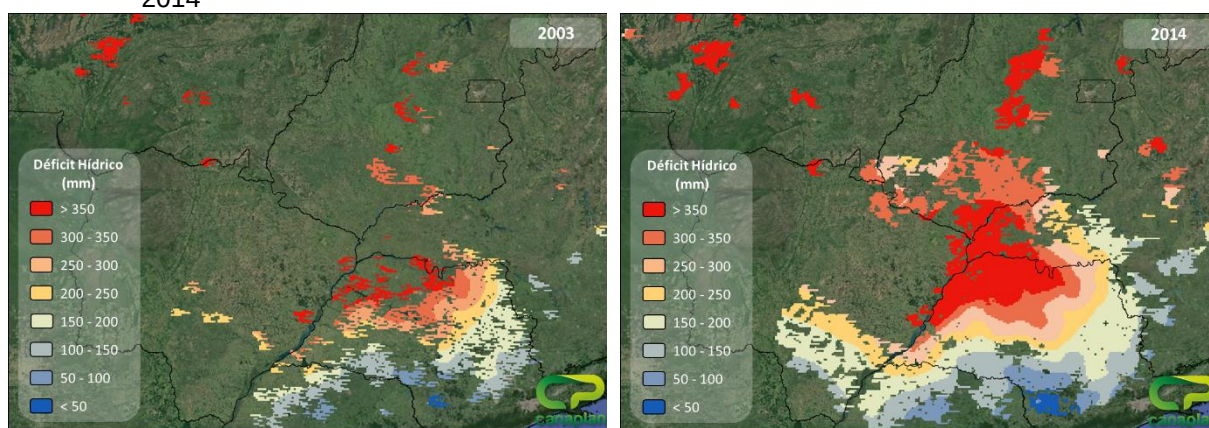
2.2.1 Quebra de produção: mudanças “porteira adentro”

A pressão pela redução de custos e resolução de problemas trabalhistas e legais levou a mudanças na dinâmica do sistema produtivo da cultura, as quais vão desde a forma de plantio e colheita, até o momento em que tais operações tradicionalmente ocorriam. Todavia, vários fatores antagônicos à produção ocorriam por decisões equivocadas do próprio setor sucroalcooleiro e foram igualmente responsáveis pela crise vivida. Todos esses fatores tiveram impactos inegáveis à resposta da cultura, apresentando efeitos em cascata inicialmente impensáveis. A seguir, são discutidos tais aspectos e seus principais impactos.

Expansão rumo ao cerrado. Grande parte da expansão das áreas de produção de cana-de-açúcar no Brasil ocorrida a partir de 2004 foi realizada em áreas de cerrado (HERNANDES, et al., 2014; SCARPARE et al., 2016a). Essas regiões são caracterizadas por solos de baixa fertilidade e capacidade de armazenamento de água, além de altas temperaturas e precipitação concentrada em alguns meses do verão e primavera (WALTER et al., 2014; HUNKE et al., 2015), com alta incidência de veranicos (SCARPARE et al., 2016b; OLIVEIRA et al., 2012). A lógica regente era que a grande disponibilidade de áreas contínuas, com relevo plano, baixo custo de arrendamento e aquisição compensariam a menor produtividade agrícola (CARDOZO, 2013). A evolução das áreas ocupadas com cana-de-açúcar de 2003 a 2014 e as mudanças na disponibilidade hídrica são apresentadas na Figura 2. Até 2003 a maior parte das áreas produtoras apresentava déficit hídrico (oriundo de um balanço hídrico climatológico anual) médio inferior a 250 mm. Em 2014 nota-se drástica mudança no quadro, com aumento considerável das áreas com déficit hídrico médio superior a 350 mm (CANAPLAN, 2015). Apesar de apresentar grande produção em condições tropicais e subtropicais, a cana-de-açúcar apresenta redução de produtividade em condições de déficit hídrico prolongado (RODRIGUES et al., 2009;

ENDRES et al., 2010; MARIN et al., 2012). Assim, a disponibilidade de água é a grande fonte de variação interanual na produtividade da cana-de-açúcar cultivada no Cerrado brasileiro (CARDOZO et al., 2016; FACHINELLI; PEREIRA Jr., 2015; VIANNA; SENTELHAS, 2014; VAN DEN BERG et al., 2000), sendo mais pronunciadas quando as condições de seca são mais frequentes e intensas (SILVA et al., 2013; DIACONO et al., 2012; PARK et al., 2005).

Figura 2 - Distribuição do déficit hídrico anual. Regiões Produtoras do Centro/Sul: Evolução 2003 a 2014



Fonte: CANAPLAN (2015).

Mecanização. A conversão da colheita manual queimada, para mecanizada crua foi a primeira dessas mudanças. O aumento do custo da mão-de-obra rural, somado à excessiva burocracia tributária e normativa, compeliu à adoção da mecanização nas principais operações agrícolas de forma abrupta (CANAPLAN, 2016). Essa adesão foi acelerada no processo de colheita pela “Lei da Queima”, que em 2002 estipulou a redução gradativa da colheita de canaviais queimados, com metas para o final da queima até 2014 (topografias planas, com até 12% declividade) e 2017 (demais áreas). A princípio tida como a solução para o alto custo e a falta de mão de obra, mostrou seus pontos negativos com a redução da produtividade e longevidade dos canaviais, mesmo nas regiões produtoras mais nobres. Embora as colhedoras tenham evoluído nos últimos anos, seu principal ponto de melhoria foi na capacidade efetiva de colheita, permanecendo problemáticos pontos como arranquio de soqueiras, compactação do solo e alto custo de operação (BRAUNBECK; MAGALHÃES, 2010).

Os impactos da mecanização não se limitaram à colheita. A partir de 2006 foi intensificado o processo de mudança no plantio da cultura, de semi-mecanizado para

mecanizado, processo que alcançou seu auge a partir de 2010. Embora, a princípio, tenha resultado em redução de custos pela redução da mão-de-obra, o plantio mecanizado resultou em aumento da demanda por muda (que passou de 12-14 t ha⁻¹, para valores superiores, em muitos casos, a 25-30 t ha⁻¹) e na ocorrência de falhas na operação, com consequente redução da produtividade, longevidade de soqueira e aumento dos custos por tonelada de colmos produzidos (NYKO et al., 2013).

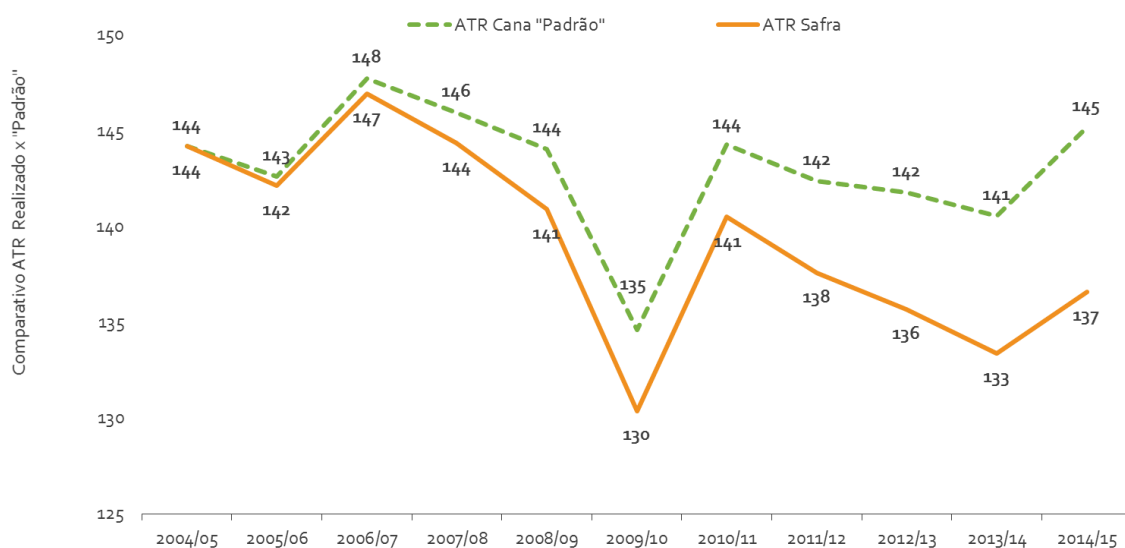
Tamanho da safra. Embora os custos operatender acionais tenham sido inicialmente reduzidos (principalmente, com a redução de processos trabalhistas e ambientais), os custos fixos explodiram com a mecanização. Colhedoras, plantadoras e tratores de maior potência passaram a ser utilizados e levaram muitas unidades a realizar as operações agrícolas durante maior período do ano, como forma de diluir os custos de sua aquisição. Assim sendo, os processos de plantio e colheita, normalmente concentrados em alguns meses do ano, passaram a ser realizados quase que ininterruptamente ao longo do ano (CANAPLAN, 2016).

A extensão da época de plantio fez com que o processo passasse a ser realizado em condições inadequadas de umidade do solo (seja por excesso e, principalmente, por falta de umidade) e temperatura. Com isso, houve aumento na ocorrência de falhas, consumo de muda e quebra de produção. Além disso, a extensão do período de colheita, promovida não apenas pelo aumento dos custos agrícolas, mas também pelos custos fixos da indústria e pela necessidade de gerar caixa, fez com que a mesma fosse realizada em períodos de maior umidade do solo, ou seja, nos meses de início (janeiro a março) e final do ano (dezembro). Tais práticas levaram ao aumento da compactação do solo, redução da longevidade das soqueiras (redução do número de cortes) e, principalmente, redução da qualidade da matéria-prima.

Redução da qualidade da matéria-prima. Colheita mecanizada, safras longas e com alta condição de umidade resultaram não apenas no aumento da proporção de canaviais colhidos fora de sua maturação ótima, mas também no aumento das impurezas minerais e vegetais trazidas para a indústria. Estima-se que entre 2004/05 e 2014/15 tenha havido um aumento de 150% nas impurezas totais trazidas para a indústria. O resultado são valores decrescentes na qualidade da matéria-prima, a qual

deixou um patamar acima de 140 kg ATR t⁻¹ para valores próximos a 134-135 kg ATR t⁻¹. Na Figura 3 é ilustrado o efeito das impurezas na qualidade da matéria-prima, onde a linha laranja representa os valores de ATR reais e a linha pontilhada verde os valores de ATR potenciais, ou seja, se descontados os valores das impurezas totais.

Figura 3 - Comparativo entre valores reais de açúcares totais recuperáveis (ATR) obtidos durante as safras de 2004/05 a 2014/15 no Centro Sul brasileiro (linha cheia) e seus valores potenciais, caso fossem retiradas as impurezas minerais e vegetais



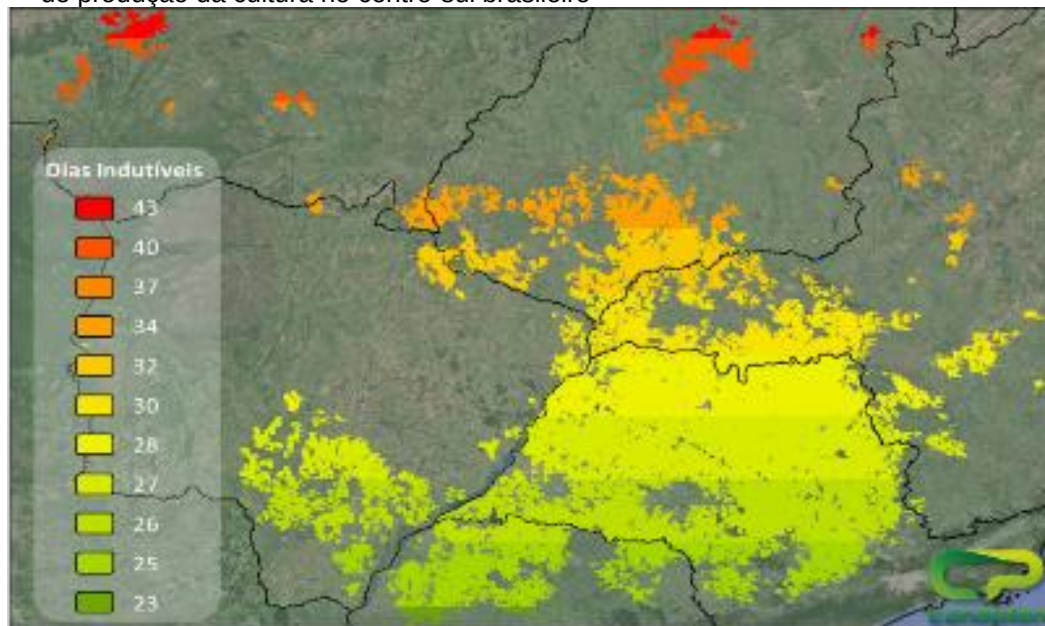
Fonte: CANAPLAN (2015).

Como uma tentativa de mudar esse cenário de baixa qualidade, muitas empresas investiram no aumento de cultivares com características de maior teor de sacarose no início de safra (ditas, “precoces”). Todavia, a grande maioria dessas cultivares apresenta grande propensão ao florescimento, fato que prejudica sua produtividade e qualidade, principalmente quando o planejamento da empresa é inadequado. Com o aumento desmedido no plantio dessas cultivares, muitas das mesmas passaram a ser colhidas fora de sua época adequada, fator que agrava os efeitos negativos de um eventual florescimento.

Florescimento e isoporização: clima, genética e manejo se encontram. A ocorrência de florescimento na cana-de-açúcar depende de uma intrincada combinação de fatores climáticos, durante e após o período de indução, o que a torna um dos maiores exemplos da importância da interação genótipo-ambiente. O número de dias indutivos (entendido como o período do ano em que o fotoperíodo oscila entre

12,5 a 12,0 h) é variável em função da latitude (PEREIRA et al., 1983), ou seja, quanto mais próximo do equador maior o número de dias indutivos da região considerada.

Figura 4 - Variação espacial no número de dias indutivos ao florescimento da cana-de-açúcar nas áreas de produção da cultura no centro-sul brasileiro



Fonte: CANAPLAN (2016).

Assim, a expansão canavieira rumo ao cerrado brasileiro expôs a cultura a condições mais favoráveis ao processo de florescimento, o qual, como visto, já havia sido aumentado pelo uso de cultivares de alto florescimento. Soma-se a isso o fato de que tais cultivares foram selecionadas em regiões de maior latitude e, portanto, mais susceptíveis ao florescimento quando exposta a região de baixa latitude (CANAPLAN, 2016).

As consequências se tornam ainda maiores quando se considera que o florescimento é um dos fatores relacionado ao processo de isoporização dos colmos. Trata-se de uma resposta da planta à desidratação excessiva, também intensificada pelas condições ambientais do Cerrado Brasileiro, principalmente os longos períodos de deficiência hídrica, que levam a morte do parênquima e a perda do conteúdo celular.

2.3 A cana-de-açúcar: origem e dispersão

A cana-de-açúcar é o nome comum dado a um grupo de gramíneas cultivadas capazes de armazenar sacarose que têm sido classificadas das mais variadas formas dependendo do critério e da convenção taxonômica adotados. Trata-se de uma planta perene e própria de climas tropicais e subtropicais, sendo cultivada sob diversas condições de clima e solo em regiões úmidas ou sob irrigação em regiões sub-úmidas, entre as latitudes de 35° N e S (DOORENBOS; KASSAM, 1994; TAVARES, 2009). A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é originária do Sudeste Asiático (FIGUEIREDO, 2008), sendo os locais com maior diversidade a Nova Guiné para *Saccharum officinarum* e *Saccharum robustum*, a China para a *Saccharum sinensis* e o norte da Índia para a *Saccharum barberi* (DANIELS; ROACH, 1987).

A hipótese mais aceita sobre a expansão da cana-de-açúcar é que ela tenha sido cultivada inicialmente na região do Golfo de Bengala e, paulatinamente, outros povos como persas, chineses, árabes foram conhecendo e expandindo seu cultivo. Os árabes tiveram ação marcante na primeira grande difusão da espécie pelo mundo. Povos originários das regiões da Síria e do Iraque, em suas trajetórias de conquistas quando ocuparam o sul e o leste do Mediterrâneo, levaram sua cultura, incluindo as plantas, entre as quais estava a cana-de-açúcar. Dessa forma, as grandes guerras foram responsáveis pela introdução e expansão da cana-de-açúcar no Oriente Médio e Europa, de onde, na primeira metade do século XVI, foi transportada para o continente Americano (FIGUEIREDO, 2008). Portanto, a cana-de-açúcar tem origem em ambiente com ampla disponibilidade de energia, luminosidade e água, porém adaptou-se aos diversos climas no mundo, nos quais podem existir restrições à produção pela menor disponibilidade dos fatores de crescimento (SUGUITANI, 2006).

As atuais cultivares de cana-de-açúcar são híbridos interespecíficos, com contribuição genética de espécies como *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinense*, *S. barberi*, *S. robustum* e *S. edule* (GUPTA et al., 2010). No Brasil, os cruzamentos atuais são realizados, em grande parte, a partir de cultivares obtidas pelo cruzamento entre híbridos das espécies *S. officinarum* e *S. spontaneum*. Enquanto a *S. officinarum* é utilizada devido à capacidade de acumular altos níveis de sacarose no colmo, a *S. spontaneum* confere resistência à doenças, vigor, perfilhamento e capacidade de rebrota (SCARPARI, 2007; DILLON et al., 2007).

2.4 Desenvolvimento fenológico da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das mais produtivas culturas agrícolas do mundo, sendo reconhecido há muito como a cultura mais eficiente em converter energia solar em biomassa e sacarose. Sua taxa de acúmulo de biomassa alcança valores superiores a $550 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, fato que a torna uma importante fonte de bioenergia e alimento para muitos países tropicais e subtropicais (MOORE; BERDING, 2014). Trata-se de uma planta monocotiledônea, alógama, perene e de metabolismo C4 que se desenvolve em condições de alta disponibilidade de radiação solar, altas temperaturas e grande quantidade de água, (FORTES, 2004; CARDOZO et al., 2014). Todavia, devido à diversidade de espécies, oriundas de diferentes centros de origem e com características morfológicas e fisiológicas igualmente diferenciadas, as atuais cultivares apresentam comportamentos variados em sua relação com o local de cultivo e condições climáticas vigentes (RODRIGUES, 1995; MING et al., 2006).

Embora seja uma planta de reprodução sexuada, o fato de ser multiplicada assexuadamente (propagação vegetativa) para fins comerciais fez com que se acreditasse, ao longo de vários séculos de cultivo, que sua reprodução só poderia ocorrer vegetativamente (CAIEIRO et al., 2010). No século XIX, alguns autores chegaram a afirmar categoricamente que a cana-de-açúcar não seria capaz de produzir sementes viáveis (CANDOLLE, 1883; WRAY, 2017), equívoco que perdurou por muitos anos, no continente americano, pelo fato dos genótipos cultivados ali serem macho-estéreis e, portanto, incapazes de produzir sementes (VAN DILLEWIJN, 1952).

Além de ser propagada vegetativamente, a cana-de-açúcar tem como produto alvo dos produtores agrícolas suas estruturas vegetativas, ou seja, os colmos (BONNETT, 2014). Essa lógica influenciou a maioria dos estudos sobre a cultura, os quais se concentraram durante a fase de desenvolvimento vegetativo, distorcendo a lógica de sua fenologia e de processos naturais da planta. Nesse sentido, muitos autores consideram que a fenologia da cana-de-açúcar de um ponto estritamente econômico, o qual inclui apenas fases vegetativas e o acúmulo de sacarose (maturação), e tem por comum o fato de ignorarem seu desenvolvimento reprodutivo. Machado (1987), estabeleceu 3 fases distintas (lenta, rápida e lenta) para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, tendo como base o padrão de acúmulo de

matéria seca ao longo de seu ciclo. Para Doorembos e Kassan (1979) e Gasho e Shih (1983) o ciclo da cana-de-açúcar pode ser dividido em quatro fases características: 1) brotação e emergência; 2) estabelecimento e perfilhamento; 3) crescimento intenso e 4) maturação. Outra abordagem foi proposta por Bezuidenhout et al. (2003), com foco no perfilhamento da cultura e divide seu ciclo em 5 fases: 1) pré-germinação; 2) fase de pré-emergência; 3) emergência dos perfilhos primários; 4) emergência dos perfilhos secundários; 5) senescência de perfilhos.

Embora consideradas, por muitos autores, as mais indicadas para representar a cultura da cana-de-açúcar devido a sua didática, tais fases apresentam muitas limitações, pois são variáveis em função da época de plantio ou corte, condições climáticas, nutrição e característica genética das variedades (MARIN, 2014). Todavia, a principal limitação é conceitual. A fenologia descreve, de um ponto de vista botânico, os diferentes estágios de desenvolvimento de uma planta e não apenas das estruturas de interesse econômico do homem. Sob esse ponto de vista, o desenvolvimento reprodutivo é parte obrigatória dessa descrição, mesmo que o interesse comercial por esse evento não exista. Ao ignorá-lo, é perdida a possibilidade de melhor estudá-lo, compreender suas implicações e controlá-lo.

Se contrapondo a essa posição, Bonnett (2014), propõe uma escala de desenvolvimento dividida em 10 fases, as quais influem etapas de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo: 0) brotação; 1) emergência; 2) perfilhamento; 3) alongamento dos entrenós; 4) desenvolvimento das estruturas de produção/reprodução; 5) emergência da inflorescência; 6) florescimento; 7) desenvolvimento do fruto; 8) maturação da semente; 9) senescência e dormência. Tal classificação traz à tona a lembrança do principal objetivo da cana-de-açúcar: florescer. Toda estrutura vegetativa formada e toda sacarose armazenada só tem por objetivo a perpetuação da espécie enquanto ela aguarda pela oportunidade de florescer e reproduzir. Como será discutido a seguir, negar tais acontecimentos já trouxe muitos problemas a produtores no mundo todo. A seguir, são descritas as principais etapas de desenvolvimento da cultura, sem a pretensão de qualquer tipo de classificação, mas sim a descrição dos principais processos ocorridos.

2.4.1 Germinação e emergência

A germinação refere-se à fase que vai do plantio à emissão dos primórdios radiculares e da brotação primária, sendo regulado por fatores ambientais externos e internos (PARANHOS, 1987), tais como qualidade da muda, ambiente de produção, época e manejo do plantio (RIPOLI et al., 2007). O requerimento de energia nessa fase é suprido pela degradação das substâncias de reserva do tolete, com oxidação dos carboidratos, lipídeos e proteínas armazenados para produção da energia necessária a biossíntese (SEGATO et al, 2006).

Dependendo das condições de umidade do solo e temperatura do ar, a brotação normalmente começa de 7 a 10 dias e geralmente dura de 30 a 35 dias. A temperatura do ar controla a germinação ao regular as reações bioquímicas que ocorrem na semente ou na gema. De maneira geral, considera-se que o processo ocorre no intervalo de 19 °C à 43 °C, com valores ótimos próximos aos 36 °C, sendo intensamente prejudicado por temperatura abaixo de 10 °C (VERRET, 1927; ARGETON, 2006). Assim, em ambientes mais quentes, o período compreendido entre a germinação e a emergência da cultura tende a ser reduzido.

A emergência é um evento que segue à germinação, e que se dá quando as folhas atingem a superfície do solo e passam a ser visíveis (MARIN, 2014). Segundo Barbieri et al. (1979) a temperatura base para a emergência é de 21 °C, sendo 32 °C considerada ótima nesta fase. Valores semelhantes foram obtidos por Yang e Chen (1980), os quais sugerem temperatura base de 18°C e ótima de 30 °C. Todavia, autores como Donaldson et al. (2008), Keating et al. (1999) e Singels et al. (2008), sugerem valores significativamente menores para a temperatura base, próximos aos 10 °C. Tal variação é fruto da diversidade genética da cultura, dos cruzamentos realizados em cada país e dos efeitos da seleção local.

2.4.2 Perfilhamento

O perfilhamento é o processo de emergência de ramificações das gemas recém-brotadas e emergidas, provenientes da parte subterrânea do vegetal (toletes, para cana-planta, ou soqueira) e que constituirão colmos adicionais no futuro (BONNETT, 2014). Trata-se da fase de estabelecimento da cultura, com formação das

raízes e a emissão de folhas, assegurando a sobrevivência das plantas a partir da produção das suas próprias reservas. A quantidade de perfilhos por touceira pode variar de acordo com a espécie, cultivar, manejo adotado e condições climáticas (SUGUITANI, 2006).

Bezuidenhout et al. (2003) propõe a divisão do perfilhamento em duas fases, perfilhamento primário e perfilhamento secundário que, por sua vez, pode ser dividido em duas subfases: perfilhamento abundante e fase de declínio. No perfilhamento primário a taxa de emergência é constante e apresenta menor exigência térmica, enquanto a segunda fase é favorecida pela alta temperatura na subfase de perfilhamento abundante e limitada pela competição por radiação solar na fase de declínio. Na fase final do perfilhamento, os colmos mais desenvolvidos continuarão a crescer e aumentar em diâmetro. Nesta fase, os perfilhos mais jovens e menores tendem a ser eliminados em decorrência da competição por radiação solar (INMAN-BAMBER, 1994).

Em condições satisfatórias de umidade, a temperatura do ar e a radiação solar são duas das principais variáveis climáticas envolvidas no processo de perfilhamento. Temperaturas do ar em torno de 30 °C são consideradas ideais, sendo a mínima de 16 °C, para que não haja retardo do perfilhamento (SUGUITANI, 2006; VIANNA et al.; 2014). A intensidade e a duração da radiação solar também apresentam importante influência no perfilhamento pois interferem no balanço de auxinas. As auxinas são hormônios produzidos no meristema apical e atuam na regulação do crescimento da cultura inibindo o crescimento das gemas laterais. Altas taxas de radiação incidentes sobre a planta em desenvolvimento promovem redução nos níveis das auxinas e consequente aumento do perfilhamento. Esse processo é autorregulado pelo desenvolvimento dos perfilhos, cujo aumento da área foliar induz o sombreamento e favorece a intensificação da produção de auxinas inibindo o processo de brotação (BEIZUIDENHOUT et al., 2003; ZHOU et al., 2003).

2.4.3 Crescimento dos colmos

A terceira fase de desenvolvimento da cana-de-açúcar é caracterizada pelo crescimento rápido dos perfilhos, com grande aumento da área foliar, alongamento

dos entrenós e acúmulo de matéria seca. Nessa fase, cerca de 75% da matéria seca é acumulada, sendo definido o potencial de produtividade, em termos de toneladas por hectare, da cultura (MACHADO, 1987; ALVAREZ; CASTRO, 1999; GAVA et al., 2001). Durante a fase de crescimento, três processos concorrem para a formação de novas estruturas vegetais: divisão celular, diferenciação celular e alongamento celular. A divisão celular resulta na formação contínua de novas células e ocorre predominantemente no meristema localizado na região apical da planta. As células recentemente formadas gradualmente se diferenciam para formar vários tipos de células e o alongamento toma lugar num estágio subsequente. Apesar do tecido do entrenó ser produzido acima de cada nó, nem todos os entrenós apresentam tecidos expandidos.

O alongamento do colmo ocorre quando o meristema intercalar produz células que subsequentemente se expandem. Um entrenó inicia sua expansão quando a folha anexa a sua base está completamente expandida (VAN DILLEWIJN, 1952). O alongamento é completo, quando as quatro próximas folhas jovens estão completamente expandidas (RAE et al., 2005). A expansão dos entrenós individuais é dependente da temperatura do ar e da umidade do solo, com temperatura base entre 16 (SMIT; SINGELS, 2006) a 18 °C (LINGLE; SMITH, 1991). Baixas temperaturas e reduzida disponibilidade hídrica levam a entrenós curtos (SINGELS; INMAN-BAMBER, 2011), fato que também é observado em condições de temperaturas acima de 36 °C (BONNETT et al., 2006). Todavia, a intensidade de tal crescimento possui seus limites. No caso da cana-de-açúcar, a taxa de crescimento não é uniforme: o início tende a ser mais lento e há, gradativamente, um incremento nestes valores até que ocorra a maior taxa de crescimento da cultura, com posterior declínio da taxa de crescimento (VAN DILLEWIJN, 1952). O crescimento menos acentuado da cultura está diretamente associado com a redução na taxa de alongamento do colmo e com o aumento no acúmulo de biomassa não estrutural que, por sua vez, possui relação direta com a taxa de respiração da planta (MARIN, 2014).

2.4.4 Maturação da Cana-de-açúcar: estágio fenológico?

Sacarose, glicose e frutose: objetivos finais do produtor de cana-de-açúcar. Sua produção e acúmulo ocorrem através de uma série de processos bioquímicos,

comumente descritos como “maturação” (LEGENDRE, 1975). Todavia, o termo maturação significa muito mais do que o mero processo de acúmulo de sacarose pela cana-de-açúcar (CARDOZO; SENTELHAS, 2013). Conforme já discutido, a importância desse evento para a indústria canavieira de todo mundo levou a distorções na caracterização do próprio ciclo da cultura e seus estágios fenológicos. Ao contrário de outras culturas (especialmente as anuais determinadas, popular ideótipo de planta) em que idade, maturidade e maturação são eventos diretamente relacionados e dependentes (com a idade, se alcança a maturidade para reprodução, maturação de frutos e produção de sementes), na cana-de-açúcar tal relação não se dá de maneira tão linear e clara.

Segundo Alexander (1973), uma planta de cana-de-açúcar de maior idade (meses), não necessariamente, alcançou a maturidade (desenvolvimento de estruturas reprodutivas) ou apresenta maior “maturação” (acúmulo de sacarose) do que outra de menor idade: muitos fatores ambientais (clima, solo, nutrientes etc.) agem de maneira tão ou mais decisiva do que o tempo, ou melhor, a idade. Assim, embora envelhecimento (idade), maturidade e maturação não sejam sinônimos, de um ponto de vista cultural, tornaram-se intimamente ligados e o processo de acúmulo de sacarose nos entrenós passou a ser convenientemente retratado como a culminação do ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar, sob a alcunha de “maturação”. Todavia, tal interpretação é, sem dúvidas, limitada e reduz os eventos de desenvolvimento da cultura àqueles que são de interesse de sua exploração econômica.

Diante dos inúmeros usos do termo “maturação” em cana-de-açúcar, Deuber (1988) afirma que o mesmo pode ser considerado sob três diferentes pontos de vista: botânico, fisiológico e econômico. Trata-se de uma classificação válida, principalmente do ponto de vista didático, mas que pode levar a erros de interpretação quando analisada superficialmente. Diante disso, são descritos e discutidos a seguir cada uma de tais visões e suas respectivas características e implicações.

a) Visão Botânica. Se aplicadas as mesmas regras que a outras plantas, a definição mais correta e coerente de maturação da cana-de-açúcar deveria ser aquela que englobasse os processos fisiológicos e bioquímicos relacionados aos estágios reprodutivos da mesma. Assim sendo, a maturação seria a senescência natural dos

colmos ocorrida após o florescimento, fecundação e produção de sementes viáveis capazes de dar origem a novas plantas. Eis o real objetivo da cana-de-açúcar, o qual não coincide com a meta humana ao cultivá-la. Ao contrário, compete diretamente com os interesses do produtor, pois a ocorrência do processo reprodutivo leva ao consumo de nutrientes, água e açúcares armazenados no colmo, o que penaliza a produção agroindustrial.

b) Visão “Fisiológica”. Sob esse ponto de vista, o termo maturação refere-se, única e exclusivamente, aos processos fisiológicos relacionados ao acúmulo de sacarose nos colmos da cana-de-açúcar, evento chave para a indústria canavieira cujo sucesso, conforme já destacado, constitui o objetivo final do produtor. O colmo da cana é composto por sucessões de entrenós em diferentes estágios de desenvolvimento: os entrenós jovens apresentam folhas com altas taxas metabólicas e produção fotossintética, elevado grau de hidratação e altas concentrações de hexoses e baixa concentração de sacarose, fatores que favorecem o desenvolvimento vegetativo da planta e explicam sua acelerada taxa de crescimento (ALEXANDER, 1973; CARDOZO et al., 2014). À medida que estes entrenós se desenvolvem, sua taxa de crescimento diminui, suas folhas entram em senescência e seu metabolismo é reduzido (GLASZIOU et al., 1965). Nesse caso, suas funções se concentram em suporte, reprodução assexuada (via brotação da gema lateral) e, principalmente, o armazenamento de reservas na forma de sacarose. Assim, a maturação é afetada pela idade de duas formas: 1) quanto mais velho o entrenó, maior sua propensão a atuar como armazenador de sacarose; 2) quanto mais velho o colmo, maior a proporção de entrenós velhos (de baixo metabolismo basal e alta capacidade de armazenamento) em relação aos entrenós novos localizados no ápice da planta (de alta capacidade metabólica) (CARDOZO, 2012).

Tal dinâmica faz com que a maturação da cana-de-açúcar também seja descrita como o acúmulo de sacarose em paralelo, realizado a partir dos entrenós da base (mais velhos) em direção ao ápice (mais jovens), até que valores próximos sejam atingidos (ALEXANDER, 1973). Todavia, muitos fatores podem interferir no desenvolvimento dos entrenós e na priorização dos processos fisiológicos relacionados ao acúmulo de sacarose e ao crescimento vegetativo: características genéticas, exaustão de nutrientes, condições climáticas restritivas (baixas temperaturas e, principalmente, a deficiência hídrica) são fatores que reduzem o

metabolismo e crescimento da planta e favorecem os processos de acúmulo de sacarose (MACHADO, 1987; CARDOZO et al., 2015).

c) Visão Econômica. A maturação é compreendida como o teor mínimo de sacarose que torna os colmos aptos à industrialização. De acordo com as normas do Conselho de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol do estado de São Paulo (CONSECANA-SP, 2006), a “cana-padrão”, em condições tecnológicas e econômicas de processamento industrial, deve apresentar o teor de sacarose (Pol da cana) de 12,257% (LAVANHOLI, 2008). Apesar de suas aplicações, a visão econômica possui caráter estático e demasiado limitado para um processo dinâmico, gradual e reversível. A sacarose é armazenada nos colmos em caráter de reserva e, por isso, no decorrer da safra canavieira ela pode ser consumida. Características varietais, condições ambientais ou a interação de diversos fatores, podem acelerar o processo, mas não mudam o fato de que o mesmo é feito com o interesse de atender as demandas da planta em algum momento de seu ciclo. Assim sendo, os valores estabelecidos são convenções do sistema produtivo que, ao contrário de outras culturas, não impedem sua colheita. Pelo contrário, parte considerável da colheita atual de cana-de-açúcar ocorre fora de tais padrões, principalmente como forma de reduzir a ociosidade da indústria em períodos que, tradicionalmente, eram considerados como entressafra (novembro a março).

2.5 Florescimento: herói ou vilão?

O florescimento é um processo natural e essencial para a cultura da cana-de-açúcar, assim como para qualquer outra planta. Trata-se não apenas do objetivo final da planta, sua forma de perpetuação e evolução, mas também o meio pelo qual o homem consegue intensificar sua produção: seu melhoramento genético só é possível com a ocorrência desse evento, o qual permite manter a variabilidade genética disponível, base da posterior seleção e desenvolvimento de novas cultivares (BERDING; MOORE, 1996; BERDING; HURNEY, 2005; VAN HEERDEN et al., 2010).

Todavia, o que é bom para a planta nem sempre o é para o produtor. Ao contrário de outras culturas, cujo produto colhido é o fruto ou semente resultante do processo reprodutivo, a cana-de-açúcar tem em sua estrutura vegetativa (no caso, os

colmos) o objetivo final do produtor (MARIN, 2014). A transição para o estágio reprodutivo acarreta uma série de alterações na planta as quais resultam na redução da produtividade de colmos e no consumo de açúcares, antes armazenados ou utilizados para o crescimento de novos entrenós, para o desenvolvimento e manutenção da inflorescência (BUTTERFIELD; D'HONT; BERDING, 2001). Esses fatos acarretam perdas significativas à produtividade da cultura e tornam importante o desenvolvimento de estratégias para evitar ou atrasar a ocorrência do florescimento na cana-de-açúcar (COELHO, 2010).

Ao contrário de outras culturas, o florescimento da cana-de-açúcar não é um evento frequente e constante: sua ocorrência se dá apenas uma vez ao ano e o processo que leva a sua ocorrência só é desencadeado quando plantas maduras (do ponto de vista botânico) são capazes de responder a fatores endógenos (tais como ritmos circadianos e alterações hormonais) controlados pela interação das características de cada genótipo e fatores ambientais (STEVENSON, 1965; COLEMAN, 1959; MOORE; NUSS, 1987; NUSS; BERDING, 1999; CASTRO, 2001). A interação entre esses fatores pode aumentar, manter ou prevenir a transformação do ápice da cana-de-açúcar de crescimento vegetativo para reprodutivo (DUNKELMAN; BLANCHARD, 1974).

2.5.1 Florescimento da cana-de-açúcar: fatores relacionados à planta

2.5.1.1 Crescimento vegetativo vigoroso

O maior objetivo da fase inicial do desenvolvimento vegetativo é produzir raízes e copa foliar para garantir a sustentação, aporte de água e nutrientes, bem como produção de fotossintatos. Colmos vigorosos, com altas taxas de crescimento apresentam grande hidratação de tecidos e alta disponibilidade de nutrientes e fotossintatos, fatores essenciais para altas taxas metabólicas e expressão gênica (ETHIRAJAN, 1987). Assim sendo, cultivares de rápida resposta a variações ambientais, com altas taxas metabólicas e de crescimento, alcançam mais rapidamente as condições requeridas para responder ao estímulo do florescimento, entre elas, superar mais rapidamente o período de juvenilidade.

2.5.1.2 Superação do período juvenil

Ao longo de sua evolução, as plantas desenvolveram numerosos mecanismos para assegurar que o florescimento ocorresse no momento apropriado, de forma a maximizar o sucesso de sua reprodução e, por conseguinte, a perpetuação de sua espécie. Um desses mecanismos consiste em ter geneticamente programada a transição dos estágios de desenvolvimento durante seu ciclo de vida associados a mudanças no meristema apical. Assim, para que a indução floral possa ocorrer é exigida uma condição de "maturidade-para-flor", a qual consiste na superação do chamado "período juvenil" da cana-de-açúcar: uma transição entre as fases vegetativas e de maturidade que tornam a planta capaz de florescer quando exposta a condições específicas de fotoperíodo, temperatura do ar, disponibilidade hídrica e nutricional (COLEMAN, 1963a, ALEXANDER, 1973). Lang (1965) sugeriu que a inabilidade das plantas juvenis para produzir flores deve-se à sua incapacidade de produzir os hormônios e enzimas (florígenos) responsáveis por desencadear o processo, ou à incapacidade do meristema apical em responder aos mesmos.

O comprimento da fase juvenil varia em função das espécies, cultivares, idade, corte e vigor da planta/colmo (BURR et al., 1957, STEVENSON, 1965, COLEMAN, 1968). Embora sua exata condição seja desconhecida, ainda mais se consideradas as diferentes cultivares existentes, a superação do período juvenil da cana-de-açúcar é comumente associada à aparição de 3 a 4 entrenós completamente maduros e visíveis (VIVEIROS et al. 1991; CLEMENTS; AWADA 1965). Julien et al. (1974) não apenas identificaram o período juvenil, mas também uma idade ótima para iniciação (12 a 16 semanas) e para senilidade (21 a 25 semanas) a qual levaria à baixa iniciação.

Contudo, tal classificação é muito difícil de ser mantida na prática, uma vez que condições ambientais e sua interação com o genótipo interferem não apenas no desenvolvimento da planta (o qual pode ser maior ou menor dependendo das condições climáticas existentes e do grau de exigência da cultivar quanto a esses quesitos), mas também quando o florescimento pode ocorrer (MOORE; BERDING, 2014). Além disso, os perfilhos de uma mesma touceira também apresentam variação na ocorrência de florescimento. Os perfilhos apresentam diferenças não apenas em função de sua idade (colmos primários, secundários etc.), mas também do seu vigor

vegetativo. De maneira geral, quanto mais velho, mais vigoroso o colmo e mais propenso ao florescimento pois apresenta superação do período juvenil antes dos demais (SARTORIS 1938; JULIEN et al., 1977).

O estágio de corte da cultura, ou seja, se plantio ou soqueira também é um fator que costuma ser destacado, com diversos relatos a sugerir maior ou menor propensão para ambos os casos. Perfilhos oriundos de plantios tendem a ser mais homogêneos, sincronizados e vigorosos do que aqueles oriundos de soqueiras, fator normalmente associado a maior propensão ao evento. Enquanto isso, soqueiras tem a seu favor o desenvolvimento inicial mais acelerado do que plantios, o que poderia, dependendo da época considerada, torná-la mais propensa ao evento. Todavia, essa é uma questão complexa, pois apesar de inegável a influência dos fatos comentados, o papel da época de plantio ou da colheita é preponderante. Essa condição ditará o grau de desenvolvimento da planta no momento do período indutivo (representado pelo número de entrenós), bem como a uniformidade e vigor dos perfilhos. Assim, mais importante do que classificar o risco de florescimento pelo estágio de corte, é considerar a idade da planta (e o número de entrenós visíveis) e as condições climáticas no momento do período indutivo, bem como a susceptibilidade da cultivar considerada (GHONEMA, 2017).

2.5.1.3 Características genéticas

Diversos estudos mostraram que o florescimento afeta, de diferentes formas, as cultivares de cana-de-açúcar (JULIEN; SOOPRAMANIEN, 1976; LONG, 1976; NUSS; MAHARAJ, 1992; DONALDSON, 1996). A alta variabilidade observada na ocorrência do evento (entre locais e anos) é fruto não apenas de fatores locais ou de variações climáticas anuais, mas também de características das cultivares considerados. A susceptibilidade ao florescimento é uma característica herdada, provavelmente controlada por um sistema poligênico quantitativo (STEVENSON 1965; LYRENE, 1977), e que foi moldada ao longo do processo evolutivo da cultura. Cultivares que florescem abundantemente apresentam fase juvenil mais curta do que aqueles que florescem com menor intensidade, fator fortemente influenciado pelas características das espécies utilizadas para cruzamento (BRETT, 1951; BURR et al., 1957; COLEMAN, 1968; JULIEN, 1973; MOORE; NUSS, 1987). Nesse sentido, há

notória diferença entre a duração da fase juvenil das espécies *Saccharum spontaneum*, *Saccharum robustum* e *Saccharum officinarum*. Enquanto a primeira já é capaz de florescer com apenas 1 entrenó completamente maduro, as outras espécies citadas demandam maior desenvolvimento para tanto (acima de 3 a 5 entrenós), sendo que *Saccharum officinarum* é a de maior exigência para a superação do período juvenil (JULIEN et al. 1974; BURR et al., 1957). Tal diferença não se dá apenas na exigência do número de entrenós, mas também na velocidade e vigor de crescimento o qual é notadamente maior em indivíduos de *Saccharum spontaneum*.

Essa condição também é observada na exigência de condições ambientais para o florescimento, ou seja, no número de dias com fotoperíodo crítico e condições térmicas e hídricas adequadas. Trata-se de uma condição diretamente relacionada à latitude e às condições climáticas da região de origem das inúmeras espécies do gênero *Saccharum* utilizadas nos cruzamentos. Indivíduos de *Saccharum spontaneum* L., evoluídos e adaptados à várias condições ambientais (mais de um centro de origem), tendem a florescer mais intensamente e em uma gama maior de condições climáticas (com menor exigência de dias indutivos) do que os de *Saccharum officinarum*, evolutivamente selecionados em condições ambientais mais restritas (BRANDES; MATZ, 1939; MANGELSDORF, 1953; LYRENE, 1977; MACCOLL, 1977; WALKER et al., 1977).

Como as atuais cultivares são oriundas de cruzamentos entre híbridos interespecíficos, principalmente de *S. spontaneum* e *S. officinarum*, selecionadas em uma ampla gama de condições climáticas, há uma enorme variabilidade na susceptibilidade ao florescimento. Há, portanto, variação não apenas do número de entrenós maduros para superação do período juvenil, mas também do número de dias indutivos (caracterizados pela ocorrência de fotoperíodo crítico, temperatura do ar adequada e ausência de restrição hídrica ou nutricional) exigidos por cada cultivar para florescer (COLEMAN, 1963b; SHANMUGAVADIVU; RAO, 2009; MELLONI, et al. 2015). Apesar dos esforços dos programas de melhoramento no sentido de evitar a ocorrência do florescimento, o mesmo continua a ser um fator problemático ao sistema produtivo, principalmente quando cultivares promissoras (de alto rendimento agrícola) demonstram susceptibilidade ao evento (MOORE; BERDING, 2014).

2.5.2 Florescimento da cana-de-açúcar: condições ambientais

Ao longo de sua evolução, as plantas desenvolveram mecanismos fisiológicos que permitiram sincronizar seu ciclo de desenvolvimento às variações sazonais (muitas vezes extremas) do clima e da disponibilidade de nutrientes decorrentes das estações do ano. Tais mecanismos permitiram às plantas detectar, monitorar e responder a esses sinais ambientais sazonais e, portanto, se tornaram mais adaptadas a uma determinada localização geográfica. A cana-de-açúcar não é exceção e criou mecanismos que permitem à planta detectar fatores como fotoperíodo, temperatura do ar, disponibilidade hídrica entre outros e que são fundamentais para a regulação das fases de seu ciclo de desenvolvimento e reprodução (CLEMENTS, 1975).

2.5.2.1 Fotoperíodo

A percepção de mudanças no fotoperíodo (comprimento do dia) é, sem dúvida, a principal forma das plantas detectarem as oscilações ambientais de cada estação do ano (GARNER; ALLARD, 1920). Nesse sentido, a cana-de-açúcar não é exceção e requer a percepção de alterações no fotoperíodo para que o processo de transição entre o crescimento vegetativo e reprodutivo possa ser iniciado (ALEXANDER, 1973). A maioria dos híbridos *Saccharum* spp. exibe florescimento sazonal e são classificadas como plantas intermediárias de dias curtos ou plantas quantitativas de dias curtos, com múltiplos estádios indutivos (BERDING; MOORE, 2014).

Todavia, existem diferenças consideráveis entre a data e a intensidade de florescimento (de maneira geral, quanto mais precoce a indução e a emissão da flor, mais intenso o florescimento) das diversas espécies e cultivares *Saccharum* (CHENG; CHAO, 1948; BRETT 1951). Considerando a variedade de espécies e sua origem geográfica, e os híbridos entre eles, é possível que a cana-de-açúcar inclua várias classes de comportamento do fotoperíodo, fato diretamente relacionado à latitude de seus respectivos centros de origem (MANGELSDORF, 1953; PANJE; SRINIVASAN, 1959, WALKER et al. 1977).

De maneira geral, considera-se que o florescimento da cana-de-açúcar ocorre durante o fotoperíodo ideal entre 12,5 a 12,0 horas, ou seja, com período de escuro entre 11,5 a 12 horas, condições que caracterizam o chamado período indutivo

(PEREIRA et al., 1983; BERDING; MOORE, 2001). Nas condições do Centro-Sul Brasileiro, tal período tem início em fevereiro e término em março, com variações no número de dias de sua duração em função da latitude considerada. As melhores condições para que o florescimento aconteça são encontradas nas regiões equatoriais do globo, com pequenas variações de fotoperíodo e temperatura do ar (ARCENEUX, 1967; CLEMENTS; AWADA, 1965). Ensaios com interrupções do escuro revelaram que a intensidade do florescimento depende do número absoluto de noites indutivas, sendo necessárias 15 noites ininterruptas sucessivas para a floração máxima e inferior a 10 para ocorrência de pouca ou nenhuma floração (VIJAYASARADY; NARASIMHAN, 1954; BURR et al., 1957; COLEMAN, 1968).

2.5.2.2 Temperatura do ar

A grande variabilidade observada na ocorrência de florescimento em cana-de-açúcar evidencia que o fotoperíodo não é o único fator controlador do mesmo (PEREIRA et al., 1983). Indicaram então, a temperatura do ar como uma variável igualmente importante para ocorrência do fenômeno, fato ressaltado por vários outros autores (PALIATSEAS, 1963; ARCENEUX, 1967; MOORE; BERDING, 2001). Contudo, essa variável ganha maior relevância à medida que se distancia da linha do Equador. Cultivares que requerem 20 ciclos fotoperiódicos críticos para a indução do florescimento apresentam forte redução na intensidade do mesmo quando quatro ou mais noites apresentam valores de temperatura mínima do ar inferiores a 18 °C e impedida com a ocorrência de mais de 10 noites com tal condição (GOSNELL, 1973; COLEMAN, 1963b; CASTRO, 2001).

Embora a temperatura mínima seja apontada como a principal inibidora do processo de indução do florescimento, temperaturas máximas elevadas também podem ser inibitórias. De maneira geral, considera-se que a temperatura diurna ideal ao florescimento é de cerca de 28 °C, com prejuízos à sua intensidade quando a mesma ultrapassa 31-32 °C (CLEMENTS; AWADA 1965; ELLIS et al., 1965; BERDING, 1995). Além de efeitos diretos na fisiologia da planta, valores elevados de temperatura máxima também apresentam efeitos indiretos, pois estão frequentemente relacionados a dias de céu limpo, baixo volume de precipitação e altas taxas de evapotranspiração, fatores que podem afetar a disponibilidade hídrica às plantas,

outro importante fator de inibição. Todavia, temperaturas extremamente elevadas (acima de 32 °C) tendem a inibir o florescimento, mesmo que haja adequada condição hídrica, via precipitação ou irrigação (BERDING, 2005; BERDING; HURNEY 2005; SHANMUGAVADIVU; RAO, 2009).

2.5.2.3 Umidade do solo

Quando o fotoperíodo e as temperaturas são favoráveis ao florescimento, as diferenças anuais em sua intensidade podem resultar de variações na disponibilidade hídrica do solo. A existência de um período seco, na época da indução do florescimento, pode prejudicar esse processo fisiológico (BERDING, 1995; YEU, 1980; PEREIRA et al., 1983; MOORE, 1987; ALEXANDER, 1924; CLEMENTS; AWADA 1965). Nesse sentido, Panje e Srinivasan (1960) constataram um atraso de 14 dias na floração de *Saccharum spontaneum* quando, no período indutivo, a precipitação foi de apenas 74 mm. Enquanto isso, outros autores observaram aumento no florescimento em ambientes áridos pela aplicação de água via nebulizadores (RÖHRIG et al., 1959, AMIN et al., 1971).

Os efeitos da precipitação vão além da oferta de água, pois afetam também a dinâmica de outras variáveis meteorológicas e as condições microclimáticas locais. Nesse sentido, dias chuvosos não apenas aumentam a disponibilidade hídrica ao fornecerem água ao sistema, mas também estão correlacionados a dias de menor intensidade luminosa, menor amplitude térmica e redução na demanda evapotranspirativa, fatores que resultam em maior quantidade de água disponível no solo (BURR et al., 1957; DAVIES; VLITOS 1970). O papel da umidade do solo na intensidade do florescimento resultou em muitos trabalhos que avaliaram os efeitos do manejo de irrigação no estímulo ou redução do florescimento (GOSNELL, 1973; SMITH, 1977).

Moore (1983) mostrou forte correlação positiva entre a taxa de oferta de água (razão entre a quantidade de água oriunda de precipitação e/ou irrigação, dividida pelo volume evapotranspirado) nos 75 dias anteriores à iniciação floral e a intensidade final de panículas formadas. Tal índice tem sido utilizado tanto por melhoristas, visando prevenir o estresse por seca e aumentar as taxas de florescimento dos parentais,

como por produtores comerciais de cana-de-açúcar no Havaí, os quais desejam saber se devem realizar aplicação de inibidores de florescimento.

2.5.2.4 Nutrição

A cana-de-açúcar floresce em diversas condições nutricionais, o que não significa, necessariamente, que a ausência de um determinado elemento não afete esse processo (ARCENEUX, 1967; STEVENSON, 1965). Apesar de a cana-de-açúcar requerer crescimento vegetativo vigoroso para florescer (MOORE; NUSS, 1987), alta disponibilidade de nitrogênio, especialmente durante a iniciação, pode reduzir e atrasar o florescimento ao ampliar o período de juvenilidade (BURR et al. 1957; GOSNELL, 1973) enquanto sua restrição pode afetar a intensidade, tamanho da flor e viabilidade da semente (VAN DILLEWIJN, 1952; CLEMENTS; AWADA, 1965; BRUNKHORST, 2001). Todavia, fatores como idade, genótipo, disponibilidade hídrica e momento de aplicação determinarão os efeitos do nitrogênio na inibição ou não do florescimento (NUSS; BERDING, 1999). Outros relatos sugerem que a aplicação de fósforo leva a redução no florescimento (GOSNELL, 1973; ARALDI, 2010), enquanto o potássio estimularia sua ocorrência (DE ALMEIDA et al., 1946; BURR, 1950).

Endres et al. (2015) afirmam que cultivares relutantes ou de florescimento tardio apresentam maiores concentrações de cálcio em seus ápices vegetativos em relação àquelas de florescimento intenso e precoce, as quais apresentam maiores concentrações de potássio em seus ápices vegetativos. Diante disso, os citados autores demonstraram que a aplicação de cálcio nas folhas leva a seu acúmulo nos ápices vegetativos, com redução nos níveis de potássio. Como consequência, relataram redução de até 50% na intensidade de florescimento e atraso na emissão da panícula de até 30 dias. Embora existam muitos relatos sobre os efeitos dos nutrientes no controle ou estímulo ao florescimento, seu uso efetivo não é realizado, principalmente pelo custo, dificuldades operacionais e resultados contraditórios.

2.5.3 Florescimento da cana-de-açúcar: Fisiologia do processo

O processo de florescimento consiste de um conjunto de reações metabólicas em cascata, de alta complexidade, altamente influenciadas por características genéticas e condições ambientais (CASTRO, 1993). Grosso modo, envolve alterações

no balanço hormonal do meristema apical, com acúmulo dos hormônios que promovem o florescimento, o qual é desencadeado quando os níveis dos mesmos se tornam superiores aos dos hormônios e enzimas responsáveis pelo crescimento vegetativo (SIMPSON; DEAN, 2002).

Coleman (1969) propôs que a produção do estímulo florífero envolve a produção e translocação de várias substâncias em várias etapas, trabalho que permanece como a principal referência dos mecanismos envolvidos na formação da panícula. A primeira etapa ocorre nas folhas e envolve a exposição de plantas que atingiram o estágio de “maturação para flor”, ou seja, que superaram o período juvenil, às citadas condições indutivas de fotoperíodo e temperatura do ar. Essa é a etapa que demanda maior intensidade de luz solar, por pelo menos 12 horas, para a produção de compostos, provavelmente enzimas e ácidos nucleicos, requeridos em grandes quantidades para os processos seguintes.

A segunda etapa também ocorre nas folhas, com requerimento de noites indutivas de, no mínimo, 11 horas e 30 minutos. A percepção de alterações no comprimento do fotoperíodo é realizada pelos fitocromos, fotorreceptores localizados nas lâminas foliares de folhas jovens e que são regulados por ritmos circadianos (oscilador endógeno acoplado a diversos processos fisiológicos). A ocorrência desse período de escuro (mínimo de 11 horas e 30 minutos) leva ao desaparecimento da forma fisiologicamente ativa do fitocromo (Pfr) para a forma inativa (Pr) por período suficiente para que os processos relacionados à indução ao florescimento ocorram. Nesse sentido, a presença de altos teores de Pr levam a alterações na expressão gênica e síntese de RNAm, os quais resultam na produção do florígeno ou “estímulo estável” acumulados diariamente na bainha de folhas jovens e sua translocação ao meristema apical pela rota usada para o transporte de sacarose.

As etapas seguintes do processo ocorrem no meristema apical, onde o estímulo recebido das folhas (florígeno) mais substâncias produzidas no meristema acumulam em uma forma estável a qual, quantitativamente, determina a extensão da indução floral, uma vez ultrapassado o nível mínimo crítico. O estímulo floral promoverá, então, alterações na expressão gênica do meristema apical e a reprogramação de seu desenvolvimento de indeterminado (fitômeros) para determinado (panícula), em um

processo com duração de 2 a 3 semanas, variável em função da cultivar considerada (GLASSOP et al., 2014; MOORE; BERDING, 2014).

2.5.4 Alterações morfológicas e desenvolvimento da panícula

A planta adulta de cana-de-açúcar apresenta morfologia típica de plantas da família Poaceae e, assim como os demais membros da mesma, floresce, frutifica e morre, garantindo a perpetuação da espécie (RODRIGUES, 1995). A inflorescência da cana-de-açúcar é uma panícula de ramo aberto (também conhecida como flecha), com flores hermafroditas do tipo espigeta emparelhadas. Embora exista certo padrão em suas componentes, a panícula de cada espécie e clone do gênero *Saccharum* apresenta variações em sua forma, comprimento do eixo principal (ráquis), grau de ramificação lateral, coloração, entre outras (van DILLEWIJN, 1952; MOZAMBANI et al., 2006; MILLER; GILBERT, 2009; BONNET, 2014).

O florescimento da cana-de-açúcar consiste em uma série de estágios de desenvolvimento, com diferentes consequências à morfologia e anatomia da planta bem como demandas ambientais específicas (CLEMENTS, 1975; MOORE, 1971; MOORE; NUSS, 1987). Embora o desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar seja indeterminado, consistindo de uma série de fitômeros (nós, entrenós e folhas), seu florescimento é determinado: na presença do estímulo adequado, uma inflorescência terminal é produzida pelo meristema apical (GLASSOP et al., 2014). Anatomicamente, o primeiro sinal de iniciação floral é a expansão do meristema apical, com uma visível transição no arranjo dos tecidos do padrão túnica-corpo para manto-corpo central, com grande aumento na atividade mitótica, fatores relacionados ao aumento acentuado no RNA total (MOORE, 1971; RAO; SHANMUGAVADIU, 2012).

Morfologicamente, os colmos mudam da filotaxia alternada de suas folhas e brotos, vigente durante a fase vegetativa, para filotaxia espiral dos últimos poucos nós presentes logo abaixo da panícula durante a fase de floração (RAE et al., 2014). Alterações também são observadas no tamanho total das folhas e em suas proporções (relação bainha/lâmina foliar). Entre a última folha produzida na fase vegetativa até a folha da bandeira, há um aumento progressivo no comprimento da

bainha e uma diminuição progressiva no comprimento da lâmina foliar. Em plantas florescidas, o tamanho da bainha (que normalmente corresponde a menos da metade do comprimento da lâmina foliar) aumenta várias vezes e pode se tornar tão longa quanto a lâmina da folha bandeira. A morfologia dos entrenós também muda durante o desenvolvimento da inflorescência: os entrenós se tornam mais longos e finos, com progressiva redução no desenvolvimento das gemas laterais e dos primórdios radiculares. A transição do meristema apical à panícula leva à quebra da dominância exercida pelo mesmo sobre as gemas laterais dos entrenós próximos ao ápice, fato que leva a ocorrência de brotações laterais (JULIEN, 1973).

De forma geral, considera-se que o desenvolvimento da panícula demanda, como valores médios, entre 70 a 100 dias com variações decorrentes da cultivar, condições climáticas locais e do momento da iniciação (JULIEN, 1971; MOORE, 1974a). Assim, a mesma cultivar pode apresentar variação entre o tempo para formação da panícula, os quais podem variar de 9,7 a 12,5 semanas em diferentes condições ambientais (MACCOLL, 1977). Segundo James e Miller (1971), a emergência da panícula é atrasada cerca de 1,4 dias para cada 1 dia de atraso na data da iniciação.

George e Lalouette (1962) dividiram a floração da cana-de-açúcar em cinco passos: indução, iniciação, desenvolvimento, emergência e abertura da panícula. No entanto, a análise das reversões do desenvolvimento de panículas em estruturas vegetativas anormais, controladas pelo fotoperíodo, sugere que o processo de desenvolvimento da inflorescência deve ser considerado como uma sequência de processos indutivos e de iniciação (MOORE, 1971), com diferentes demandas ambientais (JULIEN, 1973; MIDMORE, 1980). Além disso, o ritmo de desenvolvimento da panícula varia em função de outras variáveis climáticas (MOORE; NUSS, 1987). A temperatura do ar afeta a taxa de desenvolvimento da panícula, retardando sua diferenciação e emergência quando é inferior a 21 °C (CLEMENTS; AWADA 1965; NUSS; BRETT, 1977). Além disso, o tamanho final da panícula tende a ser reduzido e o desenvolvimento do pólen é inibido por baixas temperaturas (BRETT, 1951; LEVI et al., 1978; BERDING, 1981). Adequada disponibilidade hídrica também é um fator importante, tanto para o desenvolvimento rápido e adequado da panícula como para a viabilidade do pólen e das sementes produzidas (DUTT et al., 1938; MOORE, 1976; NUSS, 1979).

2.5.6 Perdas relacionadas ao florescimento

Como já comentado, o florescimento é um evento indesejável ao produtor de cana-de-açúcar, pois resulta em perdas de produtividade agrícola (toneladas de colmos por hectare) e na produção de açúcares (ENDRES et al., 2015, ALEXANDER, 1973; HUMBERT, 1968; DEUBER; IRVINE, 1987). A redução na produtividade de colmos é um dos principais efeitos do florescimento da cana-de-açúcar (MOORE; OSGOOD, 1989; DONALDSON; SINGELS, 2004; LI; SOLOMON, 2003). A intensidade de tais perdas não é apenas um reflexo do grau de florescimento (número de colmos florescidos) e das mudanças fisiológicas resultantes do mesmo, mas também do manejo adotado (plantio e colheita), do ambiente de produção e do clima pós-indução (BUTTERFIELD; D'HONT; BERDING, 2001). Assim, o florescimento da cana-de-açúcar resulta em perdas de várias maneiras, sendo conveniente retratá-las em separado.

a) Interrupção do crescimento. Após a diferenciação do meristema, o colmo da cana-de-açúcar se torna incapaz de gerar novos fitômeros e, portanto, tem prejudicado seu crescimento vegetativo. Nesse momento, cerca de quatro entrenós estão formados no ápice e três ou quatro estão alongando. Uma vez que todos esses entrenós estiverem formados e nenhuma nova folha ou entrenó for formado, a produtividade máxima desse canavial estará determinada (MOORE; MARETZKI, 1996). A extensão das perdas de produtividade pelo florescimento está relacionada então, ao crescimento potencial que poderia ter ocorrido entre a interrupção do período vegetativo e o momento de colheita. Um canavial induzido aos 10-12 meses de idade terá impacto completamente diferente de um canavial de 5-6 meses. Assim, canaviais de maior idade tendem a apresentar danos proporcionalmente menores aos mais jovens, os quais ainda tem grande parte de seu desenvolvimento por realizar (MOORE; BERDING, 2014). Colmos não florescidos, que poderiam ser até menores no momento da indução, tendem a manter seu vigor e crescimento mais intenso por mais tempo do que colmos florescidos, sendo comum observar maiores valores de produtividade no momento da colheita.

b) Perda de peso (desidratação acelerada). Uma das consequências mais notórias do florescimento é a perda de peso dos colmos (DEUBER; IRVINE, 1987). Sem a

continuidade de seu crescimento vegetativo o colmo florescido perderá sua copa foliar e terá reduzida capacidade fotossintética, ou seja, a planta sofrerá redução na disponibilidade de fotossintatos necessários ao seu desenvolvimento fator agravado pelo gradual aumento das restrições ambientais. Como qualquer outra cultura, o pico de consumo hídrico da cana-de-açúcar ocorrerá no momento do florescimento. Quanto maior o consumo, maior a extração de água do solo pela planta. No caso das áreas produtoras do Centro-Sul Brasileiro, esse momento coincide, em condições normais, com a época de maior restrição hídrica (temperatura do ar elevada, altas taxas de evapotranspiração e chuvas reduzidas), a qual pode ser agravada em áreas de solo com baixa capacidade de armazenamento (CARDOZO; SENTELHAS, 2013). A grande demanda e a baixa oferta culminam em taxas mais aceleradas de desidratação pelos colmos florescidos. Como, em sua composição, 70-75% dos colmos são água, qualquer impacto em seu teor resulta em variação proporcional na produtividade dos colmos. Em caso extremo, os colmos entram em senescência, secam completamente e morrem, fato que agrava as perdas no campo e na indústria (BULL, 2000). Diante disso, o manejo da colheita se torna fundamental. Quanto mais rápida a emissão da panícula e maior o tempo em que a mesma permanecer exposta no campo, maiores serão as perdas observadas pelo produtor (HES, 1951; JULIEN et al., 1977; HARDY et al., 1986).

c) Isoporização. Por sua importância, a isoporização da cana-de-açúcar é discutida de forma isolada, embora esteja intimamente ligada às mudanças anatômicas induzidas pelo florescimento e às condições ambientais restritivas. Trata-se de um processo caracterizado pela ocorrência de desidratação excessiva dos colmos, a qual leva à morte e rompimento das células do parênquima. Em consequência, há surgimento de um tecido esponjoso, de coloração branca no interior dos entrenós, os quais evoluem do centro para a periferia, sendo observado, inicialmente, nos entrenós superiores que se tornam leves e com baixa densidade (CAPUTO et al., 2007; SILVA NETO et al., 2011; EKSTEEN et al., 2014).

É fato notório que o florescimento intensifica a ocorrência de isoporização: à medida que os entrenós superiores se alongam, as paredes das células centrais do parênquima de armazenamento cessam o desenvolvimento de paredes celulares secundárias e podem, dependendo da cultivar e das condições ambientais, colapsar e tornar-se soltas. As células colapsadas formam um tecido de medula esponjosa com

cavidades de ar as quais não são mais capazes de armazenar sacarose (KHANNA et al., 1955). O grau de penetração da isoporização, nesse caso, é uma característica genética e é agravada pelo déficit hídrico. Como discutido, o florescimento resulta em aumento do consumo hídrico pela planta, o qual, senão atendido, tem como uma de suas principais consequências a intensificação desse evento. Entretanto, cultivares com rápida e intensa isoporização decorrentes de florescimento, normalmente são eliminadas logo nas primeiras fases dos programas de melhoramento genético da cultura (EVANS, 1966; DEREN, 1992; RODRIGUES, 1995).

Todavia, a concepção de que a isoporização só ocorre em colmos florescidos não é correta. Embora intensificada pelo florescimento, tal processo não é dependente do mesmo (DEUBER, 1986). Pelo contrário, sua ocorrência também é observada em plantas que não apresentam sequer uma panícula, com intensidade igual ou, até mesmo superior, às observadas em plantas florescidas. Nesse caso, o fator ambiental (restrição hídrica) será fundamental, bem como a susceptibilidade da cultivar ao mesmo. Quanto mais intensas e prolongadas as condições de restrição hídrica (solos restritivos, reduzido desenvolvimento radicular, baixa precipitação, altas taxas de evapotranspiração, colheita tardia etc.), maior a possibilidade da isoporização se manifestar, como grau máximo e sem volta da desidratação do parênquima, cujo efeito final é a redução da produtividade agrícola (KHANNA et al., 1955; DEREN, 1992).

d) Efeitos na qualidade da matéria-prima. A eficiência do processo industrial de recuperação do açúcar depende da qualidade da matéria-prima entregue na unidade industrial (VIANA, 2007). Nesse sentido, o florescimento da cana-de-açúcar é considerado um fator antagônico à obtenção de matéria-prima de qualidade, pois a formação da panícula promove alterações na composição dos colmos ao consumir açúcares e água armazenados nos mesmos (SALATA; FERREIRA, 1977; DEUBER, 1988; ALMEIDA, 2005). Stehel (1955) demonstrou que em anos com alto índice de florescimento os valores de Brix, Pol e pureza são menores do que em anos de baixa ocorrência. Meyer (1933) sugere que em apenas 1 mês após a emissão da panícula, houve redução nos teores de Brix e Pol da ordem de 25 e 43%, respectivamente, enquanto os açúcares redutores aumentaram em 5 vezes os seus teores. Tais resultados demonstram que houve redução da sacarose a glicose e levulose, as quais foram consumidas pela planta. Nesse momento, o consumo de açúcares não ocorre apenas para a formação e manutenção da panícula, mas também no desenvolvimento

de brotações laterais, decorrentes da perda da dominância apical, as quais também promoverão resultados negativos à qualidade da matéria-prima (JULIEN et al., 1980; BERDING; HURNEY, 2005).

Lopes-Hernandez (1965) observou que o efeito do florescimento se manifesta nos seis entrenós superiores, sendo que do sétimo entrenó para baixo não há mudança na composição do colmo em virtude do florescimento. Nos seis entrenós superiores de plantas florescidas ocorreu diminuição de 17% no caldo extraído e, com isso, mesmo que tenha havido um teor de sacarose aparente 6,64% maior, houve redução de 5% no valor final de sacarose recuperada em função do aumento do teor de fibras e maior dificuldade para sua extração. A tendência ao aumento nos teores de fibra também foi observada por outros autores, com relação negativa com o teor de açúcar (BARBOSA et al., 2007) e umidade nos colmos (BACCHI, 1983), resultado do alto grau de isoporização (GOSNELL; JULIEN, 1976). Os altos valores de fibra e isoporização são acompanhados pela redução do volume de caldo, o qual dificulta o processo de extração, reduzindo sua eficiência de recuperação dos açúcares com consequente aumento das perdas industriais (MARQUES et al., 2008; LEITE, 2005;).

No entanto, há relatos na literatura de que, mesmo em colmos florescidos e isoporizados, a redução dos teores de Pol e Brix não foi significativa (PEREIRA et al., 1983; COLETTI et al., 1984; CAPUTO et al., 2007), fato que leva muitos autores a considerar controversos os efeitos do florescimento (CASAGRANDE, 1991; RODRIGUES, 1995). Tais resultados decorrem das condições em que foram obtidos os dados, haja visto que o processo de deterioração é gradativo e altamente correlacionado com variáveis ambientais. O florescimento pode aumentar, diminuir ou não apresentar nenhum efeito sobre a produtividade dependendo do colmo amostrado, do intervalo entre emissão e colheita (época da amostra, no caso de ensaios), além das condições climáticas do período pós-indução (HES, 1951; BARREDO, 1976; DONALDSON, 1996).

Normalmente, os efeitos do florescimento se manifestam com um período inicial de aumento da qualidade, seguido por estagnação e declínio. Canaviais colhidos no início da safra podem ser beneficiados pelo florescimento desde que o intervalo entre a iniciação floral e a colheita seja curto. Assim, cultivares de florescimento rápido devem ser colhidas ainda mais rapidamente (MOORE; OSGOOD, 1989; JULIEN;

SOOPRAMANIEN, 1976; LONG, 1976). O intervalo entre a emergência da panícula e a colheita apresenta um aumento inicial da sacarose armazenada devido a redução na formação de novos tecidos, colmos e folhas (agora apenas estruturas reprodutivas) e manutenção momentânea das taxas fotossintéticas. Mesma produção, menor gasto, maior armazenamento de sacarose (MOORE; BERDING, 2014). Além disso, o aumento do consumo hídrico pela planta promove desidratação dos colmos, com aparente aumento nos teores de açúcares. Todavia, após os benefícios iniciais, a senescência das folhas existentes promove redução da taxa fotossintética, enquanto o desenvolvimento e manutenção da panícula levam ao consumo de sacarose, a qual pode ser agravada quando da ocorrência de brotos laterais. Os efeitos adversos se acumulam a cada dia de exposição no campo, e atingem seus maiores efeitos negativos quando a colheita é realizada a partir de 4 a 5 meses após a iniciação floral (HARDY et al., 1986). A duração desse período é função das condições climáticas, primeiramente temperatura do ar e da disponibilidade hídrica (GOSNELL; JULIEN, 1976).

2.5.7 Controle do Florescimento

O controle do florescimento é um dos maiores desafios do produtor de cana-de-açúcar, fato que motivou seu estudo e aprimoramento ao longo dos anos. Embora haja muita discussão, não há dúvidas de que cultivares susceptíveis, principalmente quando colhidas do meio ao final de safra, apresentam perdas significativas quando florescidos (ALEXANDER, 1973). Embora a maneira mais segura e barata para o controle do florescimento, como de qualquer outro fator antagônico de produção, seja o uso de cultivares relutantes, tal prática também apresenta suas limitações. A seleção de cultivares relutantes é relativamente simples e feito com sucesso em muitos países, mas representa um problema, caso se deseje, no futuro, utilizar as mesmas como genitores (MOORE; BERDING, 2014; BERDING; HURNEY, 2005).

Além disso, é comum o surgimento de cultivares de alto rendimento agrícola que florescem com frequência ou quando submetidas a locais e condições climáticas mais favoráveis. Nesses casos, medidas de controle adicionais são efetivas e podem gerar retorno aos produtores. As medidas preventivas são viáveis apenas porque o início é dependente do fotoperíodo e, portanto, é limitado a um breve período de

aproximadamente 3 semanas por ano. Mesmo assim, as medidas empregadas estão limitadas a procedimentos que são fáceis de usar, baratos e não prejudiciais aos rendimentos. Vários métodos de controle do florescimento foram avaliados ao longo dos anos, desde a remoção mecânica das folhas jovens (requeridas para a produção do estímulo florífero) manejo da idade e período juvenil, época de colheita e indução de deficiência hídrica pela suspensão da irrigação (PANJE et al., 1968; BURR et al., 1957; COLEMAN, 1968; GOSNELL, 1973; SMITH, 1977).

Todavia, tais práticas apresentam muitas limitações, as quais são relacionadas a dificuldades operacionais quando realizadas em larga escala, dependentes de condições climáticas locais e alto custo. Diante disso, diversos estudos foram realizados com o objetivo de desenvolver práticas simples, baratas e ambientalmente seguras, que levassem ao controle de florescimento em grandes áreas de produção (ALEXANDER, 1973; BERDING, 1995). O controle químico realizado com herbicidas ou reguladores de crescimento foi a solução encontrada, sendo o método mais utilizado atualmente. A princípio, muitas moléculas foram avaliadas para o controle de florescimento (MOORE, 1985; SINGH; REDDY 1976), principalmente herbicidas (hidrazina maleica, monuron, diuron, gramoxone etc., aplicados em doses reduzidas (RAO; SRIVASTAVA, 1968; MOORE, 1974; SINGH; SRIVASTAVA, 1974; GOSNELL; JULIEN, 1976; OSGOOD et al., 1983).

Assim sendo, tais moléculas não são específicas para o controle de florescimento, sendo herbicidas que reduzem o florescimento via inibição de processos metabólicos ou pela simples queima e desfolha do dossel. Embora apresentassem eficiência no controle do florescimento, a mesma era muito variável e, frequentemente, eram observados efeitos antagônicos à produtividade (MOORE; OSGOOD, 1989). Como alternativa menos agressiva, foram avaliados os efeitos de reguladores de crescimento sobre o florescimento. O ethephon (ácido 2-cloroetil fosfônico), mostrou-se o mais promissor e eficiente inibidor do florescimento (ROSTRON, 1973; LI; SOLOMON, 2003). O ethephon é rapidamente metabolizado pelas plantas via hidrólise, produzindo etileno, ácido fosfórico e ácido hidrocloreídrico, em reação que não apresenta nenhuma toxicidade e é naturalmente encontrado nas plantas. O etileno produzido é difundido no tecido vegetal e promove alterações metabólicas na planta com redução temporária das taxas de crescimento (STEWART; FREEBAIRN, 1969; YAO et al., 2002).

Inúmeros estudos demonstraram grandes benefícios do uso de ethephon para controle do florescimento da cana-de-açúcar, principalmente quando aplicado entre 1 a 3 semanas antes da ocorrência de indução floral (MOORE; OSGOOD, 1986; FADAYOMI et al., 1995; SOLOMON et al., 1997). Além dos efeitos na redução ou inibição total de florescimento, também foi observado que a aplicação de ethephon resulta em atraso no desenvolvimento e abertura da panícula (EASTWOOD; DAVIS, 1997). O uso de ethephon em cultivar de alto florescimento no Brasil promoveu redução das panículas em cerca de 80% e aumento de produtividade de colmos de 5%, embora o rendimento de açúcar não tenha sido afetado, fato atribuído pelos autores ao curto intervalo de tempo entre florescimento e colheita (COLETTI et al., 1986). Todavia, não houve benefício quando a incidência de florescimento foi de 36%.

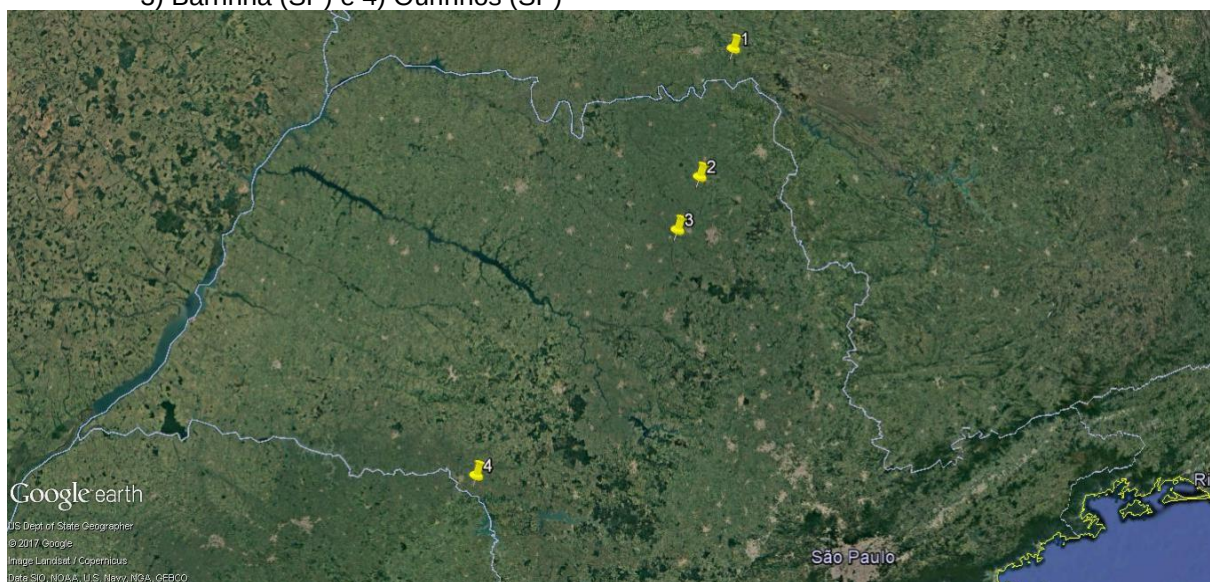
Em estudo realizado no Sudão, Hardy et al. (1986) obteve aumento na produtividade com valores superiores a 30% quando o ethephon foi aplicado em plantas ainda jovens no momento da indução e que seriam colhidas tardiamente. Em outro estudo (MOORE; OSGOOD, 1989), obteve-se redução de 87% na intensidade de florescimento com o uso de ethephon, acompanhado de aumento de 7,52% na produtividade de colmos e de 10,0% na recuperação de açúcar por hectare. Todavia, os benefícios do uso de ethephon podem variar amplamente em função da intensidade de florescimento, da cultivar, época, clima e idade na aplicação e da época de colheita. Dependendo das condições de aplicação e colheita, os efeitos do uso de ethephon podem ser reduzidos e, até mesmo, tornarem-se negativos (DONALDSON; SINGELS, 2004; HUMM, 2001; WHITBREAD, 1991).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização das áreas experimentais

Os dados empregados no presente estudo foram obtidos em ensaios realizados durante os anos de 2014 a 2016 em áreas de quatro regiões produtoras do Centro-Sul Brasileiro, localizadas nos estados de São Paulo e Minas Gerais (Figura 5), cujas características climáticas são descritas a seguir.

Figura 5 - Pontos em amarelo indicam as áreas do estudo, onde: 1) Conquista (MG); 2) Orlândia (SP); 3) Barrinha (SP) e 4) Ourinhos (SP)



Área 1: localizada em fazenda pertencente à unidade Delta (Grupo Delta Sucroenergia) no município de Conquista ($19^{\circ}49'36.76''S$; $47^{\circ}39'17.44''O$ e 820 acima do nível médio do mar). O clima da região é classificado como subtropical úmido (Aw) de acordo com a classificação de Köppen, com verão chuvoso e inverno seco. As normais climatológicas do município são: 1589,0 mm de precipitação, $28,1^{\circ}C$, $16,1^{\circ}C$ e $21,9^{\circ}C$ de temperaturas máxima, mínima e média do ar, respectivamente. O mês mais frio é julho com temperatura média de $18,5^{\circ}C$, e os meses mais quentes são janeiro e fevereiro, com temperaturas médias iguais a $23,6^{\circ}C$ e $23,4^{\circ}C$. O mês mais chuvoso é dezembro com 256,2 mm, e o mês menos chuvoso é julho com 15,3 mm (EMBRAPA, 2016).

Área 2: localizada em fazenda pertencente à unidade Vale do Rosário (Grupo Biosev) no município de Orlândia (20°49'2.65"S; 47°56'12.52"O e 609 acima do nível médio do mar). O clima da região também é classificado como Aw, de acordo com a classificação de Köppen. As normais climatológicas do município são: 1582,0 mm de precipitação, 28,6 °C, 15,4 °C e 22,0 °C de temperaturas máxima, mínima e média do ar. O mês mais frio é junho com temperatura média de 18,8 °C, e os meses mais quentes são janeiro e fevereiro, com temperaturas médias iguais a 23,9 e 24,0 °C, respectivamente. O mês mais chuvoso é janeiro com 288,7 mm, enquanto o menos chuvoso é agosto com 19,9 mm (CEPAGRI, 2017).

Área 3: localizada em fazenda pertencente à unidade São Martinho (Grupo São Martinho) no município de Barrinha (21°13'14"S; 48° 7'13"O e 558 acima do nível médio do mar). O clima da região também foi classificado como Aw, de acordo com a classificação de Köppen. As normais climatológicas do município, com valores médios anuais do período de 1971 a 2000, são: 1443,8 mm de precipitação, 29,8 °C, 16,4 °C e 23,1 °C de temperaturas máxima, mínima e média do ar. O mês mais frio é julho com temperatura média de 19,6 °C, e os meses mais quentes são janeiro e fevereiro, com temperaturas médias iguais a 25,3 °C. O mês mais chuvoso é dezembro com 263,1 mm, e o mês menos chuvoso é agosto com 23,2 mm (CEPAGRI, 2017).

Área 4: localizada em fazenda pertencente à unidade São Luiz de Ourinhos (Grupo Quagliatto) no município de Ourinhos-SP (23°2'30"S; 49°46'36"O e 468 m acima do nível médio do mar). O clima da região é classificado como subtropical chuvoso de verão quente (Cfa) de acordo com a classificação de Köppen. As normais climatológicas do município são: 1356,8 mm de precipitação, 28,5 °C, 15,6 °C e 22,1 °C de temperaturas máxima, mínima e média do ar. O mês mais frio é junho com temperatura média de 18,3 °C, e os meses mais quentes são janeiro e fevereiro, com temperaturas médias iguais a 24,9 e 25,1 °C, respectivamente. O mês mais chuvoso é janeiro com 198,3 mm, e o mês menos chuvoso é agosto com 41,2 mm (CEPAGRI, 2017).

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos e datas de aplicação de ethephon durante os anos de 2015 e 2016

2015										
Local	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Conquista		28/1	7/2	17/2	27/2	9/3	19/3	28/3	20/4	20/5
Orlândia	s/a	28/1	7/2	17/2	27/2	9/3	19/3	28/3	20/4	20/5
Barrinha		27/1	6/2	16/2	26/2	10/3	18/3	27/3	19/4	19/5
Ourinhos		29/1	9/2	18/2	28/2	11/3	20/3	30/3	21/4	21/5
2016										
Local	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Conquista		29/1	8/2	18/2	29/2	9/3	18/3	29/3	20/4	19/5
Orlândia	s/a	29/1	8/2	18/2	29/2	9/3	18/3	29/3	20/4	19/5
Barrinha		28/1	7/2	17/2	28/2	8/3	17/3	28/3	19/4	18/5
Ourinhos		30/1	9/2	19/2	1/3	10/3	19/3	30/3	21/4	20/5

3.3 Plantio e tratos culturais

Os plantios dos ensaios foram realizados de acordo com práticas agrícolas comumente adotadas no setor (Figura 7). O preparo do solo consistiu na destruição da soqueira anterior, correção do solo quando necessária (calcário e gesso) seguida de operações de gradagem e subsolagem. O plantio foi realizado de maneira semi-mecanizada, em espaçamento de 1,5 metros e adubação de base equivalente à 500 kg ha⁻¹ da fórmula 05-25-25. No momento da “cobrição” foram realizadas aplicações de inseticida (200 g ha⁻¹ de Fipronil). Após a realização do plantio foram aplicados herbicidas antes da brotação da cultura, seguindo a recomendação de cada unidade participante. O trato soca foi realizado de acordo com as particularidades e recomendações técnicas de cada unidade.

Tabela 2 - Datas de plantio dos ensaios e da colheita mecanizada em 2015 e 2016

Local	Plantio	Colheita/15	Colheita/16
Conquista	28/04/2014	16/10/2015	13/10/2016
Orlândia	22/04/2014	19/10/2015	28/10/2016
Barrinha	15/04/2014	20/10/2015	27/10/2016
Ourinhos	26/03/2014	05/10/2015	10/10/2016

As aplicações de ethephon foram realizadas com equipamento costal pressurizado (CO₂), com barra (T) de 3 m de comprimento, com seis bicos AXI 11002 amarelo plástico. A pressão de trabalho foi de 50 PSI com vazão de 100 l ha⁻¹. Toda a água utilizada nos ensaios foi obtida em uma única fonte e houve monitoramento constante para que o pH da calda permanecesse próximo à 3,5.

Figura 7 - Sequência de operações realizadas durante o plantio dos ensaios em 2014



3.4 Avaliações experimentais

A partir do final de março de 2015 e 2016 foram iniciadas avaliações periódicas dos ensaios, as quais se seguiram até o momento da colheita. Como visto, cada parcela do ensaio era composta por 8 linhas de 20 metros. As 4 linhas centrais foram reservadas para a colheita e amostragens finais do ensaio. As linhas laterais, consideradas bordaduras, foram destinadas às amostragens periódicas, fossem elas quinzenais ou mensais. A seguir são descritas as avaliações realizadas, método e periodicidade empregados.

a. Desenvolvimento da panícula: o desenvolvimento das panículas foi avaliado a cada 15 dias com a retirada de 10 colmos por parcela experimental, ou seja, com 4 repetições por tratamento. Foram utilizados apenas as regiões superiores do colmo (palmito) nas quais foram realizados cortes longitudinais e verificadas as alterações morfológicas do meristema apical. O estágio de desenvolvimento da panícula foi classificado a partir de adaptação das propostas de Moore (1971) e Moore e Berding (2013) em seis fases: (E1) Indução; (E2) Iniciação; (E3) Desenvolvimento, (E4) emergência; (E5) Abertura; (E6) Senescência.

b. Intensidade de Florescimento (I.F.): após o início da emissão das panículas, os dados obtidos no item anterior passaram a ser utilizados para a determinação da I.F. (%). Tal índice foi determinado pela razão entre os colmos florescidos e o número total de colmos amostrados, expressos em %. Considerou-se a intensidade de florescimento como máxima após a estabilização das notas obtidas nas avaliações periódicas. O critério de estabilização foi a ocorrência de notas iguais em 3 avaliações consecutivas. O número de dias para florescimento máximo (NDFMax) foi, então, determinado pela diferença de dias entre as datas da primeira avaliação de nota máxima e a do término do período indutivo.

c. Intensidade e grau de isoporização: os colmos coletados nas avaliações do desenvolvimento de florescimento foram utilizados para a determinação da variáveis

relacionadas à isoporização. A intensidade de isoporização (I.ISO%) foi determinada, então, pela razão entre o número de entrenós isoporizados pelo número total de entrenós de cada colmo, expressa em %. O grau de isoporização foi determinado através de cortes transversais do colmo e a classificação do diâmetro de isoporização: 1) I.ISO1: isoporização de diâmetro menor que 25 % da área total do colmo; 2) I.ISO2: diâmetro entre 25 e 50 %; 3) diâmetro de isoporização superior a 50 %. Os valores obtidos foram divididos pelo número total de entrenós isoporização e expressos em %.

d. Análises tecnológicas: realizadas a partir de amostragens (mensais) de 10 colmos sequenciais por parcela, em um total de 4 amostras por tratamento. Os colmos amostrados foram cortados na base e tiveram sua palha e folhas verdes (ponteiro) retiradas. O material coletado foi encaminhado para a unidade industrial de cada parceiro do projeto, para processamento e determinação dos parâmetros descritos a seguir, segundo as normas do CONSECANA-SP (2011):

1) Peso do bagaço (bolo) úmido (PBU): O peso do bagaço (bolo) úmido utilizado para o cálculo da fibra da cana (F) foi obtido em balança semi-analítica.

2) Brix do caldo (BJ): A determinação do Brix (teor de sólidos solúveis por cento, em peso, de caldo) foi realizada em refratômetro digital, de leitura automática, com correção automática de temperatura, com saída para impressora e/ou registro magnético e resolução máxima de 0,1°Brix (um décimo de grau Brix), com o valor final expresso à 20 °C.

3) Leitura sacarimétrica do caldo (LS_{AI}): determinada em sacarímetro digital, automático, com peso normal igual a 26 g, resolução de 0,01 °Z e calibrado a 20 °C, em comprimento de onda de 587 e 589,4 nm, provido de tubo polarimétrico de fluxo contínuo e com saída para impressora e/ou registro magnético de dados, após clarificação do caldo com mistura clarificante à base de alumínio.

As informações obtidas de cada parcela foram padronizadas e as variáveis delas resultantes calculadas em planilha única, conforme as normas do

CONSECANA-SP (2011) e descrição de Fernandes (2011). Com isso, buscou-se reduzir qualquer tipo de variação nos resultados que não fossem oriundos das condições experimentais. A seguir são descritas as fórmulas de cálculo das variáveis relacionadas à qualidade de matéria-prima.

1) Pol do caldo (PJ): porcentagem aparente de sacarose contida no caldo foi calculada pela equação seguinte:

$$PJ = LS_{Pb} \times (0,2605 - 0,0009882 \times BJ) \quad (1)$$

em que: LS_{Pb} corresponde à leitura sacarimétrica (LS_{Al}) equivalente à de sub-acetato de chumbo; BJ é o Brix do caldo. A LS_{Pb} é obtida pela seguinte equação:

$$LS_{Pb} = (1,00621 \times LS_{Al} + 0,0511) \quad (2)$$

sendo LS_{Al} a leitura sacarimétrica obtida com a mistura clarificante à base de alumínio.

2) Pureza aparente do caldo (QJ): definida como a porcentagem de Pol do caldo (PJ) em relação ao Brix do caldo (BJ), foi calculada pela equação:

$$QJ = 100 \times \left(\frac{PJ}{BJ} \right) \quad (3)$$

3) Açúcares redutores do caldo (ARJ): o teor de açúcares redutores por cento (em peso) de caldo foi calculado pela equação:

$$ARJ = 3,641 - 0,0343 \times QJ \quad (4)$$

em que QJ é a pureza aparente do caldo, expressa em porcentagem.

4) Fibra % cana (FC): refere-se ao teor de fibra da cana, sendo calculada pela equação:

$$FC = 0,08 \times PBU + 0,876 \quad (5)$$

em que PBU é o peso do bagaço úmido da prensa, em gramas.

5) Brix cana (BC): refere-se à quantidade total de sólidos solúveis contidos na cana, calculada pela seguinte equação:

$$BC = BJ \times (1 - 0,01 \times FC) \quad (6)$$

em que: BJ é o Brix do caldo e FC é a fibra da cana.

6) Pol cana (PC): a porcentagem aparente de sacarose contida na cana foi calculada pela equação:

$$PC = PJ \times (1 - 0,01 \times FC) \times (1,0313 - 0,00575 \times FC) \quad (7)$$

em que: PJ é a Pol do caldo e FC é a fibra da cana.

7) Açúcares redutores da cana (ARC): refere-se ao teor de açúcares redutores por cento de cana, sendo calculado pela equação:

$$ARC = ARJ \times (1 - 0,01 \times FC) \times (1,0313 - 0,00575 \times FC) \quad (8)$$

em que: ARJ corresponde aos açúcares redutores do caldo e FC à fibra da cana.

8) Açúcares redutores totais (ART): refere-se ao total de açúcares existentes na cana sob uma única forma, no caso, como açúcares reduzidos. Sua estimativa é feita com base nos açúcares redutores da cana (ARC) e na Pol da cana (PC):

$$ART = \frac{PC}{0,95} + ARC \quad (9)$$

9) Umidade % cana (UC): refere-se à quantidade de água contida na cana, sendo obtida de maneira indireta pela seguinte equação:

$$UC = (100 - FC - BC) \quad (10)$$

em que: FC é a fibra da cana; e BC é o valor de Brix cana.

10) Açúcares totais recuperáveis (ATR): representam a quantidade de açúcares redutores totais (ART) que foram recuperados no processo industrial após as perdas LBTI (9,5%):

$$ATR = 9,6316 \times PC \times 9,15 \times ARC \quad (11)$$

em que: PC é a Pol da cana e ARC os açúcares redutores da cana.

e. Produtividade de colmos: aqui expressa em toneladas de colmos por hectare (TCH), foi determinada a partir da colheita mecanizada e pesagem simultânea das 4 linhas centrais de cada parcela, as quais não foram utilizadas para nenhuma amostra durante o ensaio. Para a determinação da massa de colmos utilizou-se o caminhão transbordo instrumentado do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), marca Volkswagen, modelo Worker 1518. O caminhão utilizado possui células de carga nos 4 quadrantes da carroçaria transbordo, os quais determinam, mesmo em movimento, a resultante das forças que representam o peso da carga (Figura 8).

Figura 8 - Caminhão transbordo instrumentado do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), utilizado para determinação da massa de colmos, Ourinhos, 2016



Fonte: Cardozo, N.P. (2016)

f. Produtividade agroindustrial ($t \text{ ATR} \cdot \text{ha}^{-1}$): a produtividade agroindustrial, aqui expressa na forma de toneladas de açúcares totais recuperáveis por hectare ($t \text{ ATR} \text{ ha}^{-1}$) foi obtida pelo produto entre TCH e ATR. Trata-se de um parâmetro de uso restrito aos produtores de cana-de-açúcar que são pagos pelo sistema CONSECANA-SP (2011), o qual considera a qualidade da matéria-prima recuperada pelo processo industrial (ATR).

g. Produtos gerados e margem de contribuição: a análise da produtividade e qualidade da matéria-prima, mesmo que conjuntamente, não é suficiente para a decisão de qual o tratamento de melhor retorno financeiro. Afinal, os custos de produção devem ser ponderados, principalmente da colheita, transbordo e transporte (CTT). Diante disso, procedeu a determinação dos produtos (açúcar e álcool) e da margem de contribuição obtidos a partir de cada tratamento, conforme proposto por Fernandes (2011):

1) Rendimento Teórico de Açúcar (RTS): refere-se à quantidade teórica de açúcar obtido a partir de 1 tonelada de cana em uma unidade com determinado mix de produção (açúcar/álcool).

$$RTS = 10 \times PC \times \frac{Mix}{100} \times \frac{E_{LBTI}}{100} \times \frac{SJM}{100} \quad 12$$

em que: PC é a Pol da cana; Mix é porcentagem da Pol destinada à fabricação de açúcar (50%); E_{LBTI} é a eficiência geral do processo industrial (considerando os processos de lavagem da cana (L); extração da sacarose (B); tratamento do caldo (T) e perdas indeterminadas (I) de Pol) igual a 92,7%; SJM é a recuperação da seção de cozimento (%) e indica a porcentagem da sacarose que pode ser cristalizada em função da pureza do material e da pureza do mel final:

$$SJM = 100 \times \frac{100 \times (QX - Q_{RMF})}{QX \times (100 - Q_{RMF})} \quad 13$$

onde: Qx é a pureza do xarope (a qual quando desconhecida, pode ser substituída pela pureza do caldo (FERNANDES, 2011); Q_{RMF} é a pureza real do mel final (56,88%).

2) Rendimento Teórico de Etanol (RTE): refere-se à quantidade teórica de etanol obtido a partir de 1 tonelada de cana em uma unidade com determinado mix de produção (açúcar/álcool).

$$RTE = \left(10 \times ART \times \frac{E_{LBTI}}{100} - \frac{RTS}{0,95} \right) \times 0,6480 \times \frac{EGD}{100} \quad 14$$

em que: ART são os açúcares redutores totais; EGD é a eficiência geral da destilaria (89,6%).

3) Margem de contribuição agrícola (MCA) representa a diferença entre a receita com matéria-prima entregue na indústria e os custos variáveis no corte, transbordo e transporte (CTT), tratos culturais da soqueira e arrendamento. Como os custos de soqueira e arrendamento são constantes, pode-se simplificar a equação em :

$$MCA = TCH \times (VTC - GCTT) \quad 15$$

em que: TCH é a produtividade da cana (toneladas de colmo por hectare); VTC é o preço da tonelada de cana (R\$ 91,05) obtido segundo sistema de remuneração CONSECANA-SP (2011), com ATR médio igual a 133,2 kg ATR.t⁻¹ e preço igual a R\$ 0,6839 por kg ATR, ambos obtidos durante a safra 2016/17 (UDOP, 2017); GCTT é o custo do corte, transbordo e transporte, aqui considerado como R\$ 27,00 por tonelada (raio médio igual a 25 km) (FRANÇOSO et al., 2017).

4) Margem de contribuição agroindustrial (MCAI): representa a diferença entre a receita esperada com os produtos (açúcar e álcool) e os gastos variáveis na área agrícola e industrial, sendo, portanto, aplicável para usinas que produzem e processam sua própria matéria-prima.

$$\text{MCAI} = \text{TCH} \times (\text{RTS} \times P_s + \text{RTE} \times P_e - \text{GCTT} - G_{\text{ind}}) \quad 16$$

em que: P_s é o preço do açúcar (R\$ 1,74 kg⁻¹); P_e o preço do etanol (R\$ 1,86 l⁻¹) (CEPEA, 2017); G_{ind} são os gastos variáveis com a industrialização da cana-de-açúcar para produção de açúcar e etanol (R\$ 25,0 t⁻¹).

5) Margem de contribuição industrial (MCI): representa a diferença entre a receita esperada com os produtos (açúcar e álcool) e os gastos na área industrial, inclusive com o custo da matéria-prima, no caso comprada de um terceiro (produtor / fornecedor de cana) e não mais produzida pela usina.

$$\text{MCI} = \text{MCAI} - \text{MCA} \quad 17$$

3.5 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos utilizados nesse estudo, foram obtidos em estações localizadas nas unidades produtoras. Foram utilizados dados horários e diários, relativos aos anos de 2015 e 2016, das seguintes variáveis: temperatura do ar (máxima, média e mínima); radiação solar global; saldo de radiação; insolação; umidade relativa do ar (máxima, média e mínima), velocidade do vento e precipitação. A partir dessas informações foram determinadas, variáveis como: número de horas com temperatura do ar abaixo de 18°C, número de horas com temperatura do ar acima de 32°C, amplitude térmica, temperatura noturna, déficit de pressão de vapor (DPV), déficit, excedente e armazenamento hídrico. Os dados de armazenamento, déficit e excedente hídrico foram obtidos a partir do balanço hídrico sequencial, calculado pelo método de Thornthwaite e Mather (1955). A estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀, mm dia⁻¹) foi obtida a partir da equação de Penman-Monteith parametrizada pela FAO-56 (ALLEN et al., 1998). O balanço hídrico foi calculado em escala diária a partir do dia 1º de janeiro de 2014 até o dia 31 de dezembro de 2016.

O cálculo do balanço hídrico, em período anterior à realização de aplicações e amostragens, teve por objetivo promover estabilização dos dados de armazenamento e do negativo acumulado para melhorar a qualidade das estimativas de déficit e excedente hídrico no período desejado. Foram considerados valores de capacidade de água disponível (CAD) variáveis em função do tipo de solo de cada local avaliado (Tabela 3).

Tabela 3 - Locais de avaliação e seus respectivos solos mais representativos, ambientes de produção de cana-de-açúcar e capacidade de água disponível (CAD, mm)

Região	Classificação do Solo	CAD (mm)
Conquista	Latossolo Vermelho Distroférrico de textura argilosa	80
Orlândia	Latossolo Vermelho Ácrico de textura média	60
Barrinha	Latossolo Vermelho Distroférrico de textura argilosa	80
Ourinhos	Latossolo Vermelho Eutroférrico de textura muito argilosa	100

Fonte: EMBRAPA (2006); PRADO (2013)

Os dados meteorológicos, sejam oriundos de medida direta ou calculados, foram consolidados em 3 condições. A primeira diz respeito às condições climáticas vigentes durante o período indutivo de cada região. Nesse caso, foram determinadas as seguintes variáveis: temperaturas máxima, mínima e média do ar médias, número de dias com temperatura acima de 32°C (#DT<32); número de dias com temperatura abaixo de 18°C (#DT>18), número de dias com temperatura entre 18 e 32°C #DT32-18), amplitude térmica (AT), número de dias com amplitude térmica abaixo de 14°C (#DAT<14), precipitação total (PP), número de dias com chuva (#DPP), insolação média (n), número de dias com insolação menor que 4 horas (#Dn<4), radiação solar global (Rg) média, saldo de radiação (Rn) médio, umidade relativa do ar (UR%) média, armazenamento hídrico médio (Arm), déficit (Def) e excedente (Exc) hídricos acumulados. A segunda diz respeito às condições climáticas vigentes durante a safra (considerado como 1º de abril em ambos os anos até o momento da colheita) e incluem precipitação total (PP), temperatura do ar (máxima, média e mínima); armazenamento hídrico médio (Arm), déficit (Def) e excedente (Exc) hídricos acumulados. A terceira diz respeito às condições climáticas observadas antes e após cada aplicação de ethephon. Nesse caso, as datas de aplicação foram consideradas

como o ponto de partida para a determinação de somatórios e valores médios das variáveis descritas nos itens anteriores.

3.6 Análise estatística

A análise estatística dos dados envolveu avaliação preliminar dos dados, sua consolidação em médias e exclusão de *outliers*. Para isso foram realizados os testes das pressuposições gerais da análise de variância. A normalidade dos resíduos foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk ao nível de 5% de probabilidade e a condição de homocedasticidade (homogeneidade entre as variâncias) foi checada pelo teste de Brown–Forsythe ao nível de 5% de probabilidade. Com isso, buscou-se compreender melhor a importância de cada variável ao objetivo do estudo e selecionar aqueles que realmente se mostraram promissoras, principalmente as relacionadas às condições climáticas.

1) Testes de Médias. Para simplificar a análise, as cultivares e locais foram analisadas de forma separada, de forma a isolar os efeitos da aplicação de ethephon em várias épocas no florescimento, produtividade e demais variáveis envolvidas. Os dados obtidos em cada tratamento foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste t (LSD) a 5% de significância.

2) Correlações lineares. Foram construídas matrizes de correlação linear de Pearson entre as variáveis relacionadas ao florescimento, produtividade e relacionadas ao clima de forma a estudar a relação existente entre as mesmas (teste T a 5%).

3) Análise exploratória multivariada. Para estudar a estrutura multivariada contida nos dados analisados foram aplicados três métodos estatísticos multivariados: 1) análise de agrupamentos hierárquica (SNEATH; SOKAL, 1973), realizada calculando-se a distância euclidiana e utilizando o algoritmo de Ward para a obtenção dos agrupamentos similares apresentados em forma gráfica (dendrograma); 2) análise de agrupamentos não-hierárquica k-means (HAIR, 2005) que pertence à classe dos métodos de agrupamentos não-hierárquicos e não supervisionados. Este método minimiza a variância dos acessos dentro de cada grupo e permite identificar quais as variáveis que mais contribuíram para o agrupamento obtido; 3) análise de componentes principais. a qual condensa a informação relevante, contida em p

variáveis em um conjunto menor de variáveis latentes ortogonais que são denominados componentes principais (autovetores), gerados por combinações lineares das variáveis originais a partir dos autovalores da matriz de covariância. Cada par de componentes principais (CP's) gera uma representação bidimensional do espaço amostral original denominado "biplot" na qual é possível explicar a estrutura de variáveis direcionando feixes de variáveis nas regiões de máxima variabilidade. Foram considerados os primeiros componentes principais cujos autovalores foram superiores a unidade (KAISER, 1958). Os coeficientes das funções lineares, que definem os CP's, foram utilizados na interpretação de seu significado, usando o sinal e o tamanho relativo dos coeficientes como uma indicação do peso a ser atribuído para cada variável. Somente coeficientes com altos valores foram considerados para a interpretação, usualmente aqueles maiores ou iguais a [0,50].

As análises foram processadas aos valores padronizados das variáveis estudadas, resultando em média nula e variância unitária (HARTINGAN, 1975). A não-padronização poderia levar a inconsistências nas soluções das duas técnicas, já que a maioria das medidas de distância é bastante sensível a diferentes escalas ou magnitudes das variáveis. Todas as análises estatísticas foram processadas no software STATISTICA versão 9.0 (STATSOFT, 2010).

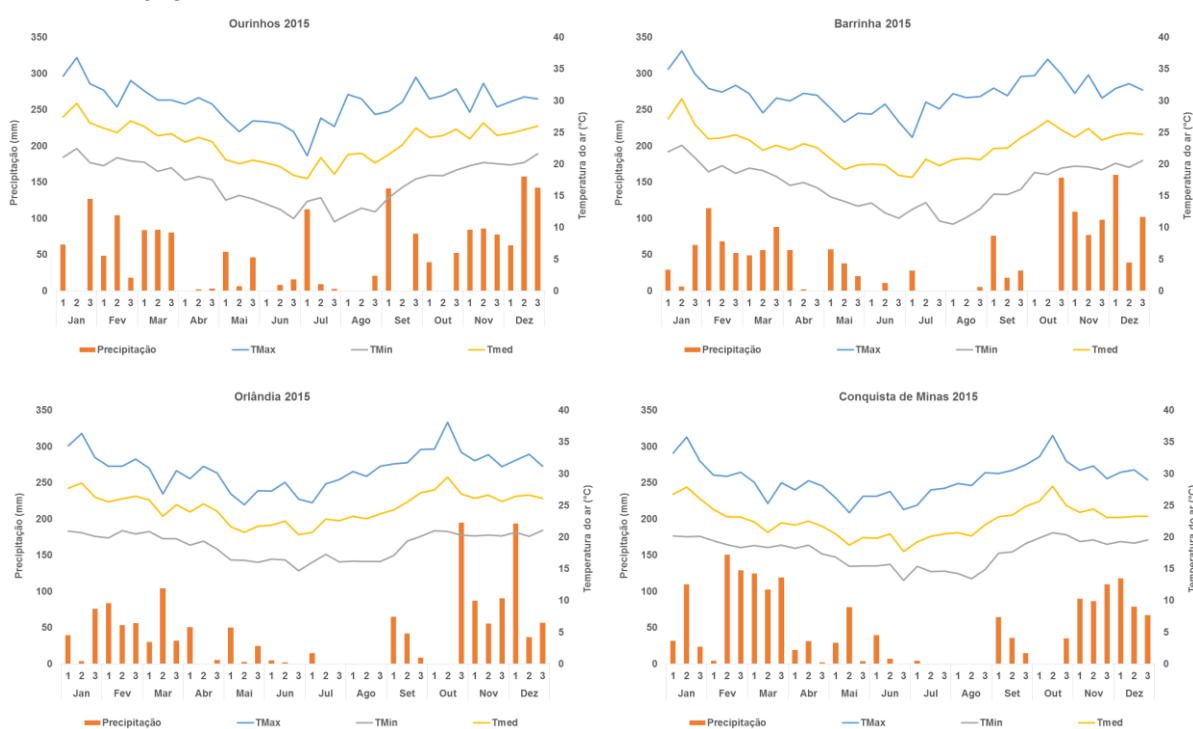
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições climáticas: anos e locais

A Figura 9 contém o regime térmico (temperatura do ar máxima, mínima e média) a distribuição da precipitação em escala decendial das regiões onde foi realizado o estudo durante o ano de 2015. Esse ano foi caracterizado por precipitação bem distribuída e acima da média histórica, com valores totais iguais a 1810,4, 1707,8, 1605,0 e 1462,9 mm, para as regiões de Ourinhos, Conquista, Barrinha e Orlândia, respectivamente.

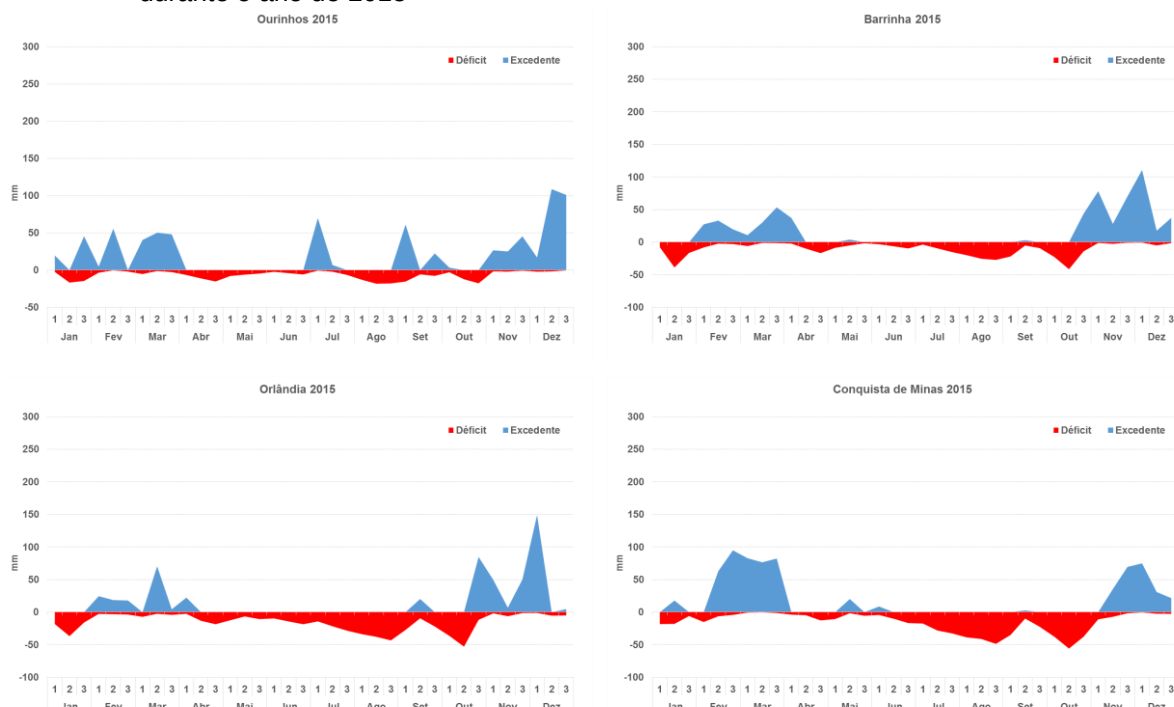
O mês de janeiro apresentou padrão atípico, com precipitação abaixo do esperado, a qual foi compensada com o aumento do volume de chuva nos meses seguintes, principalmente no outono e inverno, tradicionalmente mais secos. Quanto ao regime térmico, as médias anuais foram ligeiramente acima das normais de cada região, com ocorrência de picos de temperatura máxima e ausência de períodos de frio intenso e prolongado (geadas).

Figura 9 - Regime térmico (temperaturas máximas, mínimas e médias mensais, °C) e distribuição de chuvas (mm) nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista durante o ano de 2015



O balanço hídrico sequencial de 2015 é apresentado na Figura 10 e permite integrar os efeitos da distribuição da precipitação, da demanda evapotranspirativa e da capacidade do solo em armazenar água. Nesse caso, diferenças significativas podem ser observadas entre as regiões. Ourinhos, região com o maior e mais bem distribuído volume de precipitação, além de solos com alta capacidade de armazenamento de água, apresentou menor déficit hídrico (-242 mm) acumulado durante o ano de 2015. Enquanto isso, as regiões de Barrinha, Orlândia e Conquista apresentaram déficit acumulado igual a -375, -425 e -445 mm, respectivamente.

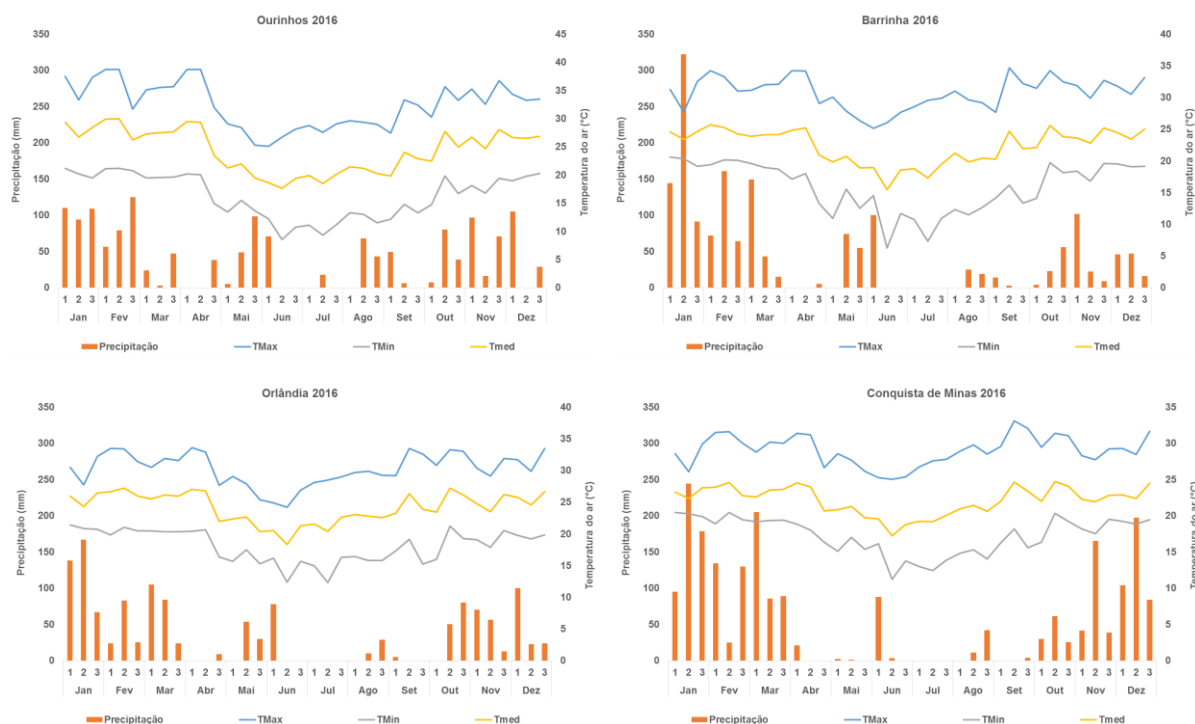
Figura 10 - Balanço hídrico climatológico das regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista durante o ano de 2015



Enquanto isso, 2016 foi marcado por maior variabilidade climática não apenas entre as regiões produtoras, mas também entre os meses do ano. Os primeiros meses do ano foram caracterizados por valores extremamente altos de precipitação, algo comum a todas as regiões (Figura 11). Se em 2015, a precipitação do período de janeiro a março foi responsável por, em termos médios 36% (47%, 34%, 33% e 33%, para Conquista, Ourinhos, Barrinha e Orlândia, respectivamente) do volume total ocorrido, em 2016 esse valor alcançou 54% (63%, 56%, 53% e 42% para Barrinha, Conquista, Orlândia e Ourinhos, respectivamente).

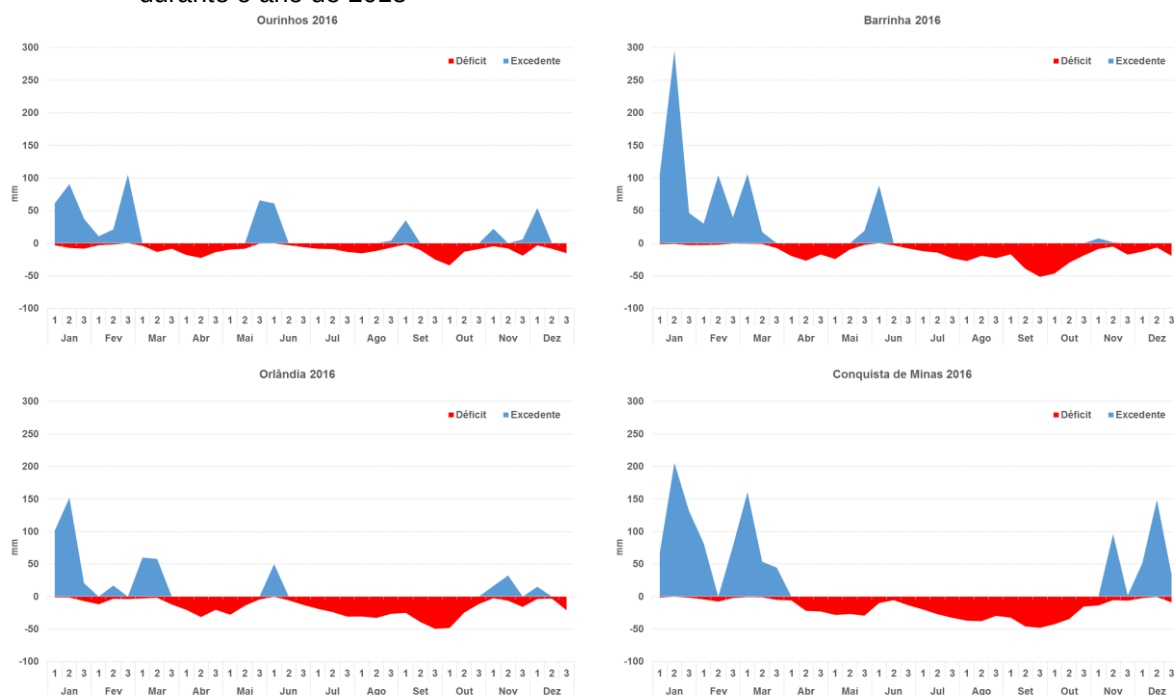
Todavia, o período seguinte foi caracterizado por alta variabilidade entre os meses e as regiões produtoras, com ocorrência pontuais e concentradas de precipitação. Os valores anuais de precipitação alcançaram valores iguais a 2017, 2, 1681,0, 1536,0 e 1349,3 mm, para as regiões de Conquista, Barrinha, Ourinhos e Orlandia, respectivamente. O regime térmico também apresentou alta variação, com médias anuais ligeiramente inferiores a 2015 e, principalmente, ocorrência de quedas abruptas da temperatura do ar nos meses de junho e julho, principalmente nas regiões de Ourinhos e Barrinha.

Figura 11 - Regime térmico (temperaturas máximas, mínimas e médias mensais, °C) e distribuição de chuvas (mm) nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlandia e Conquista durante o ano de 2016



Apesar do volume significativo de chuvas em algumas das regiões produtoras, seu caráter concentrado em poucos dias e meses levou a ocorrência de maiores valores de déficit hídrico, iguais a -630, -598, -525 e -350 mm para Conquista, Orlandia, Barrinha e Ourinhos, respectivamente (Figura 12). Com isso, apesar de 2016 apresentar precipitação significativa, superior (em alguns casos) à média história e, até mesmo, a 2015, sua maior concentração resultou em perda de água (grandes excedentes) e maior exposição da cultura a condições de restrição hídrica quando comparado ao ano anterior.

Figura 12 - Balanço hídrico climatológico das regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista durante o ano de 2015



4.2 Florescimento e sua inibição

4.2.1 Potencial de florescimento anual

Por sua importância para a ocorrência de florescimento, as condições climáticas do período indutivo dos anos de 2015 e 2016 são apresentadas em escala diária na Figura 13. O período indutivo de 2015 foi caracterizado por um regime térmico de baixa variabilidade, com amplitude térmica média igual a 10,1 °C (8,9; 9,2; 10,8 e 11,3 °C, para as regiões de Orlândia, Conquista, Barrinha e Ourinhos, respectivamente). O número de dias com temperaturas máximas e mínimas entre 32 °C e 18 °C (limiar para florescimento) foi elevado, com valores iguais a 22, 20, 19 e 17 dias, para Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos, respectivamente). Em termos de precipitação, os valores observados foram 362,2; 206,1; 194,3 e 176,5 mm, para Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos, respectivamente).

Figura 13 - Regime térmico e precipitação (escala diária) nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista durante o período indutivo (P.I.) dos anos de 2015 (à esquerda) e 2016 (à direita). Onde: linha vermelha representa limiar máximo à ocorrência de florescimento (32 °C), enquanto a linha azul claro representa limiar mínimo (18 °C)

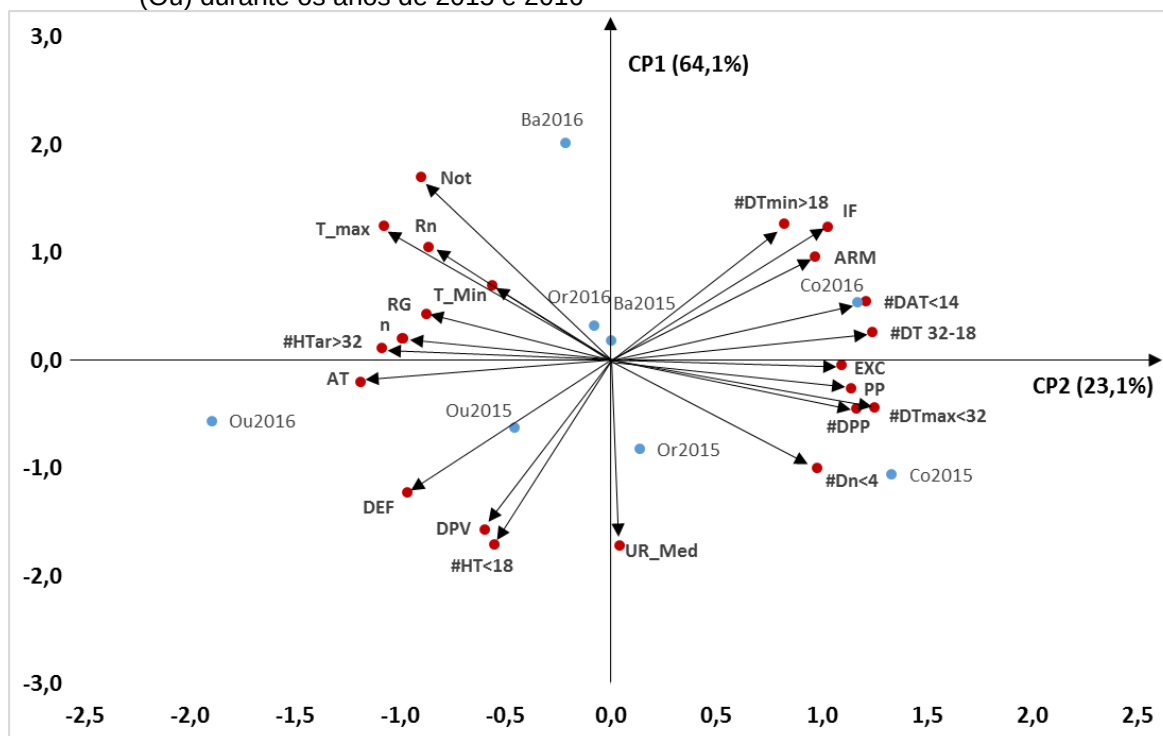


Enquanto isso, durante o período indutivo de 2016, as condições climáticas apresentaram maior oscilação, com valores de amplitude térmica maiores, com média de 11,6 °C (10,3; 10,9; 12,2 e 13,3 °C, para as regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos, respectivamente). Nesse caso, o período com temperaturas máximas e mínimas entre 32 °C e 18 °C foi igual a 26, 17, 16 e 10 dias para Conquista,

Barrinha, Orlândia, e Ourinhos respectivamente. Em termos de precipitação, os valores observados foram 402,7; 215,2; 201,5 e 126,5 mm, para Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos, respectivamente.

Como ressaltado por diversos autores (GOSNELL, 1973; COLEMAN 1963b; MOORE; BERDING, 2001), as condições climáticas (temperatura do ar, precipitação, radiação solar etc.) vigentes no período indutivo foram as principais causas da variação entre anos e regiões na intensidade de florescimento (I.F.%). Na Figura 14 é apresentada a representação gráfica (biplot) dos componentes principais obtidas a partir de variáveis climáticas do período e do I.F.% médios das cultivares observados em cada região durante os anos de 2015 e 2016. Foram considerados apenas os dois primeiros componentes principais, pois apresentaram autovalores superiores a 1 (KAISER, 1958) e, assim, responderam pela maior parte da variância encontrada. Desta forma, foi possível estudar somente as informações de variabilidade relevantes, simplificando a análise em um número inferior de variáveis, sem ocorrer perda de informação (CARDOZO, et al., 2014; ANDRADE et al., 2007).

Figura 14 - Dispersão (gráfico biplot) das variáveis meteorológicas e de intensidade de florescimento médio ocorrido nas regiões de Conquista (CO), Orlândia (Or), Barrinha (Ba) e Ourinhos (Ou) durante os anos de 2015 e 2016



A quantidade da informação total das variáveis originais, retida pelos dois componentes principais, foi de 87,20 % [64,1 % (primeiro componente principal) + 23,1 % (segundo componente principal)]. A intercorrelação entre as variáveis climáticas e a intensidade de florescimento é demonstrada pelos ângulos entre as setas e a importância destas variáveis pelo comprimento das setas. O grau com que a variável se correlaciona com o eixo é determinado pelo ângulo formado entre determinada seta e o eixo de ordenadas (MELÉM et al., 2008; LYRA et al., 2010).

Na Tabela 4 são apresentadas as correlações entre cada variável utilizada e os componentes principais gerados. As variáveis localizadas à direita de CP1 (correlação positiva), estão diretamente relacionadas à maiores valores de I.F.(%), enquanto aquelas que se encontram à esquerda (correlação negativa) estão relacionadas à seus menores valores. O papel da ocorrência de temperatura do ar dentro dos limites citados na literatura, entre 18 e 32°C (#DT32-18), foi fundamental para o florescimento, fato reafirmado pela proximidade em relação à I.F.%. As citadas variáveis apresentaram participação significativa na composição de CP1, com 0,7824 e 0,9423 para I.F.% e #DT32-18, respectivamente.

Quando analisadas separadamente as ocorrências de temperaturas do ar acima de 18 °C (#DTmin>18) e abaixo de 32 °C (#DTmax<32), percebe-se maior proximidade de #DTmin>18 em relação a I.F%. Nesse sentido, as duas variáveis apresentaram correlações superiores à 0,5 (e de mesmo sentido) nos dois componentes principais gerados, de tal forma que é possível sugerir que de #DTmin>18 tenha maior influência na determinação do florescimento do que #DTmax<32. O maior peso da temperatura mínima na limitação do florescimento também é sugerido, mesmo que não diretamente, no trabalho de Pereira et al. (1983). O índice L, por eles proposto, apresenta peso 3 vezes maior aos valores de dias com temperatura acima de 18°C, quando comparado aos de dias com temperatura inferior a 31 °C (valor obtido pela razão entre os coeficientes que multiplicam cada variável na equação). Todavia, a participação de #DTmax<32 em relação à CP1, componente de maior variabilidade, foi a maior observada entre todas as variáveis, igual a 0,9463. Dessa forma, apesar da importância de #DTmin>18 na determinação da intensidade de florescimento, a capacidade de discriminação de condições indutivas gerada por #DTmax<32 foi maior. Pode-se dizer, então, que #DTmax<32 apresentou maior probabilidade de atingir valores além do limite exigido, ou melhor, foi a primeira a

romper as condições ideais ao florescimento nas condições ambientais verificadas nos locais do estudo.

Tabela 4 - Correlação entre cada componente principal e variáveis de meteorológicas e à intensidade de florescimento médio ocorrido nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos durante os anos de 2015 e 2016

Variável	CP1	CP2
I.F%	0,782483	-0,510689
T_max	-0,799362	-0,528637
T_Min	-0,424222	-0,298052
AT	-0,890483	0,080410
Not	-0,662485	-0,716699
#DTmax<32	0,946310	0,197041
#DTmin>18	0,614366	-0,531506
#DAT<14	0,914241	-0,222678
#DT 32-18	0,942319	-0,100264
#DPP	0,879407	0,197260
PP	0,865692	0,123287
ARM	0,745636	-0,391807
DEF	-0,744375	0,506364
EXC	0,839406	0,032960
N	-0,707820	-0,071121
RG	-0,660069	-0,185373
#Dn<4	0,710642	0,416019
Rn	-0,654642	-0,450432
UR%	0,045916	0,733723
DPV	-0,435963	0,668335
#HT<18	-0,422032	0,719335
#HTar>32	-0,816310	-0,054867
Autovalores	8,5264	1,9142

Isso é particularmente verdadeiro em condições de clima quente e seco, ou seja, quando há veranicos durante o período de verão do Centro Sul brasileiro. A ausência de precipitação é acompanhada de redução da nebulosidade, um dos fatores de controle da energia incidente sobre a superfície. Quanto maior a radiação incidente, mais rápido e intenso será o aquecimento da superfície e do ar, com consequente aumento dos valores observados de temperatura máxima. Duas particularidades da molécula de água, seus elevados valores de calor específico e calor latente, permitem que a mesma absorva grandes quantidades dessa energia e

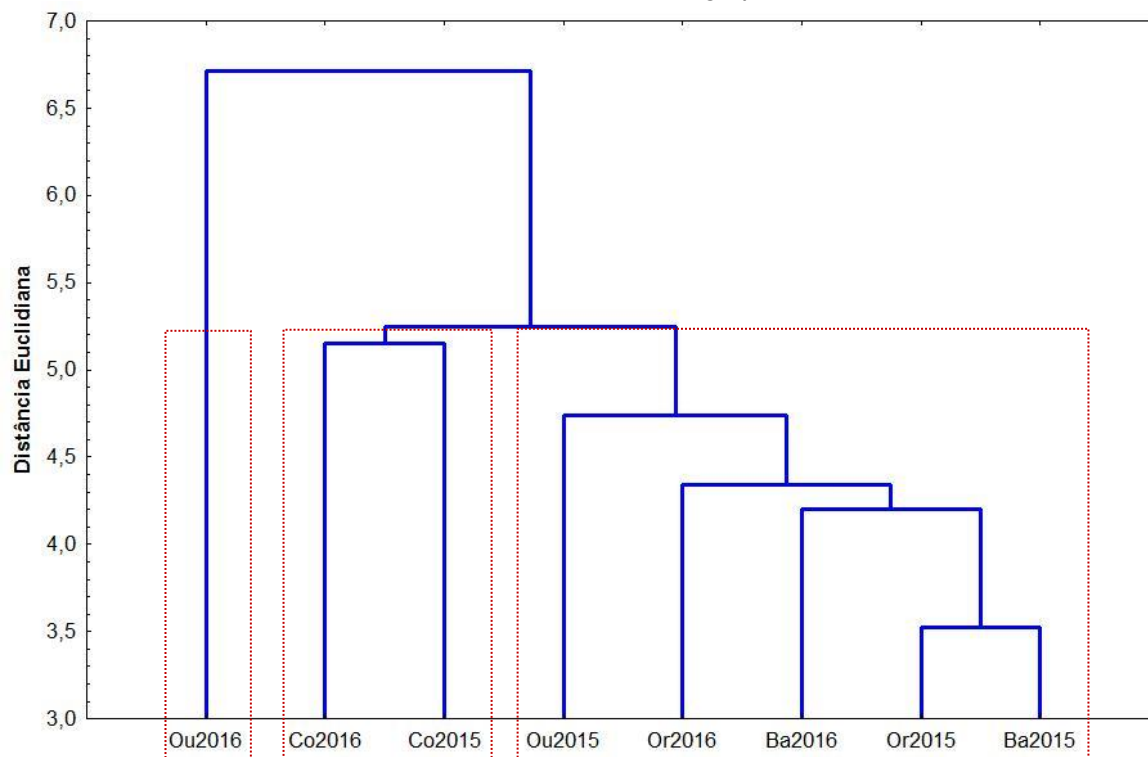
utilize-a para mudança de fase. Assim, o aumento da temperatura do ar é compensado pela energia absorvida e consumida pela água para sua evaporação. Outro importante efeito da água é sua contribuição para o efeito estufa da Terra: ao absorver a energia infravermelha emitida pela superfície durante a noite, o vapor de água impede o retorno de parte dessa energia para o espaço e o consequente resfriamento do planeta. Todavia, sem a ocorrência de novas chuvas, haverá redução gradativa da quantidade de vapor de água na atmosfera. Com isso, haverá excedente de energia durante o dia, com aquecimento excessivo da superfície e do ar, seguido de perda rápida dessa energia durante a noite, com consequente queda na temperatura do ar.

As propriedades da água permitem, então, a redução na amplitude térmica observada e dão à precipitação papel de termorregulador das condições ambientais, fundamental para o florescimento da cana-de-açúcar. Nesse sentido, há direta correlação entre o volume total e o número de dias com precipitação (PP e #DPP, respectivamente) e a ocorrência de valores de temperatura do ar dentro de tais limites. Quanto mais volumosas e bem distribuídas as chuvas, maior será a quantidade de dias em que a temperatura do ar permanecerá entre 18 e 32 °C, afetando diretamente as variáveis #DTmax<32; #DTmin>18; #DT 32-18; #DAT<14. Além disso, serão afetadas as variáveis relacionadas à incidência de radiação solar, seja de forma direta (#Dn<4) ou inversamente proporcional (no caso de valores médios de n, RG, Rn). Dessa feita, apesar de ser comum considerar a temperatura do ar como o principal determinante da variabilidade interanual do florescimento da cana-de-açúcar (afinal, o fotoperíodo sempre será o mesmo em um dado local e dia do ano), sua relação com outras variáveis ambientais torna limitada sua utilização isolada. Trata-se de um sistema complexo, com ocorrência de interação entre as próprias variáveis climáticas e não apenas dessas em relação ao florescimento.

De forma a classificar o risco de cada local e ano, realizou-se análise de agrupamento por método hierárquico, sendo o resultado apresentado na forma de dendrograma na Figura 15. É possível observar a formação de 3 grupos de favorabilidade ao florescimento. O primeiro, composto por Co2015 e Co2016, ou seja região de Conquista durante os anos de 2015 e 2016, respectivamente. O segundo grupo foi composto por Ba2015 (Barrinha, 2015), Or2015 (Orlândia, 2015), Ou2015 (Ourinhos, 2015), Ba2016 (Barrinha, 2016) e Or2016 (Orlândia, 2016). Finalmente,

um último grupo, como visto de condições mais limitantes ao florescimento, foi composto por Ou2016, isto é, Ourinhos em 2016.

Figura 15 - Dendrogramas resultante da análise de agrupamento por método hierárquico, construído a partir de variáveis de meteorológicas e de intensidade de florescimento médio ocorrido nas regiões de Conquista (CO), Orlândia (Or), Barrinha (Ba) e Ourinhos (Ou) durante os anos de 2015 e 2016. Linhas vermelhas delimitam os agrupamentos observados



Apesar de úteis para composição de grupos com características similares, as análises de agrupamento hierárquica e de componentes principais não indicam as variáveis com maior peso na diferenciação dos mesmos, fato possível com a análise de agrupamento não-hierárquica, *k-means*. Na Tabela 5 é apresentada a composição dos grupos, a qual confirmou a ordenação obtida no dendrograma discutido. Enquanto isso, é apresentada na Tabela 6 a análise de variância das variáveis meteorológicas e de intensidade de florescimento. Apenas as variáveis #DTmax<32; #DT 32-18; #DAT<14; #DPP; PP; DEF e EXC foram úteis na discriminação de grupos (valores de F significativos a 1%). Tal resultado reforça a importância da precipitação como agente primário para o desencadeamento das condições ambientais ótimas ao florescimento, devido a seu efeito termorregulador, o que reduz a ocorrência de alterações bruscas de temperatura. Além disso, são afetadas as medidas de disponibilidade hídrica

(deficiência, excedente e armazenamento), as quais são influenciadas pela precipitação não apenas pela óbvia oferta hídrica, mas também pela redução nas taxas de evaporação, diretamente ligadas à temperatura do ar e radiação solar (cuja intensidade tende a ser reduzida em função do volume e distribuição da precipitação).

Tabela 5 - Grupos de formados a partir da análise de agrupamento não-hierárquica k-means, realizada a partir de variáveis de meteorológicas e de intensidade de florescimento médio ocorrido nas regiões de Conquista (CO), Orlândia (Or), Barrinha (Ba) e Ourinhos (Ou) durante os anos de 2015 e 2016

Grupo	Locais/ano
1	Co2015; Co2016
2	Ba2015; Or2015; Ou2015; Ba2016; Or2016
3	Ou2016

Tabela 6 - Análise de variância das variáveis de meteorológicas e de intensidade de florescimento médio dos grupos formados pela análise de agrupamento não-hierárquica *k-means*

Variável	SQ entre grupos	SQ dentro dos grupos	F	Prob.
I.F	6,839566	0,160434	106,58	<0,0001
T_max	3,617981	3,382019	2,67	0,1623
T_Min	2,690776	4,309224	1,56	0,2973
AT	5,432877	1,567123	8,67	0,0237
Not	3,688266	3,311734	2,78	0,1540
#DTmax<32	6,489459	0,510541	31,78	0,0014
#DTmin<18	3,542765	3,457235	2,56	0,1714
#DAT<14	6,376829	0,623171	25,58	0,0024
#DT 32-18	6,144760	0,855240	17,96	0,0052
#DPP	6,409648	0,590352	27,14	0,0021
PP	6,816695	0,183305	92,97	<0,0001
ARM	5,287390	1,712610	7,72	0,0296
DEF	5,663023	1,336977	10,59	0,0059
EXC	6,629930	0,370071	44,79	0,0006
N	1,959728	5,040272	0,97	0,4399
RG	2,880534	4,119466	1,75	0,2657
#Dn<4	3,148556	3,851444	2,04	0,2246
Rn	2,220542	4,779458	1,16	0,3852
UR_Med	0,966671	6,033329	0,40	0,6897
DPV	4,387364	2,612636	4,20	0,0851
#HT<18	3,169517	3,830483	2,07	0,2215
#HTar>32	3,450955	3,549045	2,43	0,1830

Graus de liberdade: entre grupos = 2; dentro dos grupos = 5.

4.2.2 Efeitos da época de aplicação de ethephon na intensidade de florescimento

O uso de ethephon antes, durante e após o período indutivo promoveu grande diversidade de resposta da cultura, com grandes variações não apenas na intensidade do florescimento, mas também na velocidade de seu desenvolvimento e na extensão de seus impactos à produtividade agrícola e à qualidade da matéria-prima. Embora existam variações, resultantes tanto do potencial agrícola de cada região avaliada, quanto das características de cada cultivar, é possível detectar a presença de alguns padrões de resposta em função da época de inibição do processo. Nas Figuras 16 e 17 são apresentados os valores de I.F.(%) obtidos em cada tratamento nas 4 regiões avaliadas durante os anos de 2015 e 2016, respectivamente.

Em 2015, em condições de cana planta, os menores valores de intensidade de florescimento foram observados nos tratamentos com aplicação de ethephon em datas próximas ao período indutivo, entre 10-15 dias antes de seu início até 1-5 dias após seu início. Entre tais tratamentos, T4 (aplicação de 6 a 9 dias antes do início de P.I.) foi o que apresentou melhor desempenho na inibição do florescimento independente da cultivar e local considerado. Em seguida, as menores ocorrências de florescimento foram observadas em T3 (16 a 19 dias antes do P.I.) e T5 (1 a 4 dias após o início de P.I.), com valores médios gerais (independente da cultivar) similares, iguais a 22,7% e 23,1%, respectivamente. Quando consideradas as cultivares, foram observados valores iguais a 16,3%, 10% e 41,9% para T3 e 15,0%, 17,5% e 36,9% para T5 para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente. Não houve tendência clara de superioridade de T3 ou T5 em termos de controle e, de forma geral, suas médias não apresentaram diferenças estatisticamente significativas (isolando-se locais e cultivares).

Todavia, diferenças sutis podem ser observadas quando são comparados os resultados de diferentes localidades e cultivares. Em alguns casos, T3 apresentou desempenho superior a T5 e, em outros, ocorreu o contrário. Tal ocorrência parece estar relacionada ao intervalo de tempo entre a aplicação e o início do período indutivo: quanto maior foi o intervalo entre a aplicação e o início do período indutivo, independentemente se antes ou depois de seu início, maior foi a intensidade de florescimento observada.

Figura 16 - Intensidade de Florescimento (I.F.) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlandia e Conquista em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

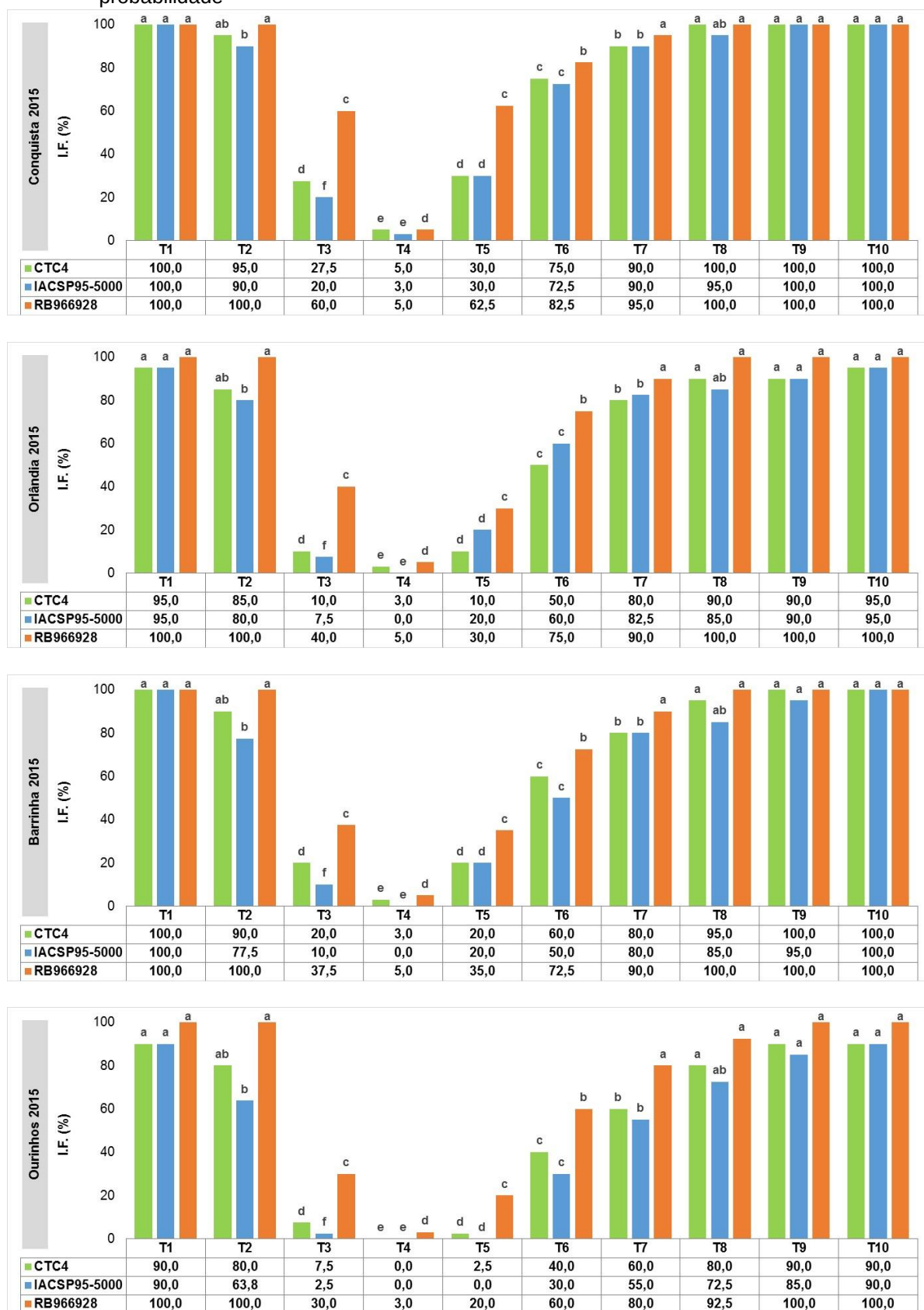
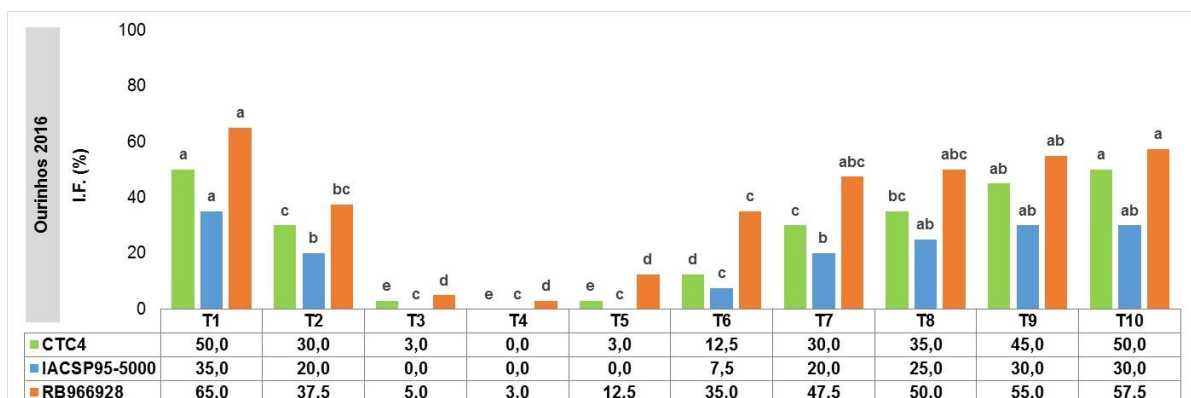
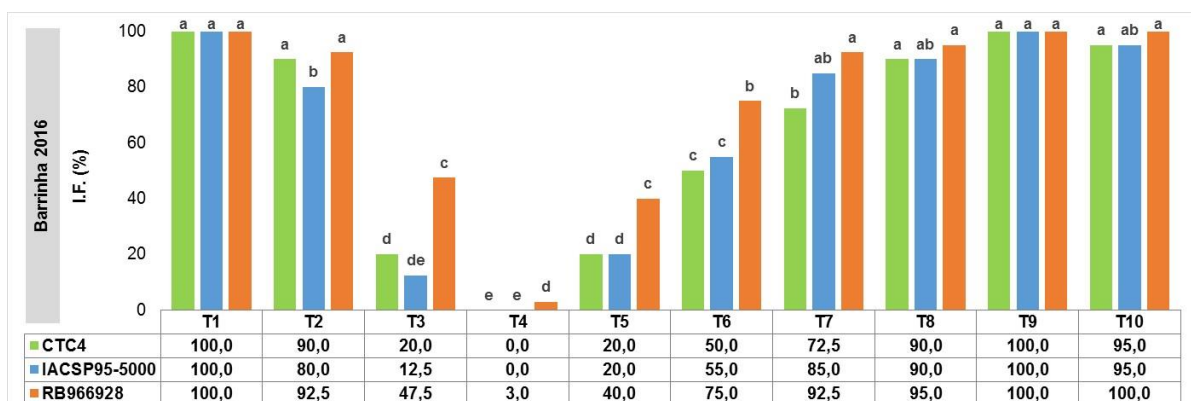
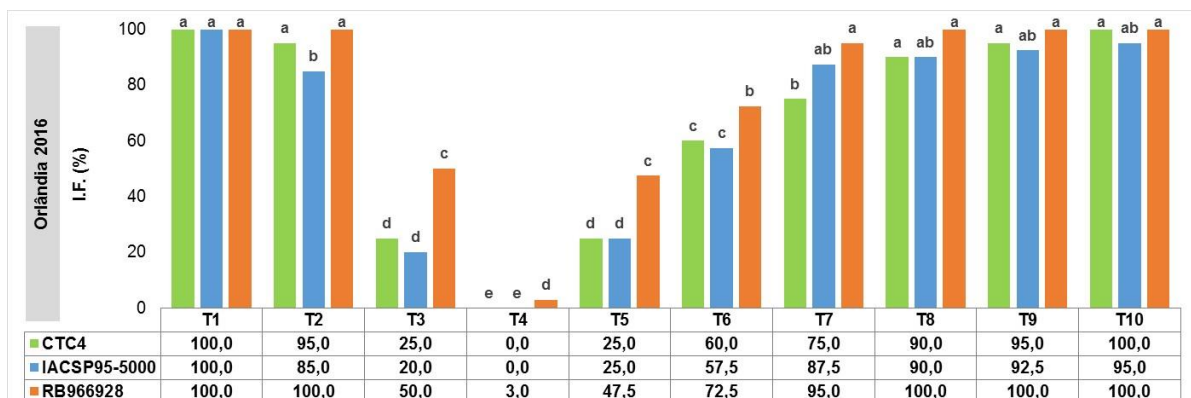
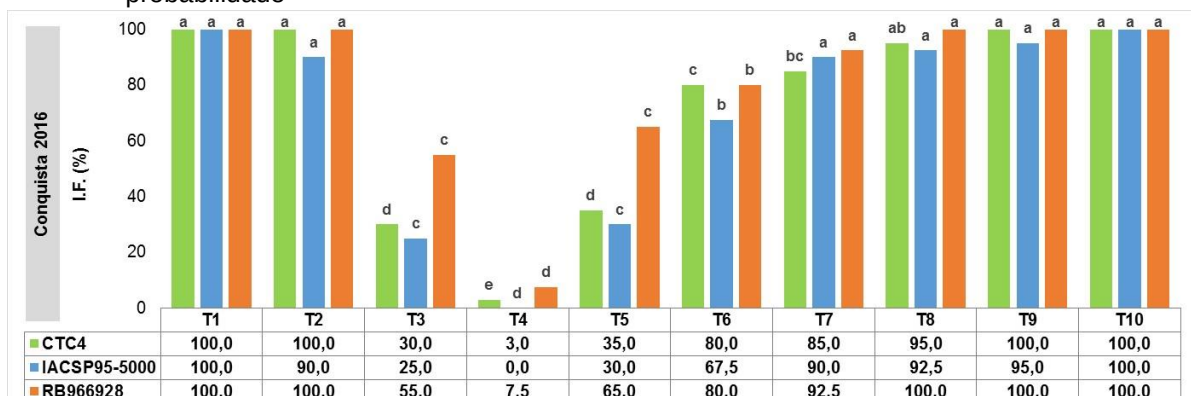


Figura 17 - Intensidade de Florescimento (I.F.) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlandia e Conquista em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



A importância do intervalo entre aplicação e o início do período indutivo foi confirmada pelo desempenho dos tratamentos que envolveram aplicações ainda mais distantes do início do período indutivo. Aplicações realizadas durante o período indutivo, como em T6 (12 a 14 dias após o início de P.I.) e T7 (21 a 24 dias após o início de P.I.) apresentaram controle do florescimento gradativamente menor em relação aos tratamentos realizados no início de P.I., com I.F. médio de 60,6% e 81,0%, respectivamente. Embora o aumento na intensidade de florescimento tenha sido comum à todas os cultivares, RB966928 apresentou maiores valores, iguais a 88,8% e 98,1%, para os tratamentos T6 e T7, respectivamente. Enquanto isso, os valores de I.F. dos cultivares CTC4 e IACSP95-5000 foram de 56,3% e 53,1% em T6 e 77,5% e 76,9% em T7, respectivamente.

Os tratamentos T8, T9 e T10 foram realizados após o término do período indutivo (30-33; 53-56; 83-86 dias após o início de P.I.), com o processo de indução efetivamente concluído, porém em diferentes estágios do desenvolvimento da panícula. A aplicação de ethephon em tal condição não promoveu controle do florescimento satisfatório e os resultados obtidos não diferiram estatisticamente da testemunha ($p>0,05$). Observa-se, no entanto, que apesar da ausência de diferença estatística, a intensidade de florescimento de T8 foi menor, com média geral (independente de local e cultivar) igual a 91,3%, do que as observadas em T9 (95,8%) e T10 (97,5%). Considerando-se as cultivares, observa-se novamente que a cultivar RB966928 foi, novamente, a de maior ocorrência de florescimento, com valores iguais a 97,3%, 96,3% e 100%, contra 95%, 92,5% e 100% da cultivar CTC4 e 91,3%, 84,4% e 98,1% da IACSP95-5000, para os tratamentos T8, T9 e T10, respectivamente.

A queda na eficiência de controle não ocorreu apenas em aplicações tardias (durante ou após o P.I.), mas também para aquela muito antecipadas, com as realizadas em T2 (entre 25 a 30 dias antes do início do P.I.). Nesse caso, a média geral do tratamento foi de 88,4%, com valores iguais a 87,5%, 77,8% e 100% para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente. Embora os valores de I.F. de T2 tenham sido menores do que aqueles encontrados obtidos com tratamentos tardios (T8, T9 e T10) e da testemunha, estatisticamente os mesmos foram similares na maioria das condições avaliadas (exceção apenas da IACSP95-5000).

Os resultados de intensidade de florescimento (I.F.) obtidos durante o ano de 2016, cana-soca, são apresentados na Figura 17. As tendências descritas em 2015 foram novamente observadas em 2016 e confirmam a importância do intervalo de tempo entre a aplicação de ethephon e o início do período indutivo. Nesse sentido, os tratamentos T4, T3 e T5 novamente apresentaram as menores ocorrências de florescimento (inferiores a 30% na média de cultivares e locais), seguidos por um T6 em posição intermediária, com valor médio inferior a 60%. Os menores índices de controle foram observados, em ordem crescente, nos tratamentos T7 (72,7%), T2 (76,7%), T8 (79,4%), T9 (84,4%) e T10 (85,2%), os quais, em várias das condições avaliadas, não diferiram entre si e de T1 (87,2%). Diferenças entre locais foram observadas principalmente na região de Ourinhos, em virtude do menor florescimento em 2016 quando comparado às demais regiões e ao ano de 2015, e resultaram em certa superioridade de T2 em relação a T7, apesar de estatisticamente a mesma não ser significativa ($p > 0,05$).

4.2.3 Interações genotípicas e climáticas: efeitos na eficiência do ethephon como inibidor de florescimento da cana-de-açúcar

A eficiência do ethephon, como a de qualquer outro método para inibição do florescimento, é dependente das condições do momento de aplicação, não apenas de um ponto de vista operacional (qualidade da pulverização), mas também das condições de seu alvo, no caso, a planta de cana-de-açúcar. A maioria dos trabalhos realizados sobre o tema reiteram a necessidade de que a aplicação seja feita em um ponto ótimo, em geral, próximo ao início de P.I. Segundo Hardy et al. (1986), as maiores taxas de controle do florescimento foram observadas quando o ethephon foi aplicado antecipadamente ao P.I. ou não mais que oito dias após a iniciação. Deuber e Carlucci (1991) encontraram resultados similares, sugerindo ocorrência de controle parcial em aplicações até mais tardias. Todavia, os autores não descrevem sob quais condições (local, clima, cultivares etc.) tais afirmações podem ser generalizadas. Tais resultados foram utilizados para justificar um calendário de aplicações, baseado apenas na época do ano, ignorando completamente as condições ambientais e as características das cultivares.

No trabalho ora discutido, buscou-se promover tal discussão. Como pôde ser observado no item anterior, as maiores reduções na intensidade de florescimento foram observadas nos tratamentos mais próximos ao início de P.I. Contudo, houve variação na intensidade de resposta em função das regiões e das cultivares, fato que justifica a busca de critérios mais adequados de recomendação. Para tanto, é necessário estudar tais critérios e buscar informações mais apuradas sobre as reais demandas ambientais das cultivares. Somente assim, considera-se possível a determinação de recomendação de manejo mais adequadas do que as vigentes. O uso de aplicações de ethephon em um grande gama de condições permitiu simular os efeitos de condições com diferentes graus de favorabilidade ao florescimento e seus impactos no desenvolvimento da planta. A seguir, os resultados de I.F. são discutidos em 3 condições: aplicações antes, durante e após o início do P.I.:

1) Aplicações anteriores ao início do período indutivo. Teoricamente, a melhor época para a aplicação de ethephon sempre será anterior ao início do período indutivo (P.I.). Isso porque, há garantias de que a aplicação não foi realizada em uma planta que já se apresentava parcial ou completamente induzida. No presente trabalho, foram 3 três os tratamentos realizados antes do início de P.I., T2 (25 a 30 DAPI), T3 (16 a 19 DAPI) e T4 (6 a 9 DAPI). Apesar de anteriores ao início de P.I., tais tratamentos apresentaram resultados completamente diferentes. Enquanto T4 apresentou excelente controle (intensidade média inferior a 2%), T3 apresentou I.F. médio de 23% e T2 igual a 88%. Se consideradas as cultivares, foram observados valores iguais a 16 %, 10 % e 42 % em T3 e 88 %, 78 % e 100 % em T2, para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 E RB966928. Embora não tenham discutido essa questão, é possível encontrar nos trabalhos de Moore e Osgood (1989), Deuber e Carlucci (1991) e Hardy et al. (1986), redução de eficiência quando a aplicação foi realizada com grande antecipação ao início de P.I.

Os resultados obtidos permitem sugerir que há limites para a antecipação da aplicação de ethephon, sendo o principal deles um limite técnico, relativo ao período de sua ação. A redução na eficiência está relacionada, possivelmente, à completa metabolização do ethephon e redução dos níveis de etileno na planta, seguido de retorno da mesma às condições de indução ainda durante o P.I. Com isso, seria reduzido o período de “proteção” promovido pelo ethephon durante o período indutivo.

Para que tal condição seja verdadeira, dois fatores são fundamentais. O primeiro diz respeito às condições climáticas vigentes após o término do efeito do ethephon. Mesmo que a planta retomasse sua aptidão ao florescimento ainda durante o P.I., seria necessário que as condições ambientais requeridas para sua efetivação (temperatura do ar, precipitação etc.) estivessem presentes.

O segundo fator, diz respeito ao tempo requerido para a completa metabolização do ethephon. Sua importância está diretamente relacionada à disponibilidade de dias indutivos efetivos remanescentes, os quais poderão determinar a maior ou menor intensidade de florescimento. Muito provavelmente, esse período é variável em função das condições climáticas locais (que podem favorecer/desfavorecer a atividade metabólica da planta) e, principalmente, das características das cultivares.

Na Tabela 7 é apresentado o resultado de correlações entre a intensidade de florescimento (I.F.) e o número de dias efetivamente indutivos (aqueles que dentro do P.I. apresentaram temperatura do ar entre 18 e 32 °C), restantes após um determinado período de ação do ethephon. Assim, considerou-se a data de aplicação somada aos diferentes períodos de ação do ethephon, as quais oscilaram de 25 a 40 dias. Os melhores ajustes foram obtidos aos 30, 33 e 36 dias para as cultivares RB966928, CTC4 e IACSP95-5000, respectivamente. O efeito da cultivar é percebido pela menor demanda de dias pela RB966928 para superar os efeitos do ethephon. O resultado é justificável pelo seu padrão de crescimento: trata-se da cultivar de maior precocidade entre todas as avaliadas. Ressalta-se que o termo precocidade refere-se, no presente trabalho, ao ritmo de desenvolvimento e crescimento da planta, e não apenas seu teor de sacarose. Quanto mais precoce a cultivar, maiores e mais intensas são as suas taxas metabólicas e de crescimento, ou seja, mais rápida é a transição que a mesma apresenta entre os diversos estágios de seu desenvolvimento. Segundo Mamet e Galwey (1999), cultivares precoces são mais eficientes fisiologicamente, pois utilizam os fotossintatos de forma mais econômica e completam seu crescimento vegetativo mais rapidamente do que as cultivares tardias. Dessa forma, cultivares precoces são as que mais rapidamente apresentam os efeitos do ethephon, porém também são as que o superaram em menor tempo. A consideração desse fato é, como discutido a seguir, primordial para a determinação de um sistema racional de inibição ao florescimento.

Tabela 7 - Correlações entre a intensidade de florescimento (I.F.) e o número de dias efetivamente indutivos, ou seja, aqueles que dentro do P.I. apresentaram temperatura do ar entre 18 e 32°C, restantes após um determinado período de ação do ethephon

Período (dias)	Cultivares		
	CTC4	IACSP95-5000	RB966928
25	0,8609	0,8333	0,8698
26	0,8787	0,8481	0,8838
27	0,8934	0,8504	0,8949
28	0,9051	0,8604	0,9035
29	0,9141	0,8697	0,9092
30	0,9204	0,8761	0,9113
31	0,9236	0,8850	0,9098
32	0,9261	0,8917	0,9061
33	0,9281	0,8968	0,9007
34	0,9269	0,8980	0,8939
35	0,9242	0,9012	0,8858
36	0,9199	0,9024	0,8764
37	0,9142	0,9001	0,8660
38	0,9072	0,8961	0,8547
39	0,8991	0,8938	0,8418
40	0,8899	0,8884	0,8300

Valores de p significativos a 1%

2) Aplicações realizadas durante o período indutivo. A eficiência do ethephon, como a de qualquer outro método para inibição do florescimento, tende a ser reduzida quando o mesmo é utilizado durante o período indutivo. Afinal, quanto mais tardia a aplicação, maior é a probabilidade de que a mesma seja realizada após o processo de indução já ter sido parcial ou totalmente completado, o que resulta em um gradiente decrescente no controle do florescimento. No presente estudo, os resultados observados confirmam essa afirmação com os tratamentos T5, T6 e T7 apresentando valores crescentes de I.F.% independente da cultivar, ano ou local considerado. Esse fato também já foi observado por Deuber e Carlucci (1991), especificamente com a cultivar IAC52/150, a qual apresentou redução na eficiência de controle quando o ethephon foi aplicado durante o período indutivo. Todavia, os autores não delimitaram uma época ótima de aplicação, concentrando-se principalmente nos efeitos do florescimento e de seu controle sobre a qualidade da matéria-prima.

Se considerado o fato de que a aplicação de ethephon deve ser realizada antes de dias “efetivamente” indutivos e, mais além, antes que um número mínimo seja alcançado, seria possível sua utilização até mesmo durante o P.I. Afinal, somente a

ocorrência de fotoperíodo crítico, não determina que o dia será realmente indutivo para a planta. Conforme discutido por Moore e Berding (2014), embora a ocorrência de fotoperíodo crítico seja o fator primário à indução, a caracterização completa de um dia como indutivo requer temperatura do ar e regime hídrico adequados, entre outros fatores climáticos de importância. A consumação do florescimento somente será alcançada com a ocorrência de um número mínimo de dias (ou ciclos) efetivamente indutivos, o qual é variável em função do genótipo.

A susceptibilidade ao florescimento pode ser compreendida, então, como o número mínimo de dias indutivos exigidos para que o florescimento ocorra em uma determinada intensidade. Via de regra, considera-se o valor de 10 noites indutivas como limiar para o florescimento. Contudo, há grande variação nessa demanda em função das características do genótipo, ou seja, quanto mais susceptíveis ao florescimento menor o número de dias requerido por uma dada cultivar. Assim sendo, há cultivares que apresentam florescimento significativo com menos de 8 ciclos indutivos, enquanto outras demandam 15 ou até mais de 20 ciclos para ocorrências significativas (GOSNELL, 1973; COLEMAN, 1963b). A análise dos dados obtidos permite sugerir que as cultivares utilizadas apresentam limiares diferenciados. A RB966928 foi a que apresentou menor demanda, com florescimento significativo (50%), com apenas 7 dias indutivos, enquanto as cultivares CTC4 e IACSP95-5000 apresentam demandas iguais a 10 e 12, respectivamente. O florescimento pleno (100%) foi alcançado com 12, 16 e 18 dias, para as cultivares RB966928, CTC4 e IACSP95-5000, respectivamente.

3) Aplicações após término do período-indutivo. Trata-se das aplicações de destino mais conhecido, afinal foram realizadas após o término do período indutivo, ou seja, após o processo de indução já ter sido consumado. No presente estudo, os tratamentos T8, T9 e T10 foram realizados em tal condição, mais especificamente nos intervalos de 30-33; 53-56; 83-86 dias após o início de P.I., respectivamente. Nesse caso, são três as possíveis formas de interferência no controle ou em sua percepção. A primeira diz respeito ao real potencial de florescimento. Controles significativos de florescimento com tais aplicações somente são possíveis em anos de baixo potencial natural para o florescimento, ou seja, com pouco ou nenhum florescimento em áreas sem aplicação. Esse fato é particularmente comum em cultivares com grande

demanda de dias efetivamente indutivos para consumação do processo, normalmente as de maior demanda pelo uso do ethephon pois apresentam maturação média-tardia.

A segunda possibilidade diz respeito à ocorrência de reversões da gema floral, evento comum em tecidos meristemáticos. Trata-se de um processo natural caracterizado pelo retorno do meristema floral ao estado vegetativo, em função da ocorrência de fatores ambientais adversos, tais como variações abruptas na temperatura do ar, alta restrição hídrica, aplicação de maturadores etc (COLEMAN, 1963a; SHANMUGAVADIVU; GURURAJA RAO, 2009; GLASSOP et al., 2014; PALIATSEAS; CHILTON, 1956). A ocorrência de reversões gera diferentes consequências à morfologia da planta, as quais variam de acordo com o grau de desenvolvimento da panícula no momento de ocorrência do fator adverso.

Quando ocorrido nas fases iniciais de desenvolvimento (iniciação), o florescimento pode sequer ocorrer, sendo visíveis apenas alterações na morfologia do colmo, com alteração na disposição das folhas, as quais passam de um padrão alternado para espiral, acompanhado por arranjo em zigzag dos entrenós. Se ocorrido durante a fase de desenvolvimento da ráquis e de suas ramificações, estrutura vegetativas anômalas podem ocorrer, as quais variam desde a formação de um topo com folhas múltiplas (vassoura de bruxa) ou, em caso mais tardio (quando da formação dos primórdios florais), topos múltiplos com folhas e flores. Em ambos os casos, é comum a ocorrência de brotações laterais devido à perda da dominância apical (GLASSOP et al., 2014). Finalmente, condições adversas ocorridas durante a formação dos órgãos florais e na fase de alongamento da panícula (pré-emissão), não promovem reversões, mas podem afetar o desenvolvimento do pólen, resultando em esterilidade masculina (MOORE, 1971; JAMES; MILLER, 1971 e em atraso na emissão da inflorescência (JULIEN, 1971; MOORE; NUSS, 1987).

A extensão de tais ocorrências é função também da intensidade do fator antagônico e das características da cultivar. Quanto mais intensa a condição de déficit hídrico por exemplo, a qual pode ser agravada pela ação de um maturador (no caso, o ethephon), maior a probabilidade da ocorrência de tal fenômeno. O efeito do genótipo se dá, principalmente, por seu padrão de desenvolvimento. Cultivares de desenvolvimento rápido tendem a ser as menos afetadas quando os fatores antagônicos ocorrem, repentinamente, durante o processo de desenvolvimento da panícula. Afinal, elas realizam a transição entre as fases de desenvolvimento da

panícula mais rapidamente do que as demais, aproveitando-se das condições ambientais ainda favoráveis.

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram tais afirmações: embora a significância estatística possa ser contestada, houve tendência do florescimento apresentar maior intensidade quanto mais tardia foi a aplicação (91,3%, 95,8% e 97,5 %, para T8, T9 e T10, respectivamente), ou seja, quando a aplicação foi realizada em um estágio mais avançado de desenvolvimento da panícula. Se consideradas as cultivares, percebe-se a relação entre o desenvolvimento mais rápido da panícula e a maior intensidade de I.F. observada. Desse modo, a cultivar RB966928 apresentou valores iguais a 98,1%, 100% e 100%, para os tratamentos T8, T9 e T10, respectivamente. Em seguida, vieram as cultivares CTC4 (91,3 %, 95,0 % e 96,3 %) e IACSP95-5000 (84,4 %, 92,5 % e 95,8 %), cujos valores em parênteses referem-se aos tratamentos T8, T9 e T10, respectivamente.

A terceira possibilidade diz respeito à possibilidade da colheita do canavial ocorrer antes da emissão das panículas, o que pode levar o usuário a constatações equivocadas, caso o mesmo utilize apenas a emissão como critério de florescimento. Como discutido, a ocorrência de fatores antagônicos ao crescimento pode levar a atraso e, até mesmo estagnação completa, do desenvolvimento da panícula. A seguir esse fato será discutido em detalhe, à medida que o uso de ethephon, independente da época de aplicação, promoveu aumento no número de dias requeridos para o desenvolvimento e emissão das panículas.

4.3 Efeitos da época de aplicação na produtividade da cultura

4.3.1 Produtividade e qualidade de matéria-prima

De modo geral, a intensidade de florescimento foi inversamente proporcional à produtividade de colmos (TCH), embora a aplicação de ethephon tenha levado a uma grande diversidade de respostas até mesmo nos tratamentos em que houve pouco ou nenhum controle final (Figura 18). O melhor desempenho em TCH foi observado em T4, tratamento de melhor controle do florescimento, o qual, diferiu estatisticamente ($p < 0,001$) dos demais tratamentos em todas as regiões e cultivares avaliados. Quando comparado à T1 (testemunha), T4 resultou em ganhos médios de 25,2, 21,4 e 20,0 t

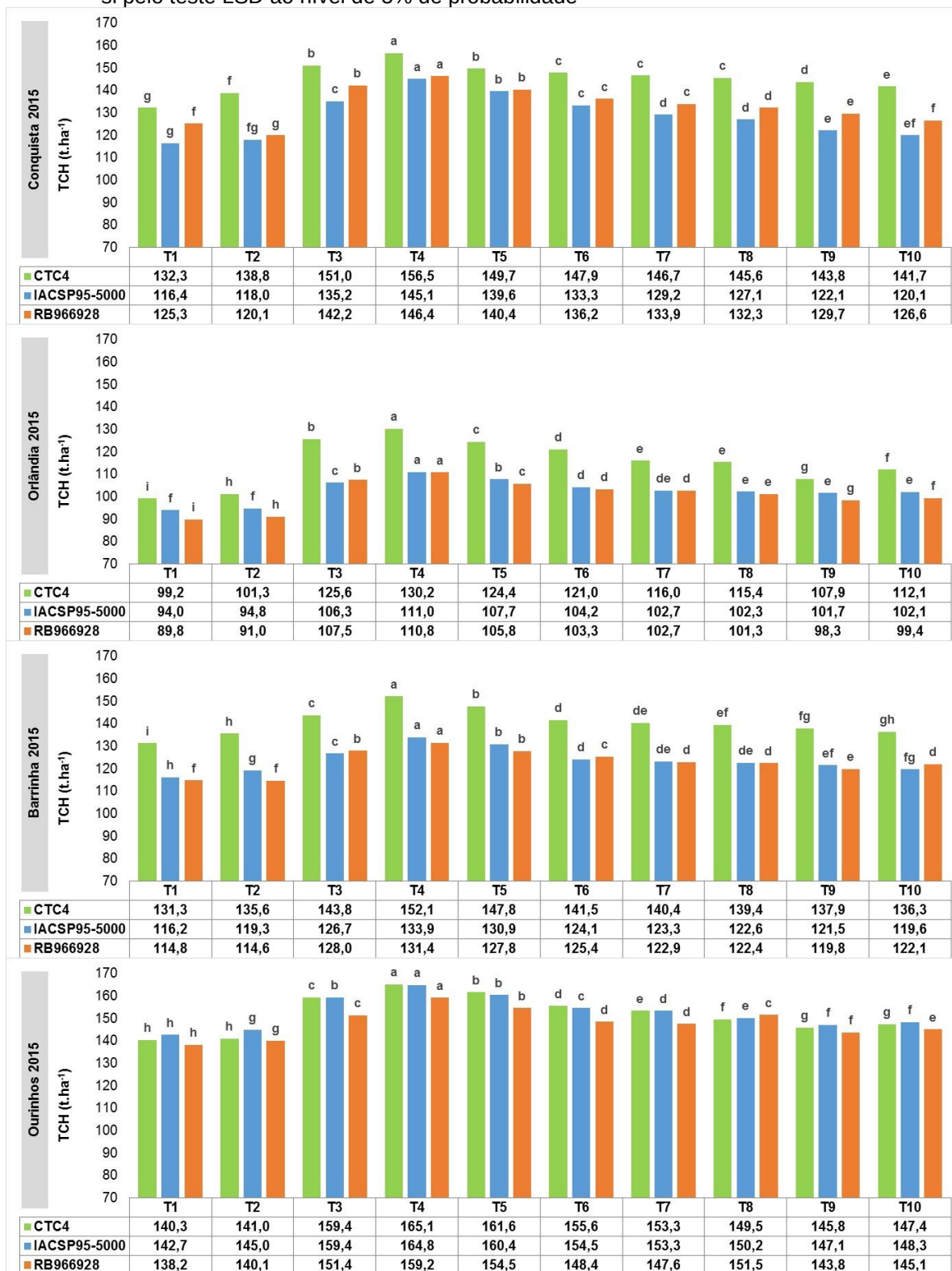
ha⁻¹ e máximos de 31,0, 28,6 e 23,7 t ha⁻¹, para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente. Os tratamentos T3 e T5 apresentaram resultados inferiores a T4, e embora as médias obtidas sugiram certa superioridade de T5 em relação à T3, as mesmas não apresentaram significância estatística em várias das condições avaliadas. Nesse caso, os ganhos obtidos em relação à testemunha (T1) foram iguais a 19,2, 14,6 e 15,3 t ha⁻¹ (T3) e 20,1, 17,3 e 15,1 t ha⁻¹ (T5), para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente.

Tratamentos com aplicações realizadas durante e após o término do período indutivo, ou seja, T6 à T10, apresentaram tendência, comum a todos os locais e cultivares, de redução gradativa da produtividade em função do atraso da aplicação. Assim sendo, os tratamentos T6 (variações em relação à T1 iguais 15,8, 11,7 e 11,3 t ha⁻¹, para CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente) e T7 (13,4, 9,8 e 9,75 t ha⁻¹, para CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente) foram os que apresentaram melhor desempenho, diferindo dos demais.

Apesar de realizados fora da época ideal e apresentarem ganhos inferiores aos mesmos tratamentos realizados próximos ao início do P.I., T8, T9 e T10 apresentaram ganhos em relação a testemunha. Nesse caso, T8 apresentou comportamento intermediário, aproximando-se em algumas situações, do desempenho de T7, com ganhos médios iguais a 11,7, 8,2 e 9,8 t ha⁻¹ para CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente.

Enquanto isso, T9 e T10 apresentaram valores médios iguais que oscilaram entre 5 a 8 t ha⁻¹ em relação à T1. Curiosamente, o pior desempenho entre todos os tratamentos que envolveram aplicação de ethephon ocorreu em T2, tratamento de aplicação antecipada ao P.I. Suas médias, além de menores quando comparadas as dos demais tratamentos, foram muito próximos e, até mesmo, estatisticamente similares aos de T1, testemunha sem aplicação de ethephon. Esse efeito foi atribuído não apenas ao fato de T2 ter apresentado florescimento significativo, mas também pela redução de crescimento promovido pelo ethephon. Como a aplicação foi realizada antecipadamente, os colmos de T2 perderam ao menos 40 dias de crescimento pela ação de ethephon em relação aos tratamentos de aplicação tardia e à própria testemunha. Além disso, a ocorrência de indução promoveu uma segunda limitação à produtividade de tal tratamento pela interrupção da formação de novos entrenós.

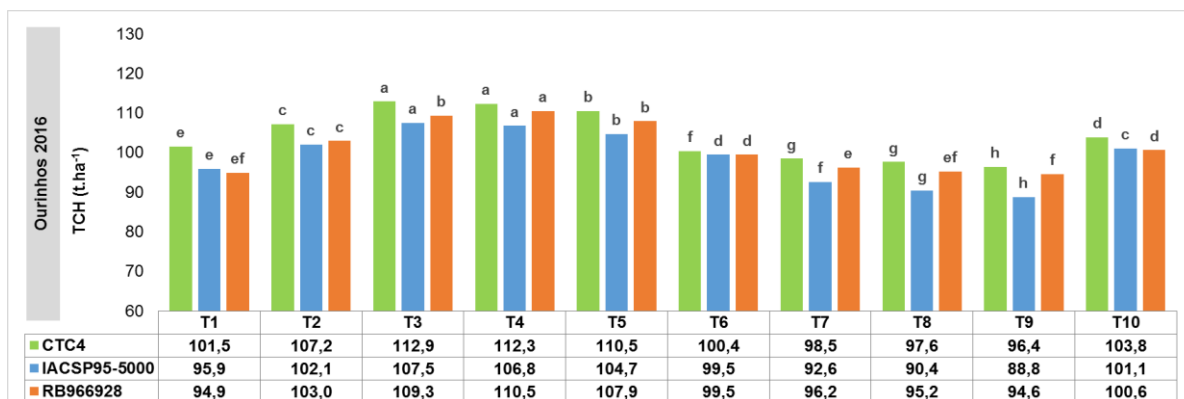
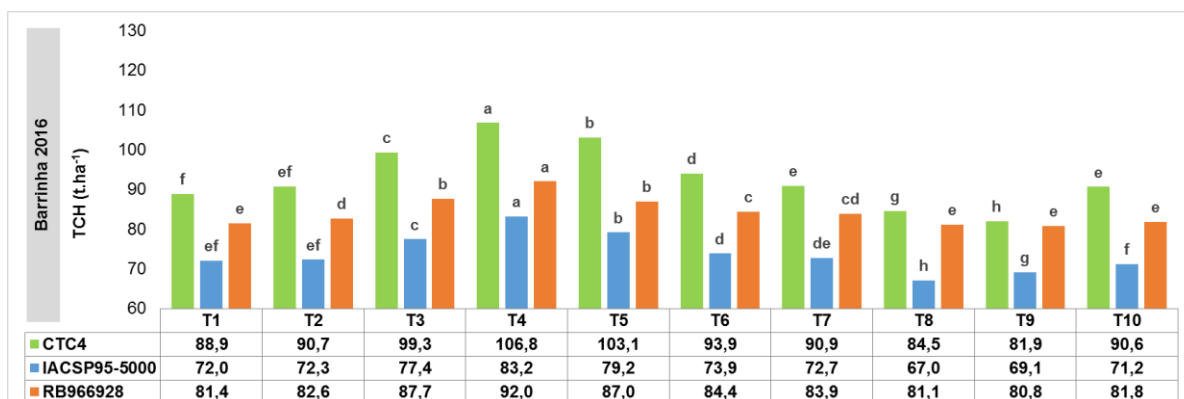
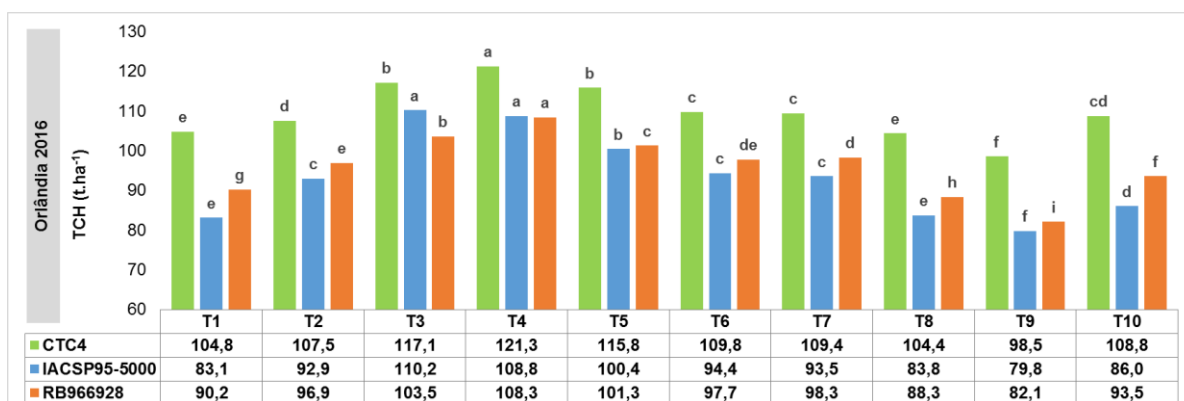
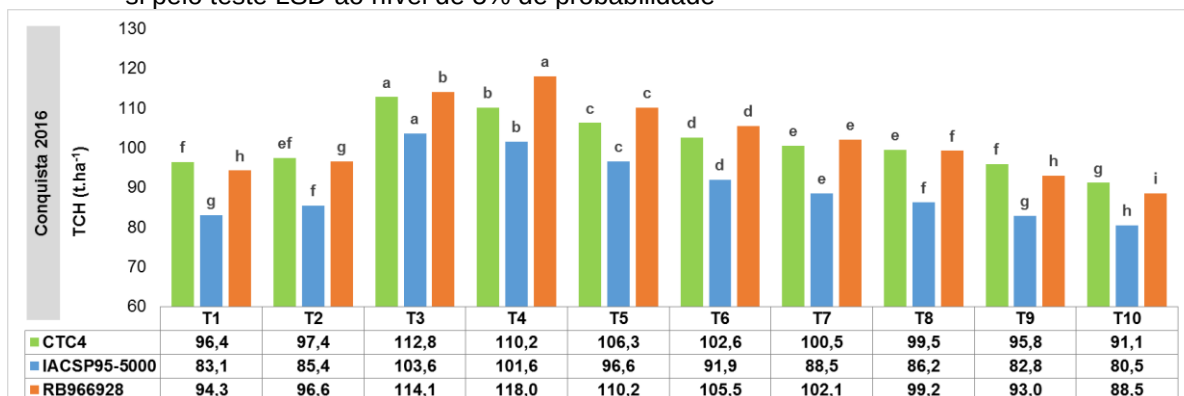
Figura 18 - Produtividade de colmos (expressa em toneladas de colmo por hectare, TCH) obtidos para cada tratamento e cultivar avaliados, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



A superioridade dos tratamentos T3, T4 e T5 na produtividade dos colmos (TCH) se manteve no segundo ciclo do ensaio, realizado em 2016 (Figura 19). De modo geral, T4 se manteve como o tratamento de maior resposta, com ganhos médios em relação à T1 iguais a 14,74, 16,54 e 16,98 t ha⁻¹, para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente. Todavia, sua superioridade em relação a T3 e T5, foi pequena e, em alguns casos, inexistente. Em média, em T3 foram observadas variações médias iguais a 12,63, 16,16 e 13,45 t ha⁻¹, para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente. Enquanto isso, em T5 as médias obtidas nas 4 regiões avaliadas foram 11,05, 11,70 e 11,37 t ha⁻¹, para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente. Deve-se ressaltar que, embora o padrão de resposta tenha se mantido em média, a análise dos dados regionais mostra a presença de variações. Houve alternância entre as posições de T3, T4 e T5 em função da cultivar e da região avaliada. Mesmo que tais diferenças não apresentem grande intensidade e, até mesmo, significância estatística ($p > 0,05$), elas são importantes para a compreensão dos fatores envolvidos na variação dos resultados promovidos pelo uso de ethephon em diferentes safras e locais, reforçando a importância do desenvolvimento de critérios mais detalhados para seu uso.

A importância de maior detalhamento e compreensão dos efeitos de condições ambientais na eficiência do uso de ethephon é ressaltada pelos resultados obtidos nos tratamentos que envolvem aplicações mais distantes do início do período indutivo, seja antes (T2), durante ou após o mesmo (T6 a T10). Se considerada a média entre regiões a classificação dos resultados dos demais tratamentos seguiria a seguinte ordem: T6 (96,1 t ha⁻¹), T2 (94,6 t ha⁻¹), T7 (93,9 t ha⁻¹), T10 (91,5 t ha⁻¹), T1 (90,5 t ha⁻¹), T8 (89,8 t ha⁻¹) e T9 (87,0 t ha⁻¹). Tal resultado é diferente do observado em 2015 e as principais alterações estão relacionadas à ascensão dos tratamentos T2 e T1 (piores colocados em 2015) e à queda do desempenho de T8, T9 e T10. Trata-se de uma tendência, pois é possível observar variações quando se analisa os resultados por região. No caso de T2 e T1, tais diferenças parecem estar diretamente relacionadas a fatores ligados ao florescimento: quanto menor a susceptibilidade da cultivar e das condições climáticas da região ao evento naquele ano, melhor foi o desempenho de T2 e T1. Afinal, mesmo que T2 tenha sofrido com a limitação imposta pela ação do ethephon antes dos demais tratamentos, os efeitos antagônicos à produtividade, impostos pelo florescimento, foram reduzidos.

Figura 19 - Produtividade de colmos (expressa em toneladas de colmo por hectare, TCH) obtidos para cada tratamento e cultivar avaliados, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



Os dados obtidos em Ourinhos e Conquista, reforçam tal posição. No caso de Ourinhos, que em 2016 apresentou as condições mais limitantes para o florescimento entre todas as regiões avaliadas, T2 e T1 obtiveram seu melhor desempenho, não diferindo ou sendo, até mesmo, superiores aos resultados observados em T6 e T7. O contrário foi observado em Conquista, local de maior favorabilidade climática ao florescimento em 2016, onde T2 e T1 apresentaram resultados inferiores, não apenas em relação a T6 e T7, mas também quando comparados a T8, um dos tratamentos de pior resultado nas demais regiões (o penúltimo colocado no geral).

Ao contrário da produtividade de colmos (TCH), a qualidade da matéria-prima, expressa aqui pelos valores de açúcares totais recuperáveis (ATR), apresentou menor diferença entre o desempenho de cada tratamento e a ausência de uma relação clara entre intensidade de florescimento e a redução de seus valores, tendência presente em 2015 (Figura 20) e também em 2016 (Figura 21). Em condições de cana-planta, ou seja, em 2015, os melhores resultados foram obtidos em T10 e T9, tratamentos com as aplicações mais tardias entre as realizadas no ensaio. Considerando-se todos os locais avaliados, foram obtidos valores médios iguais a 168,2, 165,5 e 167,9 kg ATR.t⁻¹ em T10 e, em T9, iguais a 168,0, 166,8 e 164,9 kg ATR.t⁻¹ para CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente. Tais valores representam ganhos de até 10,5 kg ATR.ha⁻¹ em relação à T1 (testemunha).

Um segundo grupo, de desempenho inferior, porém muito próximo ao de T10 e T9, reúne os resultados dos tratamentos T3, T4, T5 e T8. Entre tais tratamentos, T4 foi o que mais se aproximou dos melhores resultados e, em várias ocasiões, apresentou resultados estatisticamente similares a T9 e T10. Enquanto isso, T3, T5 e T8 apresentaram resultado ligeiramente inferior, porém em algumas condições não diferiram estatisticamente de T4 e, até mesmo, de T9 e T10. Esse fato é particularmente verdadeiro nos locais e anos de maior déficit hídrico, tal como Conquista e Orlândia, principalmente no ano de 2016. Nesse caso, foram observadas as menores variações entre os tratamentos, independentemente da cultivar avaliada. Ao contrário, as maiores variações foram observadas em Ourinhos, onde a disponibilidade hídrica em ambos os anos foi superior à dos demais locais. Segundo Cardozo et al. (2015) o déficit hídrico prolongado é o principal agente ambiental que afeta o teor de sacarose da cana-de-açúcar nas regiões produtoras do país.

Figura 20 - Valores de açúcares totais recuperáveis (ATR, kg t⁻¹) obtidos para cada tratamento e cultivar avaliados, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

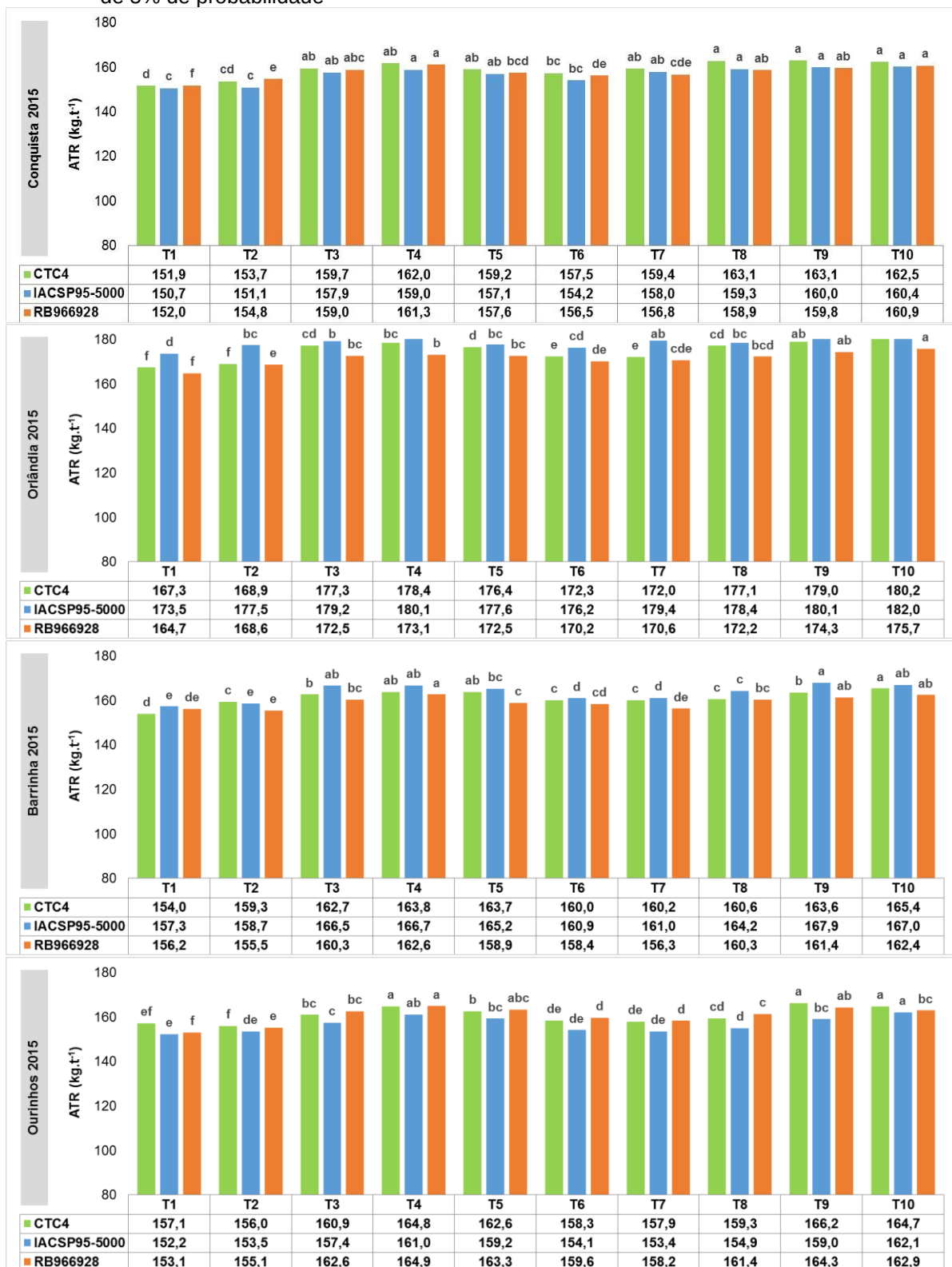
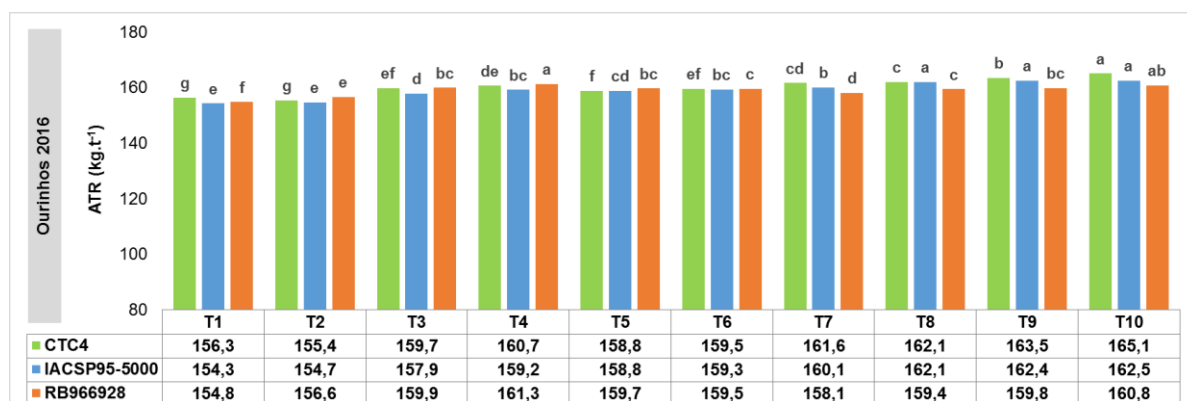
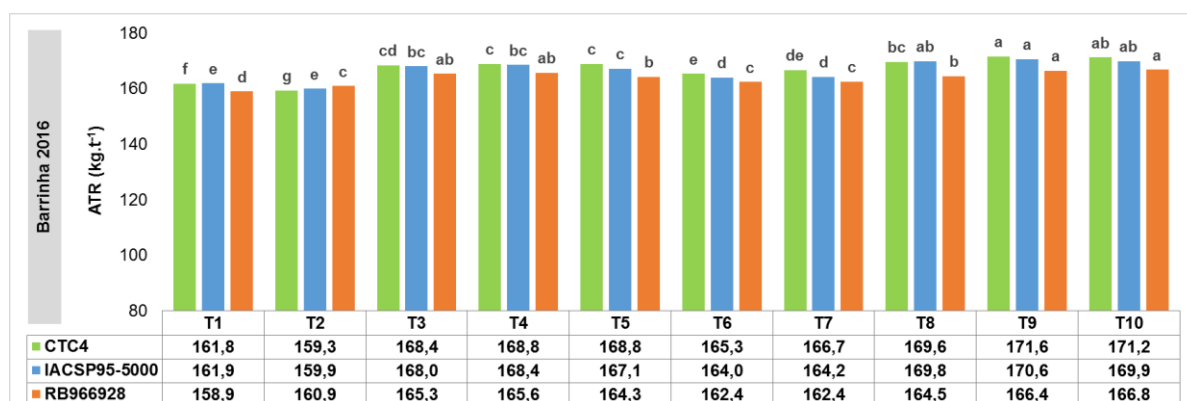
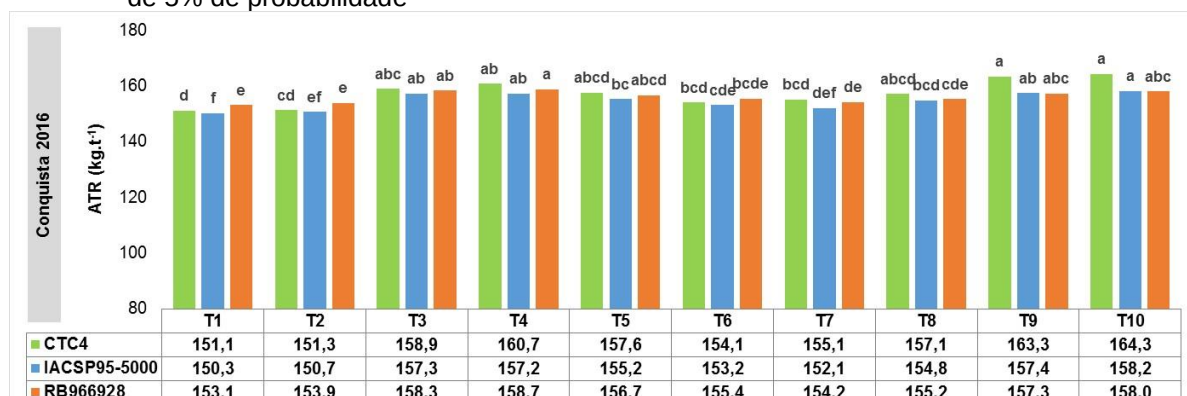


Figura 21 - Valores de açúcares totais recuperáveis (ATR, kg t⁻¹) obtidos para cada tratamento e cultivar avaliados, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. . Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



Finalmente, em ordem decrescente de resultados, os tratamentos T7, T6, T2 e T1 (testemunha) obtiveram os piores resultados. T7 e T6 apresentaram grande variação em função do local e da cultivar considerada e, em geral, seus resultados foram muito próximos, muitas vezes sem diferenças estatísticas. Entre os tratamentos que receberam aplicação de ethephon, o pior resultado foi observado em T2, o qual foi superior somente à testemunha ou, no melhor dos casos, apresentou similaridade aos tratamentos T6 e T7. Nesse caso, a aplicação muito precoce de ethephon não permitiu que nenhum ganho em termos de maturação e, além disso, a ocorrência de florescimento e suas consequências (brotações laterais e isoporização) também constituiu importante limitação ao potencial de resposta do tratamento.

A qualidade da matéria-prima em 2016 apresentou tendência similar à observada em 2015, ou seja, além de sequência similar dos tratamentos com melhores resultados houve baixa variabilidade entre os tratamentos, principalmente nas regiões onde o clima foi mais quente e seco (Figura 21). Assim sendo, T9 e T10 foram os tratamentos de melhor resultado, na maioria dos casos com ausência de diferença significativa e valores médios iguais a 166,6 e 166,3 kg t⁻¹, respectivamente. Tal desempenho representa ganho superior à 8 kg de ATR por tonelada de cana em comparação à testemunha (T1). Em seguida, aparecem os tratamentos T4, T8 e T3, com médias iguais à 164,5, 164,4 e 163,5 kg t⁻¹, respectivamente. Apesar do desempenho inferior, tais valores apresentaram grande proximidade ao primeiro grupo e, até mesmo, ausência de diferenças estatísticas em alguns locais e cultivares. Os tratamentos T7 (162,6 kg t⁻¹), T5 (162,5 kg t⁻¹) e T6 (161,3 kg t⁻¹) compuseram um terceiro grupo, com resultados muito similares, superior apenas à T2 (158,7 kg t⁻¹) e de T1 (158,1 kg t⁻¹), os piores resultados observados.

Apesar dos efeitos do ethephon na produtividade de colmos serem amplamente reconhecidos, vários trabalhos contestam seus benefícios sobre a qualidade da matéria-prima. Em trabalhos realizados no Havaí (MOORE; OSGOOD 1986, OSGOOD et al., 1983), Ilhas Maurício (GOSNELL; JULIEN, 1976), Sudão (HARDY et al., 1986), Brasil (DEUBER; IRVINE, 1987) e Austrália (ANON 1987), o ethephon reduziu consistentemente a floração, mas somente em alguns casos houve aumento do rendimento de açúcar. O grande número de fatores ambientais e genotípicos que influenciam o florescimento e o acúmulo de açúcares nos colmos, resulta em uma relação altamente variável nos efeitos do ethephon no rendimento de sacarose.

Os resultados obtidos permitem sugerir que os efeitos do ethephon sobre a qualidade da matéria-prima, tal qual os de produtividade de colmos, são dependentes do tempo entre aplicação, emissão da panícula e colheita. O florescimento pode, inicialmente, promover efeitos benéficos, em termos de acúmulo de sacarose, devido a não formação de novos tecidos, colmos e folhas e manutenção das taxas fotossintéticas. Em cana-de-açúcar, a supressão do crescimento favorece a partição de fotoassimilados para armazenamento (CHONG et al., 2010), aumentando a concentração de sacarose no colmo (LI; SOLOMON, 2003; PAMMENTER; ALLISON, 2002; ROBERTSON; DONALDSON, 1998). Além disso, o aumento do consumo hídrico pela planta promove desidratação dos colmos, com aparente aumento nos teores de açúcares.

Todavia, após os benefícios iniciais, a descontinuidade de seu crescimento vegetativo, somado à senescência das folhas existentes promovem redução da taxa fotossintética nas plantas de cana-de-açúcar florescidas, condição agravada pela intensificação das restrições ambientais, em especial, o déficit hídrico. Esse fato leva ao consumo de sacarose e água armazenados nos colmos para o desenvolvimento e manutenção da panícula, fatos agravados pela ocorrência de brotos laterais. A desidratação prolongada, além de diretamente relacionada à isoporização, levará à redução do caldo e dificuldades no momento da extração dos açúcares, o que também colabora para a redução nos valores observados. Os efeitos adversos se acumulam a cada dia de exposição no campo e atingem seus maiores efeitos negativos quando a colheita é realizada a partir de 4 a 5 meses após a iniciação floral (HARDY et al., 1986), período variável em função das condições climáticas (GOSNELL; JULIEN 1976). Esse fato explica os resultados observados em T1 (testemunha) e na aplicação antecipada T2, os quais apresentaram os piores resultados: ao florescerem mais rapidamente e intensamente que os demais, foram submetidos por mais tempo à condições de degradação da matéria-prima.

Mas o que dizer dos tratamentos de melhor resultado em termos de ATR, T9 e T10, mas que também apresentaram altos índices de florescimento? Como será discutido a seguir, embora tais tratamentos tenham apresentado I.F. tão elevados quanto os da testemunha, a emissão de suas panículas ocorreu tardiamente. Quanto mais lento o desenvolvimento da panícula e sua emissão, mais lento é o consumo de fotossintatos armazenados e as perdas de água por evapotranspiração. Além disso,

deve-se ressaltar o efeito do ethephon como maturador. A maturação da cana-de-açúcar está intimamente relacionada às condições climáticas vigentes (CARDOZO; SENTELHAS, 2013). No caso da região centro-sul do Brasil, a ocorrência de déficit hídrico prolongado é o principal promotor da maturação, a qual atinge seus valores máximos justamente no momento de menor oferta hídrica da safra (agosto-setembro) (CARDOZO et al, 2014).

Aplicações de ethephon próximas ao início do período seco permitiram antecipação do início da maturação, a qual foi continuada e intensificada pelos efeitos ambientais. Esse fato já foi observado por Osgood e Teshima (1980), os quais afirmam que, quando utilizado próximo ao momento de colheita, o ethephon promoveu aumento nos teores de sacarose. No entanto, Osgood et al. (1983) ressalta que houve baixa eficiência do ethephon na promoção de maturação quando aplicado por longo período antes da colheita. Diante disso, considera-se que aplicações precoces (janeiro e início de fevereiro) resultaram em elevação momentânea dos teores de sacarose, a qual não foi mantida e intensificada pela ausência de efeitos ambientais compatíveis nos meses subsequentes (março à maio). A disponibilidade hídrica desse período, promoveu retorno ao estado vegetativo e redução proporcional dos valores de sacarose. Os dados obtidos permitem ratificar tais afirmações. No ano de 2015 houve grande disponibilidade hídrica nos meses de maio e junho em praticamente em todos os locais, com condições de seca se consolidando apenas a partir de julho, fato acompanhado de maiores diferenças entre os valores de ATR entre tratamentos realizados. Já em 2016 houve variação nas condições. Regiões como Conquista e Orlândia apresentaram menor precipitação a partir do final de março, com consequente aumento nos teores de sacarose e redução nas diferenças entre os tratamentos. Já em Ourinhos, como visto, a disponibilidade hídrica foi maior e, com ela, a variação dos resultados dos tratamentos.

A combinação dos resultados da produtividade de colmos ($t\ ha^{-1}$) e ATR ($kg\ t^{-1}$), ou seja, a produtividade agroindustrial ($t\ ATR\ ha^{-1}$) é apresentada nas Figuras 22 e 23 para os anos de 2015 e 2016, respectivamente. Nesse caso, pode-se observar a formação de três grandes grupos com os tratamentos avaliados. O primeiro, envolve os tratamentos T3, T4 e T5, os quais obtiveram os melhores resultados, com médias superiores a $22\ t\ ATR\ ha^{-1}$, o que representa incremento médio de $3,5\ t\ ATR\ ha^{-1}$ em relação à testemunha.

Figura 22 - Produtividade Agroindustrial (t ATR ha⁻¹) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlandia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

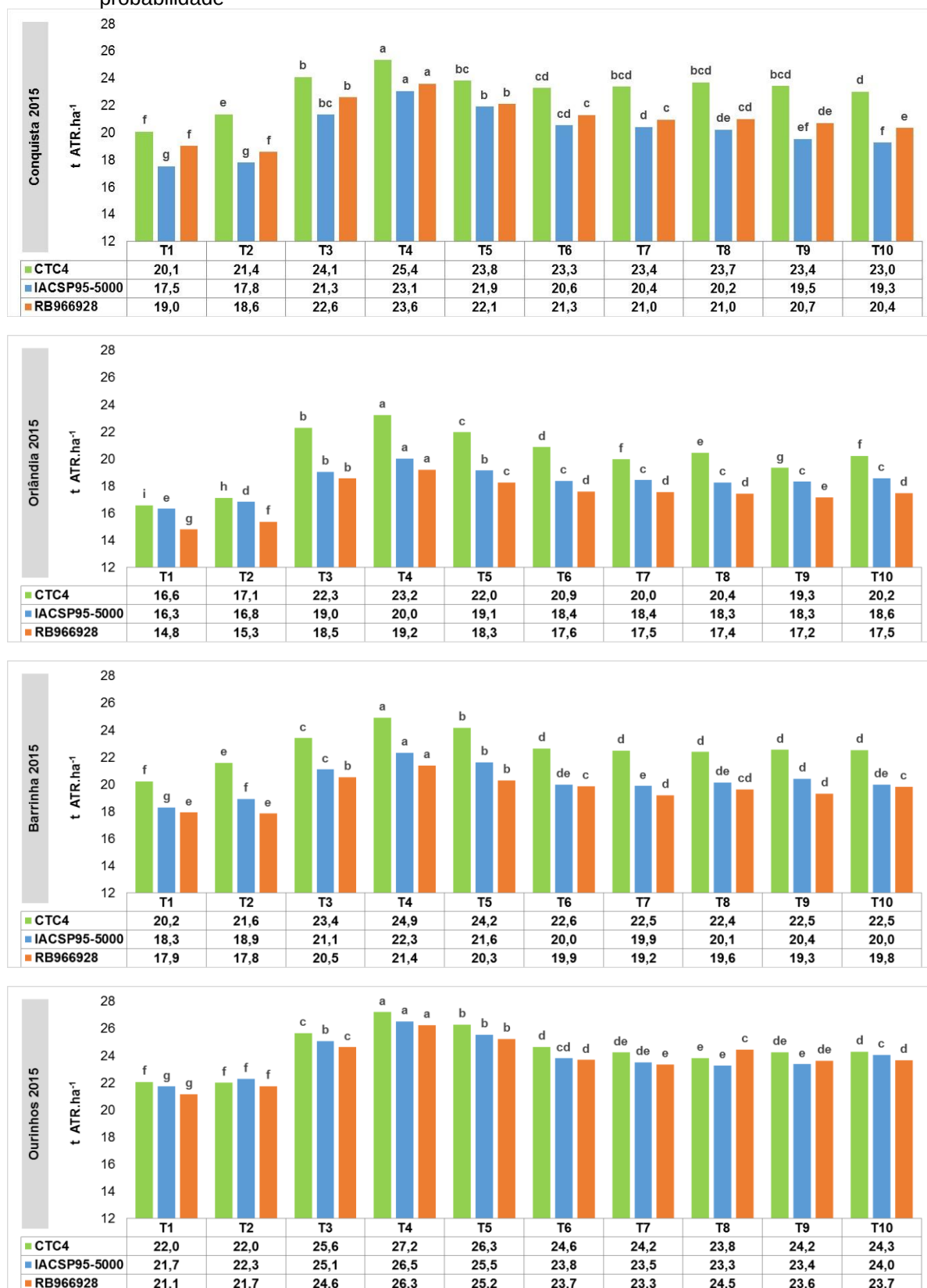
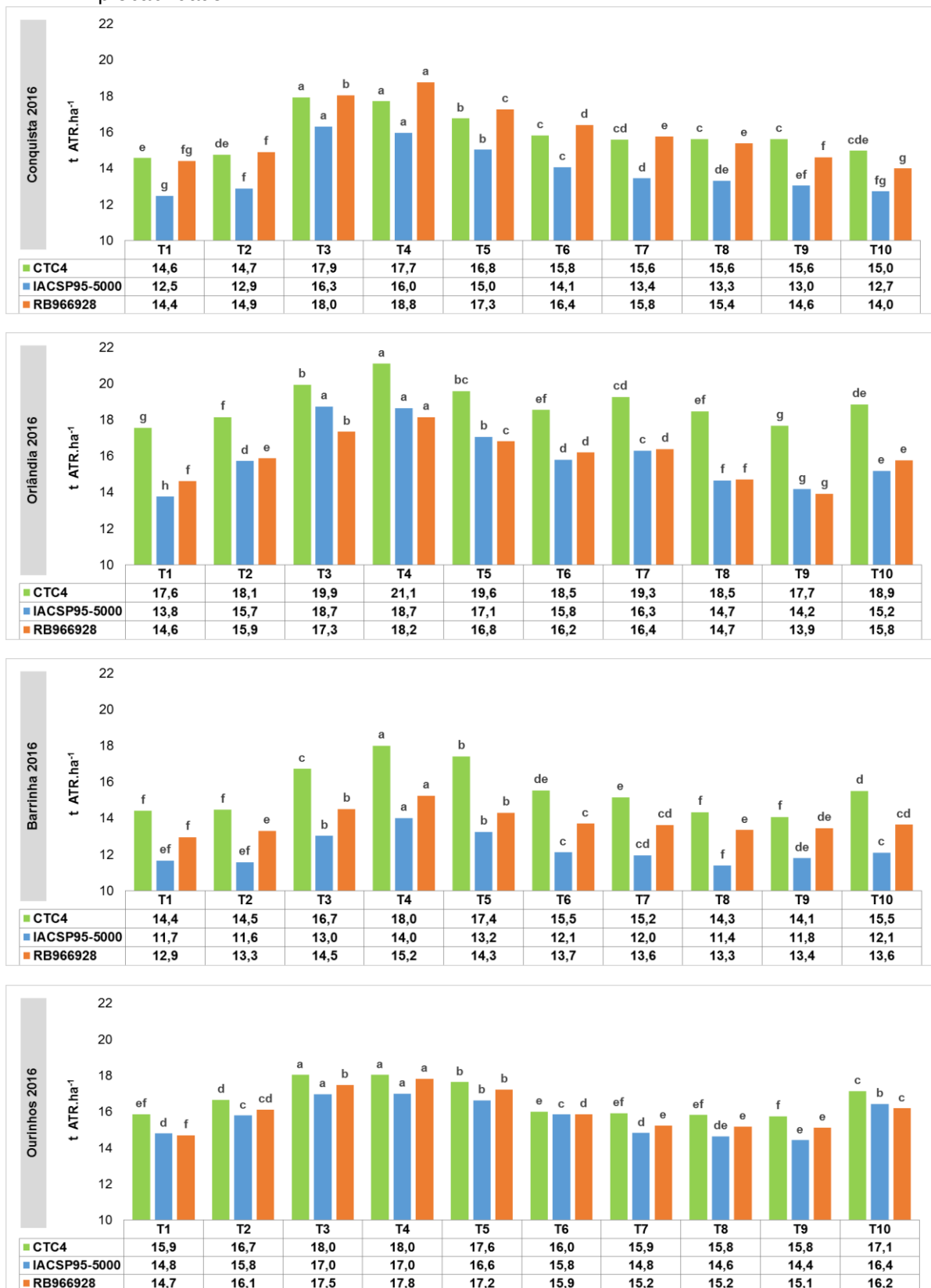


Figura 23 - Produtividade Agroindustrial ($t \text{ ATR ha}^{-1}$) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



O segundo grupo é composto, em ordem decrescente pelos tratamentos T6, T8, T7, T10 e T9, com valores médios superiores a 21,0 t ATR.ha⁻¹, ou seja, ganho médio de 2,3 t ATR ha⁻¹ em relação à testemunha (T1). Embora haja variações se consideradas as cultivares e locais, em geral suas médias foram muito próximas e, inclusive, sem diferença estatística significativa. O último grupo é composto por T2 e T1, com médias gerais iguais a 19,3 e 18,8 t ATR ha⁻¹, respectivamente, e ausência de diferença estatística em grande parte das condições avaliadas. No caso dos tratamentos T8, T9 e T10 a ocorrência de variações regionais, não altera a tendência de que tais tratamentos tenham se mantido não apenas entre os de pior resultado, mas também com desempenho inferior a T2 e, o mais importante, em relação a T1. Assim, os efeitos observados em 2015, quando a aplicação tardia propiciou resultados, mesmo que reduzidos, em relação a testemunha, não se mantiveram em 2016.

Em termos de t ATR ha⁻¹, se comparados aos resultados obtidos em 2015, houve manutenção em 2016 dos tratamentos que apresentaram melhor desempenho. Assim sendo, T4, T3 e T5 foram superiores aos demais tratamentos, com médias iguais a 17,5, 17,1 e 16,6 t ATR ha⁻¹, respectivamente. Tais resultados representam ganhos de até 2,5 t ATR ha⁻¹ em relação à T1. Em seguida, observa-se o grupo composto por T6, T7, T10 e T2 com médias iguais a 15,5, 15,3, 15,2 e 15,0 t ATR ha⁻¹, respectivamente. A queda de T2 nos resultados de qualidade foi compensada pelos observados em TCH, conferindo-lhe melhor posição do que a observada em 2015. Apesar dos bons resultados em qualidade de matéria-prima (ATR), os tratamentos T8 e T9 foram os de pior desempenho na análise conjunta TCH/ATR, principalmente pelos baixos resultados em TCH. Nesse caso, os valores médios obtidos foram iguais a 14,7 e 14,5, muito próximos (e até estatisticamente similares) aos obtidos por T1 (14,3 t ATR ha⁻¹).

4.3.2 Produtos gerados: açúcar e álcool

Na grande maioria dos trabalhos realizados com cana-de-açúcar a apuração dos resultados é realizada de maneira direta, considerando-se apenas os efeitos do manejo utilizado nos resultados de produtividade de colmos (TCH) e qualidade da matéria-prima, expressos em PC (Pol da cana) ou ATR (açúcares totais recuperáveis),

medida que, embora não seja expressão direta do açúcar existente na planta (pois considera as perdas decorrentes do processo industrial), é a de maior apelo ao produtor de cana, pois é utilizada para seu pagamento pelo sistema CONSECANA-SP.

Uma forma pouco utilizada para apresentar os resultados de qualidade da matéria-prima é o seu potencial de conversão em açúcar e álcool. Nas Figuras 24 e 25 são apresentados os valores de rendimento teórico de açúcar (RTS) e nas Figuras 26 e 27 o rendimento teórico de etanol (RTE) obtidos em 2015 e 2016, respectivamente. Essas variáveis expressam o rendimento potencial de açúcar e etanol da matéria-prima em um determinado mix de produção (50/50).

Em 2015, os melhores resultados de RTS foram obtidos nos tratamentos T4, T10, T9 e T3, com valores oscilando entre 66,5 e 65,3 kg t⁻¹, variação 6 a 8% superior à T1. Em seguida, vieram os tratamentos T8, T5, T7, T6 com valores médios que oscilaram entre 64,8 e 63,6 kg t⁻¹. Os piores rendimentos de açúcar foram observados em T2 e T1, com médias iguais a 62,1 e 61,45 kg t⁻¹, respectivamente. Resultado similar foi observado em 2016, todavia com alteração na ordem dos tratamentos de melhor resultado. Nesse caso, os melhores resultados foram, em ordem decrescente, obtidos por T10, T9, T8, T3 e T4, com valores oscilando entre 65,5 e 63,9 kg t⁻¹, variação de 6 à 9% superior a T1. Um segundo grupo foi formado por T7, T6 e T5 com valores médios iguais a 63,4, 62,9 e 62,8 kg t⁻¹. Os menores valores de RTS foram, novamente, observados em T2 e T1, iguais a 61,3 e 60,0 kg t⁻¹.

Os valores de RTE apresentaram maior semelhança do que os de RTS. Em 2015, os tratamentos T10, T9, T4 e T5 foram os que apresentaram melhores resultados, os quais oscilaram entre 55,6 e 55,0 l t⁻¹, variação 4 à 5% superior à T1. Os tratamentos T8, T3, T7 e T6 vieram na sequência com valores muito próximos, os quais oscilaram entre 55,7 e 54,9 l t⁻¹. Os menores valores foram observados em T2 e T1, com valores médios iguais a 54,6 e 53,9 l t⁻¹. Em 2016, a mesma tendência foi observada, porém com ligeiro aumento nos valores de RTE em relação à 2015. O grupo de melhor resultado foi composto por T9, T10, T4, T8 e T5, com valores entre 56,8 e 56,0 l t⁻¹. Em seguida os tratamentos T3 e T7, com valores médios iguais a 55,9 e 55,7 l t⁻¹, respectivamente. O último grupo foi composto por T6, T1 e T2, com valores iguais a 55,2, 55,1 e 54,7 l t⁻¹.

Figura 24 – Rendimento teórico de sacarose (RTS) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

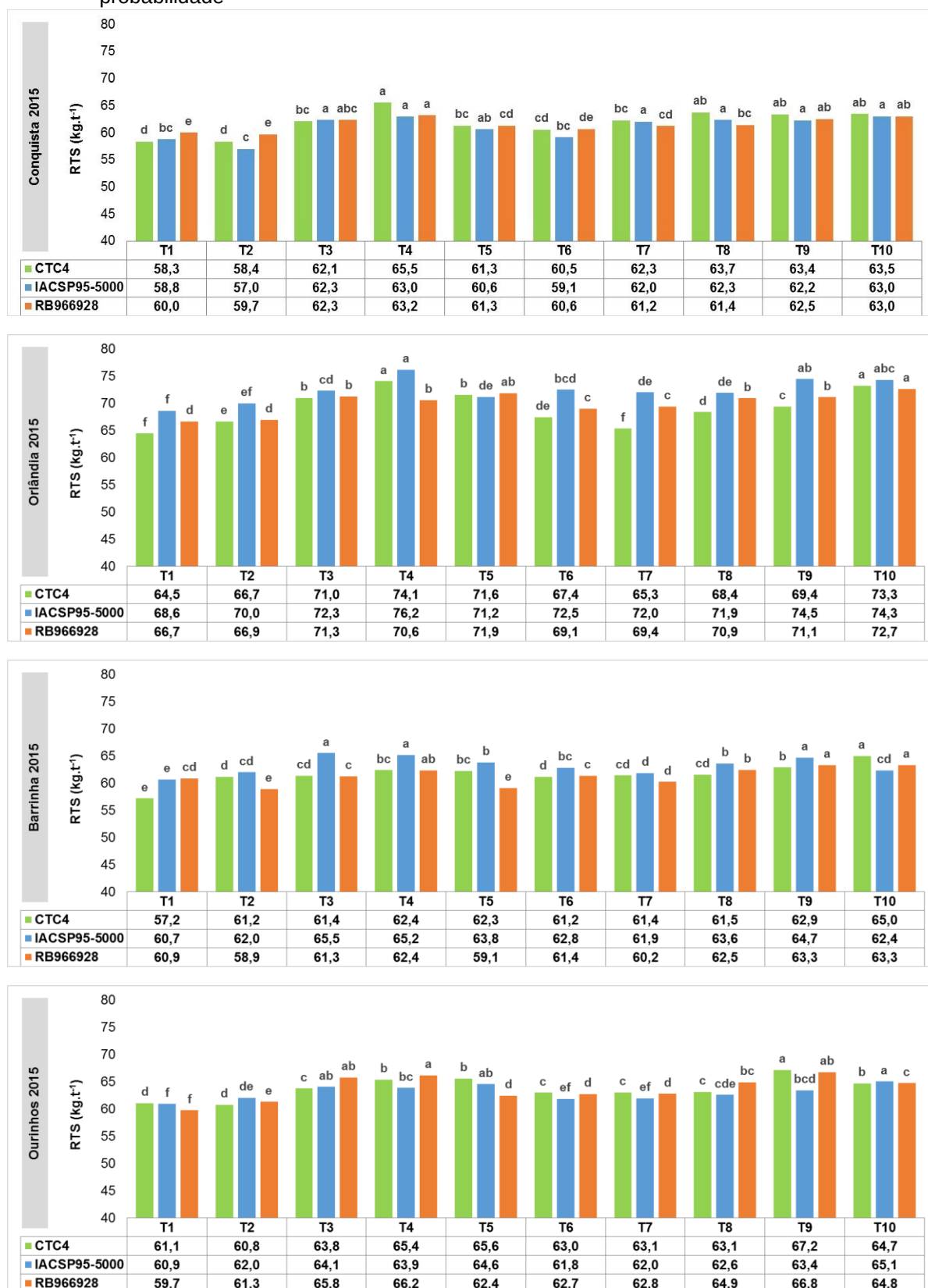


Figura 25 – Rendimento teórico de sacarose (RTS) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

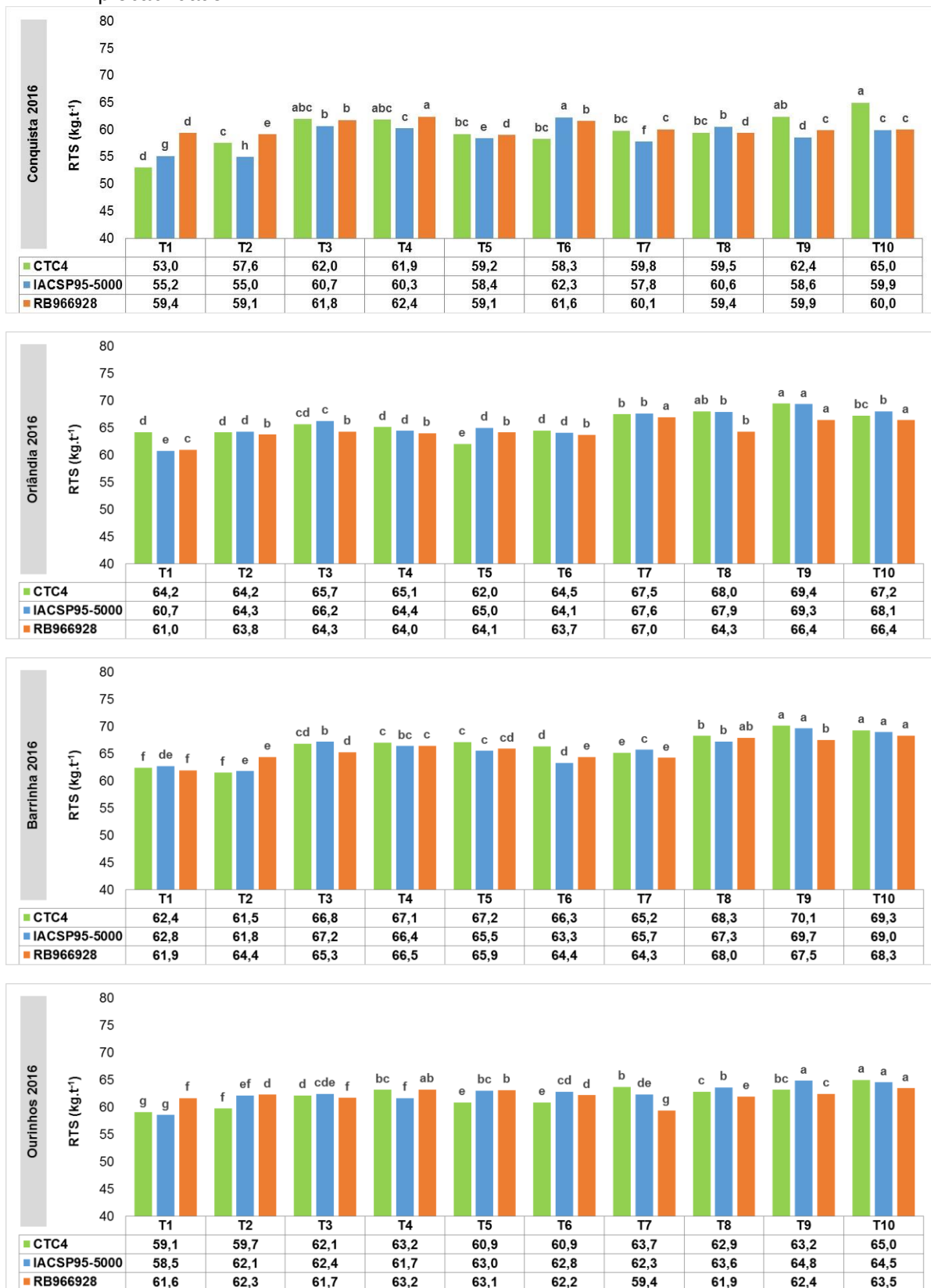


Figura 26 – Rendimento teórico de etanol (RTE) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

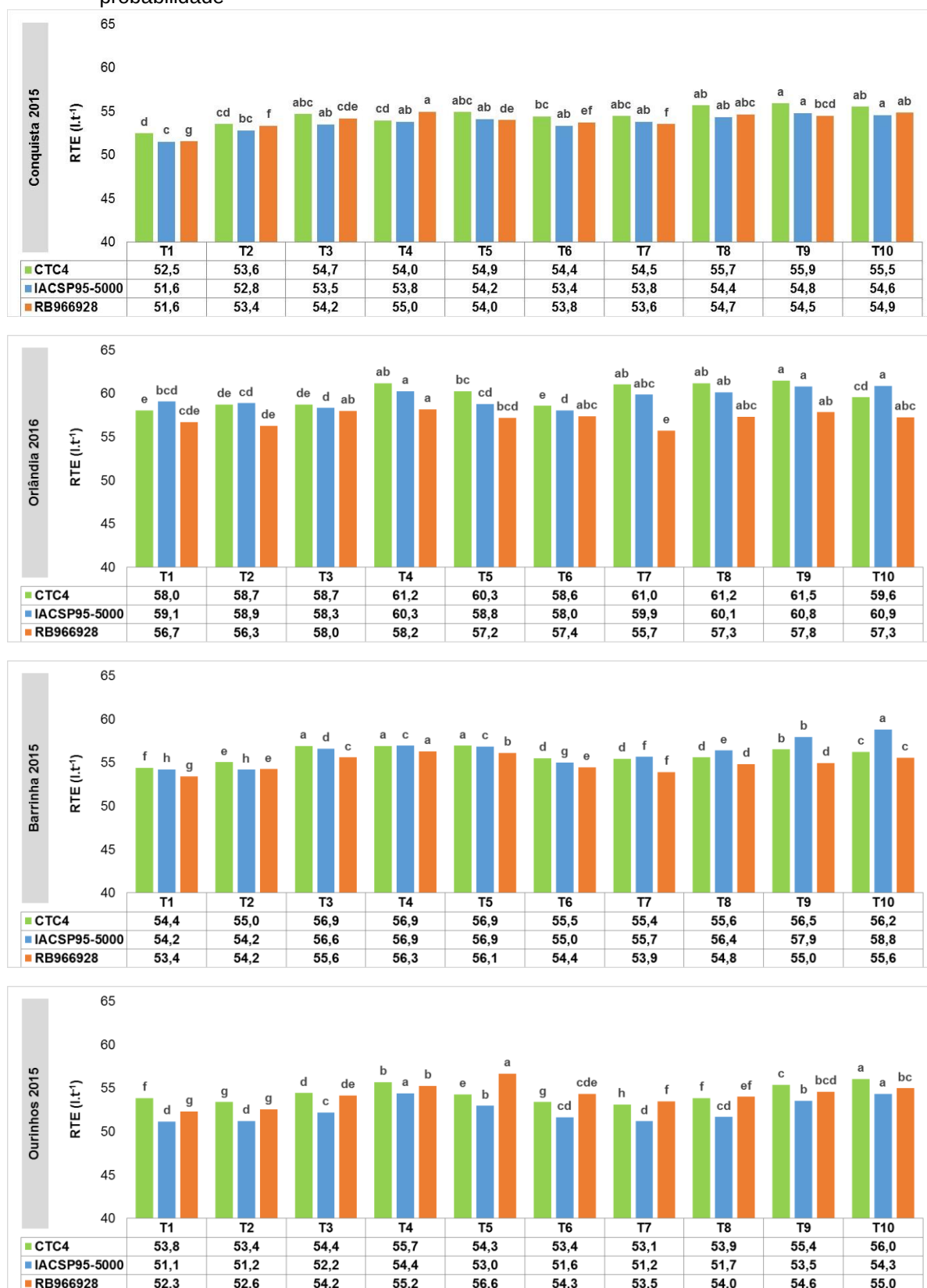
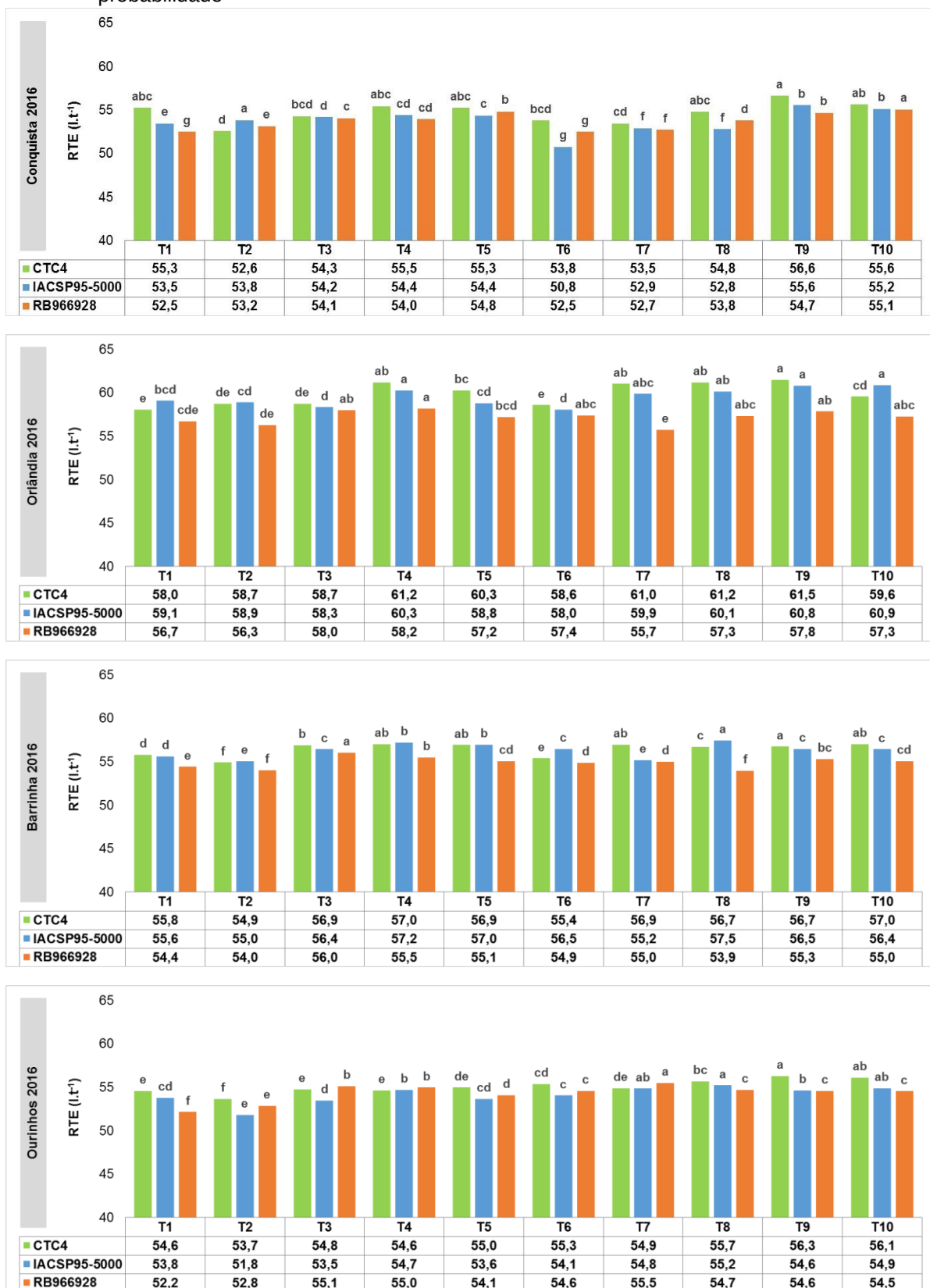


Figura 27 – Rendimento teórico de etanol (RTE) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



Por expressarem um valor teórico de produção de açúcar e álcool por tonelada de cana, dependentes da qualidade da matéria-prima, são reduzidas as variações decorrentes do estágio do canavial. Tais variações estão muito mais relacionadas às condições climáticas regionais e ao potencial acúmulo de sacarose de cada cultivar. Segundo Cardozo (2012), a maturação é influenciada por fatores climáticos, sendo que o déficit hídrico é o principal agente de maturação na região centro-sul do Brasil. O mesmo autor ressalta que diferenças na qualidade da matéria-prima entre cultivares são particularmente importantes no começo da safra, mas tendem a se tornar mínimas no ápice do período-seco (agosto e setembro). Com o retorno das chuvas, tal similaridade tende a ser reduzida, principalmente pelas cultivares de crescimento mais acelerado, as quais iniciarão mais rapidamente o processo de inversão e consumo da sacarose como forma de retomar seu desenvolvimento.

Além das variações regionais e genotípicas, podem ser observadas variações no desempenho dos valores de RTS e RTE, ou seja, nem sempre o desempenho obtido no RTS é repetido por um mesmo tratamento no RTE. Esse fato é devido à composição da matéria-prima e da natureza dos processos que levam à produção de açúcar e álcool. Os colmos apresentam açúcares na forma de sacarose (Pol), glicose e frutose (açúcares redutores, AR), os quais podem ser representados de maneira conjunta como açúcares redutores totais (ART). Embora a glicose seja o produto inicial da fotossíntese, sua conversão em sacarose é necessária para a translocação e armazenamento dos açúcar. Assim, colmos com elevada maturação apresentam não apenas elevados teores de ART, mas uma grande porção dos mesmos na forma de sacarose. Em condições de baixa produção fotossintética, com retorno à vegetação ou, no caso, para formação e manutenção da inflorescência, parte dessa sacarose será novamente convertida em glicose, a qual será utilizada pelo metabolismo da planta (respiração celular).

A obtenção de açúcar de qualidade só é possível a partir de matéria-prima de alta pureza, ou seja, com elevado teor de sacarose: quanto maiores os seus valores, maior será a recuperação de açúcar na seção de cozimento (fórmula SJM) e, conseqüentemente, maior será o RTS. Nesse caso, os açúcares redutores (glicose e frutose) são antagônicos ao processo. Quanto maior o seu valor, menor a pureza e a recuperação na seção de cozimento. Com isso, menor será o valor de RTS e maior a quantidade de mel final produzida. Todavia, o processo de fabricação de etanol não apresenta tal exigência: todos os açúcares presentes no caldo, desde que

fermentescíveis, serão utilizados. Além dos 50% do volume total de caldo destinado à destilaria, o mel final (oriundo da produção de açúcar) também será utilizado. Assim, quanto menor o aproveitamento de RTS, maior será o Brix do mel final encaminhado à destilaria e, conseqüentemente, os valores de RTE.

Os resultados aqui obtidos mostram claramente tal tendência. Houve variação entre os tratamentos de maiores valores de RTS e RTE. Os tratamentos de aplicação mais tardia de ethephon, T9 e T10, apresentaram os melhores resultados e sua alternância de posições pode ser explicada pelas variações nos teores de Brix, PC e pureza (Apêndices 1, 2 e 3). Tais tratamentos apresentam valores elevados não apenas de PC e pureza, mais também de Brix, quando comparados aos demais. Ou seja, independentemente do tipo, tais tratamentos foram os que apresentaram maiores teores de açúcares, fato que resultou nos maiores valores de RTS e RTE. Por outro lado, os tratamentos de menor desempenho, T1 e T2 apresentaram menores valores de Brix e PC, ou seja, menor teor de açúcares totais (ART). Além disso, a redução de PC foi ainda maior do que a verificada no Brix, o que levou à redução da pureza do caldo. Tal ocorrência é devida à inversão da sacarose armazenada nos colmos em glicose e frutose, açúcares redutores, os quais foram consumidos para formação e manutenção da panícula, além de brotos laterais. Esses fatos ajudam a entender o porquê dos ensaios com alto florescimento e de longa exposição no campo, apresentarem maior redução nos valores de RTS do que nos de RTE, quando comparados aos tratamentos de melhor desempenho. Além da redução dos açúcares contidos no caldo, foi reduzida a participação da sacarose, com reflexos no processo de produção de açúcar. Com isso, houve aumento nos teores de ART do mel final produzido e encaminhado à destilaria. Esse fato é de extrema importância pois mostra que, além de afetar negativamente a produção de açúcares por área, o florescimento afeta o rendimento industrial, principalmente de açúcar.

4.3.3 Margens de contribuição agrícola, agroindustrial e industrial

Apesar de importantes, os valores isolados de açúcar e álcool também não são capazes de descrever completamente os reais ganhos ou perdas de um determinado tratamento, principalmente quando se considera a natureza do setor canavieiro do Brasil. Nesse sentido, o setor pode ser dividido em duas partes: de um lado os produtores agrícolas, cujo produto final é a tonelada de cana, cujo valor por tonelada

é determinado a partir dos valores e preços do ATR (CONSECANA-SP, 2011); de outro a unidade industrial, que também pode ser uma produtora de cana-de-açúcar, mas cujo produto final sempre será açúcar e/ou álcool. Embora a venda de cana-de-açúcar no Brasil seja feita a partir de um sistema que considera a qualidade da matéria-prima, ainda há peso acentuado na produtividade agrícola. Como visto, um dos maiores efeitos do ethephon está relacionado, justamente, à produtividade. Entretanto, nem sempre o tratamento de maior resposta em campo é aquele de melhor saldo quando considerados os custos de produção. Nesse caso, destaca-se o custo da colheita mecanizada e do transporte da cana, variáveis diretamente relacionadas à produção de colmos e que representam grande parcela dos custos de produção da cultura. FERNANDES (2011) afirma que a margem de contribuição é o indicador mais adequado para o estudo comparativo de tratamentos que influenciam a produtividade e a qualidade da cana-de-açúcar, tendo em vista que o retorno econômico por hectare depende também da produtividade de colmos.

Nas Figuras 28 e 29 são apresentadas as margens de contribuição agrícola (MCA) de cada cultivar e local avaliados, obtidas em 2015 e 2016, respectivamente. Em 2015, os maiores resultados foram obtidos pelos tratamentos T4, T5 e T3, com valores médios iguais a 8.978,51, 8.370,73 e 8.280,81 R\$ ha⁻¹, respectivamente. Esse desempenho implica ganhos médios iguais a 2.723,30, 2.115,50 e 2.025,60 R\$ ha⁻¹ sobre os resultados da testemunha, respectivamente. Em seguida, estão os tratamentos T6, T8, T10, T9 e T7 com valores oscilando entre 7.695,20 à 7.564,39 R\$ ha⁻¹, variações que proporcionaram ganhos superiores a R\$ 1.300,00 por hectare. Finalmente, os menores resultados foram obtidos em T2 e T1, com 6.544,41 e 6.255,20 R\$ ha⁻¹, respectivamente. Em 2016, a tendência continuou similar, com os tratamentos T4, T3 e T5 novamente apresentando os melhores desempenhos, com valores iguais a 5.730,67, 5.469,26 e 5.190,13 R\$ ha⁻¹, respectivamente. Houve redução na variação em relação à testemunha, com ganhos variando entre R\$ 1809,50 à R\$ 1.581,10 por hectare. Em seguida, vieram os tratamentos T6, T10 e T7, com valores iguais a 4.588,83, 4.515,52 e 4.505,87 R\$ ha⁻¹, respectivamente, os quais propiciaram ganhos que oscilaram entre R\$ 668,0 à R\$ 585,0 por hectare em relação à T1. Finalmente, um último grupo composto por T2, T8, T9 e T1 os quais apresentaram valores iguais a 4.303,02, 4.235,68, 4.124,60 e 3.921,18 R\$ ha⁻¹, respectivamente.

Figura 28 – Margem de contribuição agrícola (MCA) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

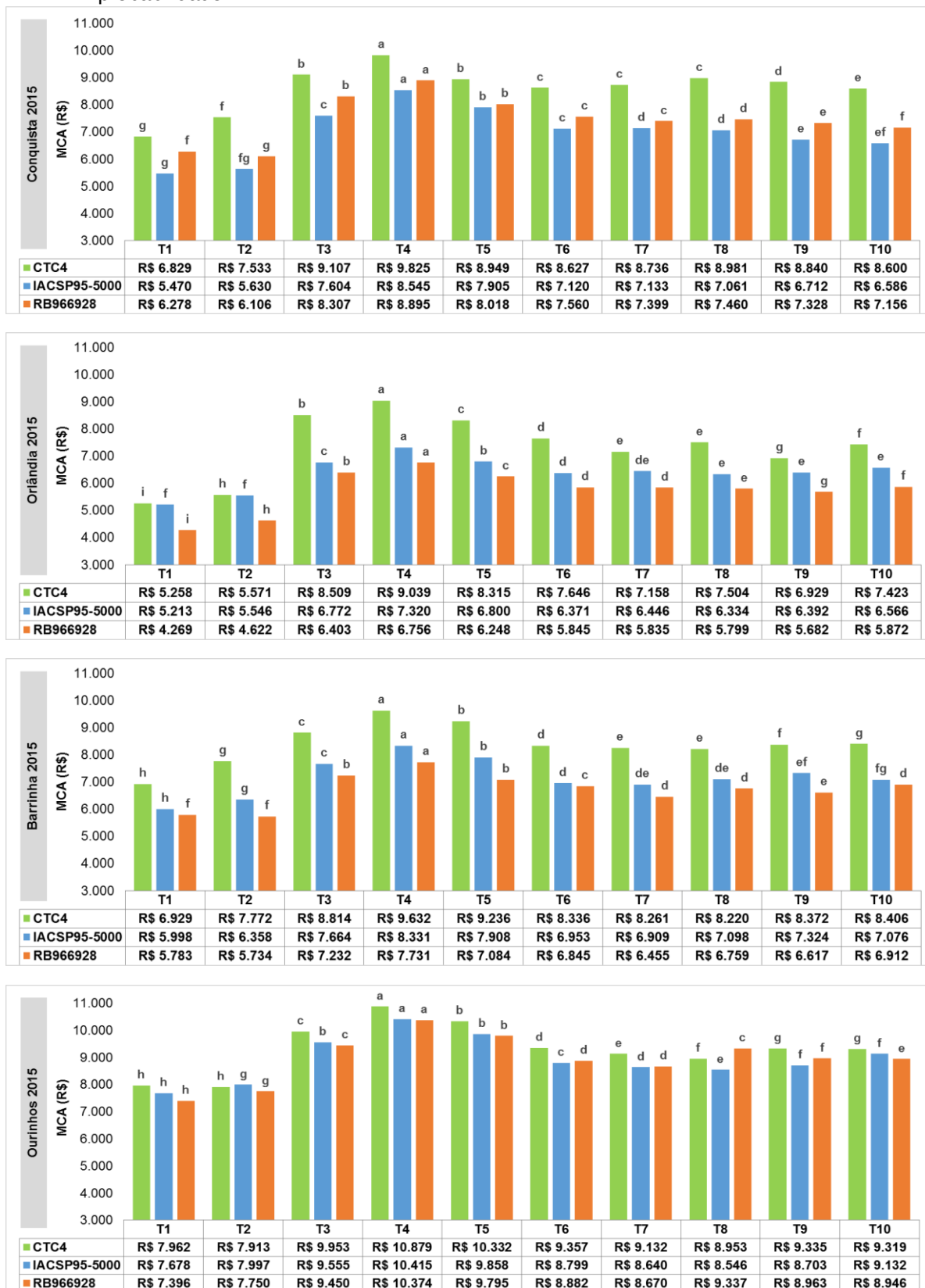
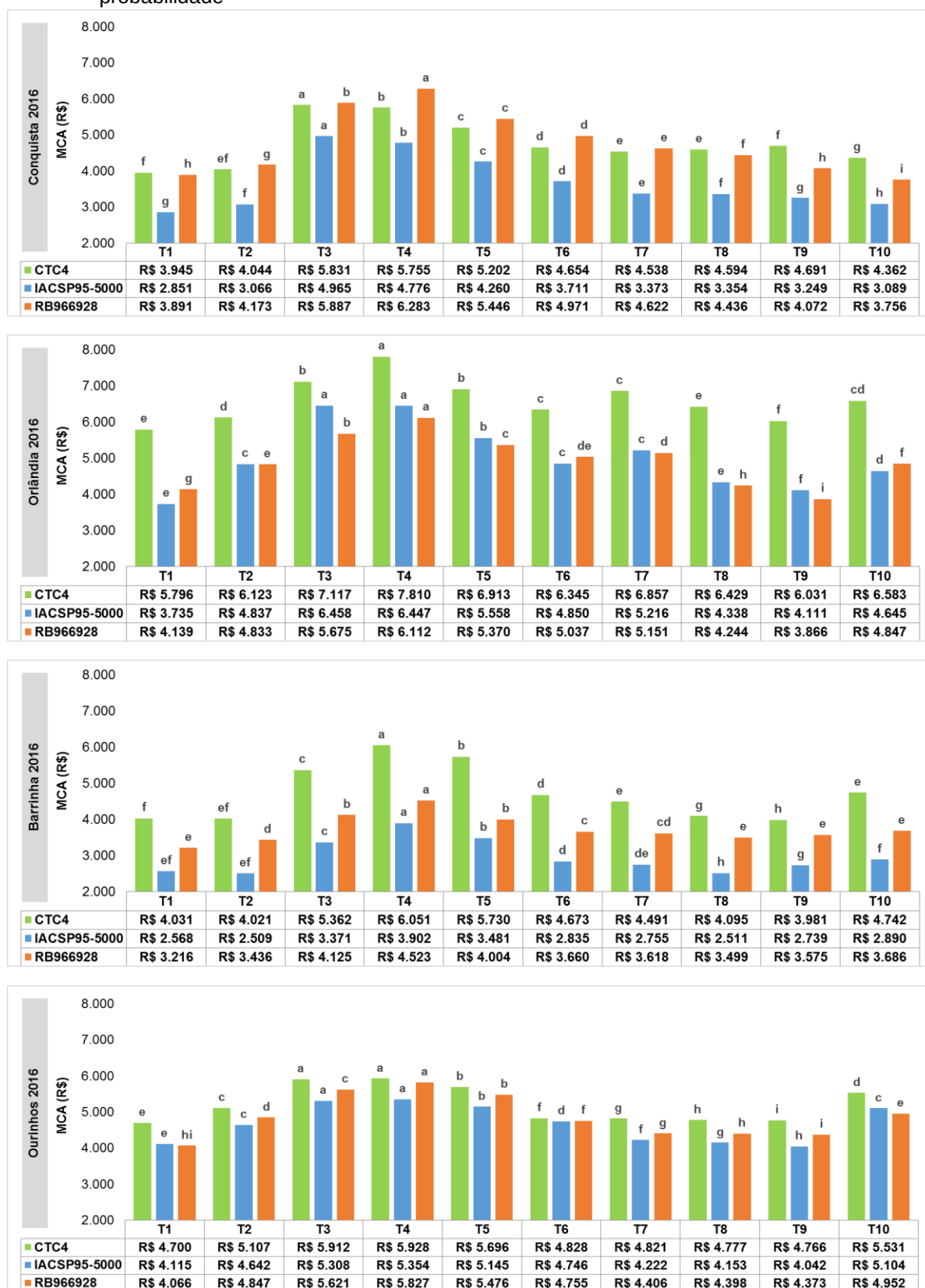


Figura 29 – Margem de contribuição agrícola (MCA) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orliândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



Apesar da MCA ser um índice essencialmente agrícola e sofrer grande influência do valor de TCH, o alto custo envolvido na colheita (diretamente proporcional ao TCH), torna o mesmo uma “faca de dois gumes”. Com isso, aumenta a importância da qualidade da matéria-prima. Segundo Lingle (1997), produções iguais de sacarose por hectare podem ser alcançadas com alta produtividade de colmos de baixo teor de sacarose ou por menor produtividade, desde que essa apresente maiores concentrações desse açúcar. Assim, embora o custo por tonelada colhida e transportada seja o mesmo, se considerado o teor de sacarose dos colmos, o valor da carga transportada e o saldo final do processo, podem sofrer variações significativas. Isso explica o bom desempenho dos tratamentos de aplicação tardia (T8, T9 e T10) quando comparados aos demais. Embora não apresentem os melhores resultados do ensaio, tais tratamentos apresentaram ganhos significativos em relação à testemunha, com ganhos próximos aos observados em tratamentos de menor intensidade de florescimento.

Quando considerada a indústria, duas condições distintas são possíveis. A primeira diz respeito às unidades que realizam todo o ciclo de produção, ou seja, além do processo industrial, também realizam a produção da matéria-prima. Nesse caso, o índice mais adequado é a margem de contribuição agroindustrial, MCAI, cujos resultados obtidos em 2015 e 2016 são apresentados nas Figuras 30 e 31, respectivamente. O segundo caso envolve unidades que não produzem a matéria-prima, comprando-a integralmente de um produtor. Nesse caso, o índice de mais adequado é a margem de contribuição industrial (MCI), cujos valores referentes aos anos de 2015 e 2016 são apresentados nas Figuras 32 e 33, respectivamente. Em ambos os casos, o desempenho dos tratamentos praticamente não sofreu alteração em sua ordem quando comparado àquela observada em MCA. Assim sendo, os tratamentos T4, T3 e T5 continuaram como os de maior retorno financeiro. Todavia, chama a atenção a escala dos valores. Enquanto a média dos valores de MCA (de todos os tratamentos) foi de R\$ 7.662,60 por hectare em 2015 e R\$ 4.658,50 em 2016, os valores observados para MCAI foram iguais a R\$ 18.078,75 e R\$ 12.240,50. Se considerado somente o ganho pela industrialização (MCI), os ganhos médios foram iguais a R\$ 10.416,13 e R\$ 7.582,03 em 2015 e 2016, respectivamente.

Figura 30 – Margem de contribuição agroindustrial (MCAI) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orliândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

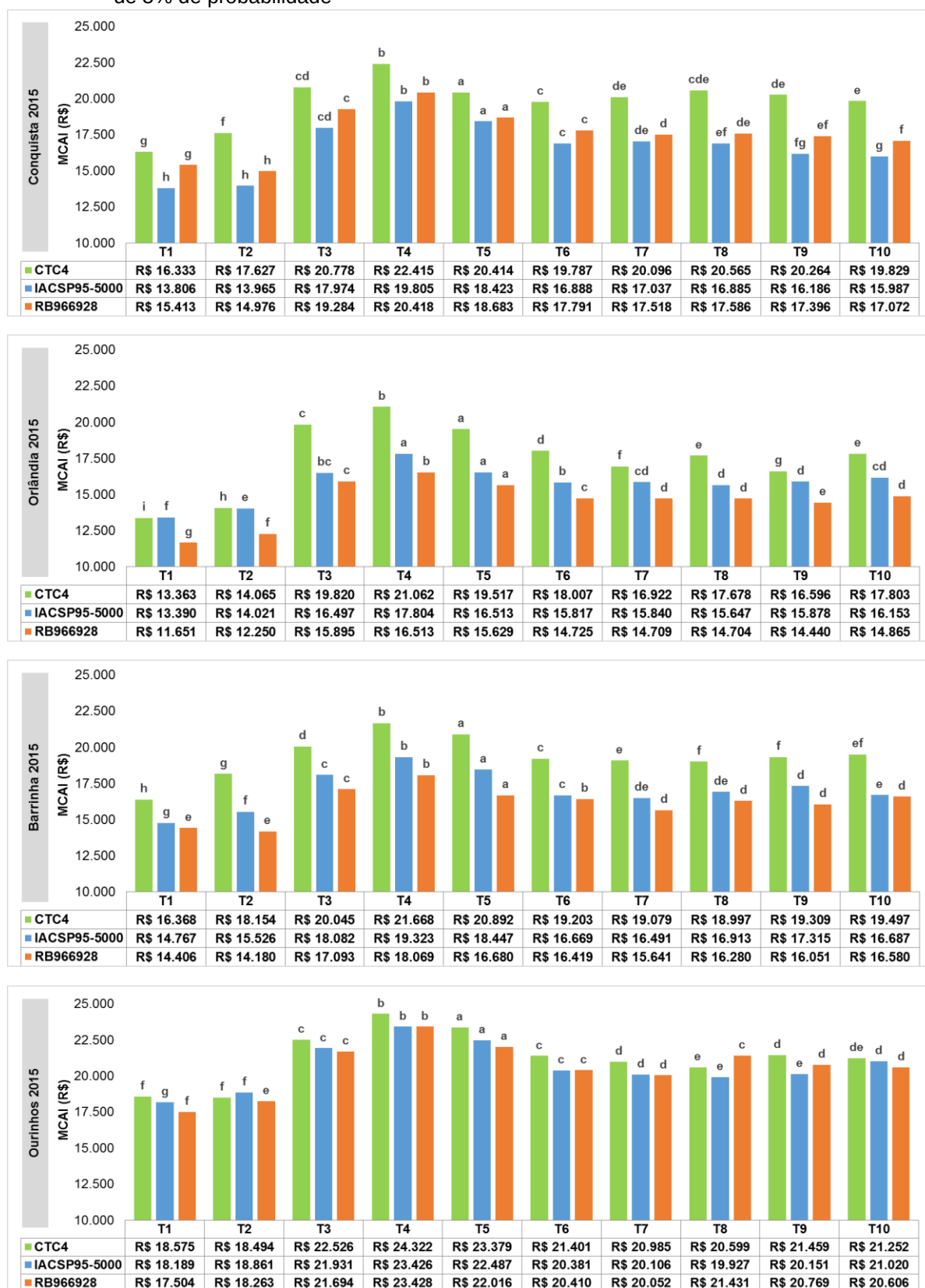


Figura 31 – Margem de contribuição agroindustrial (MCAI) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

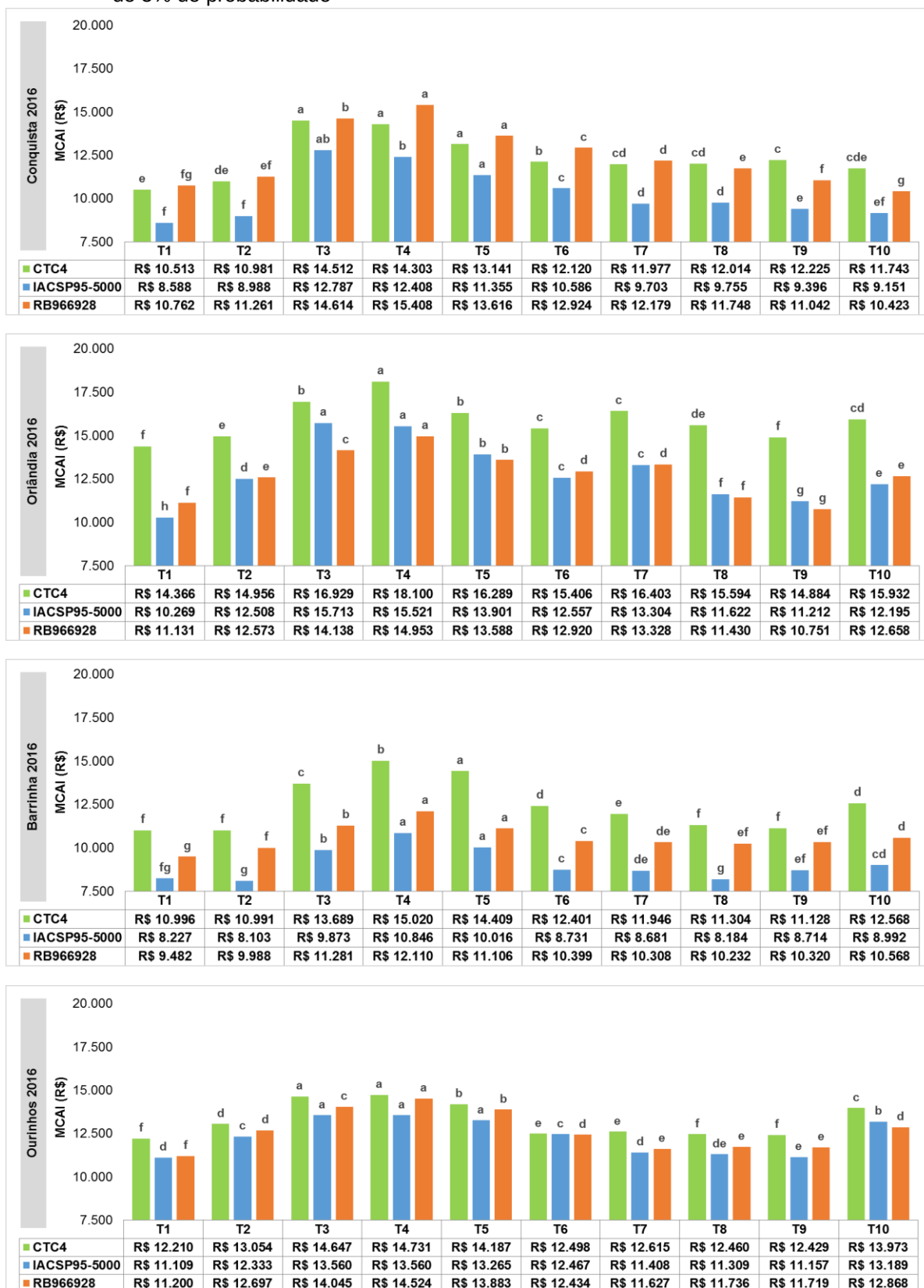


Figura 32 – Margem de contribuição industrial (MCI) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

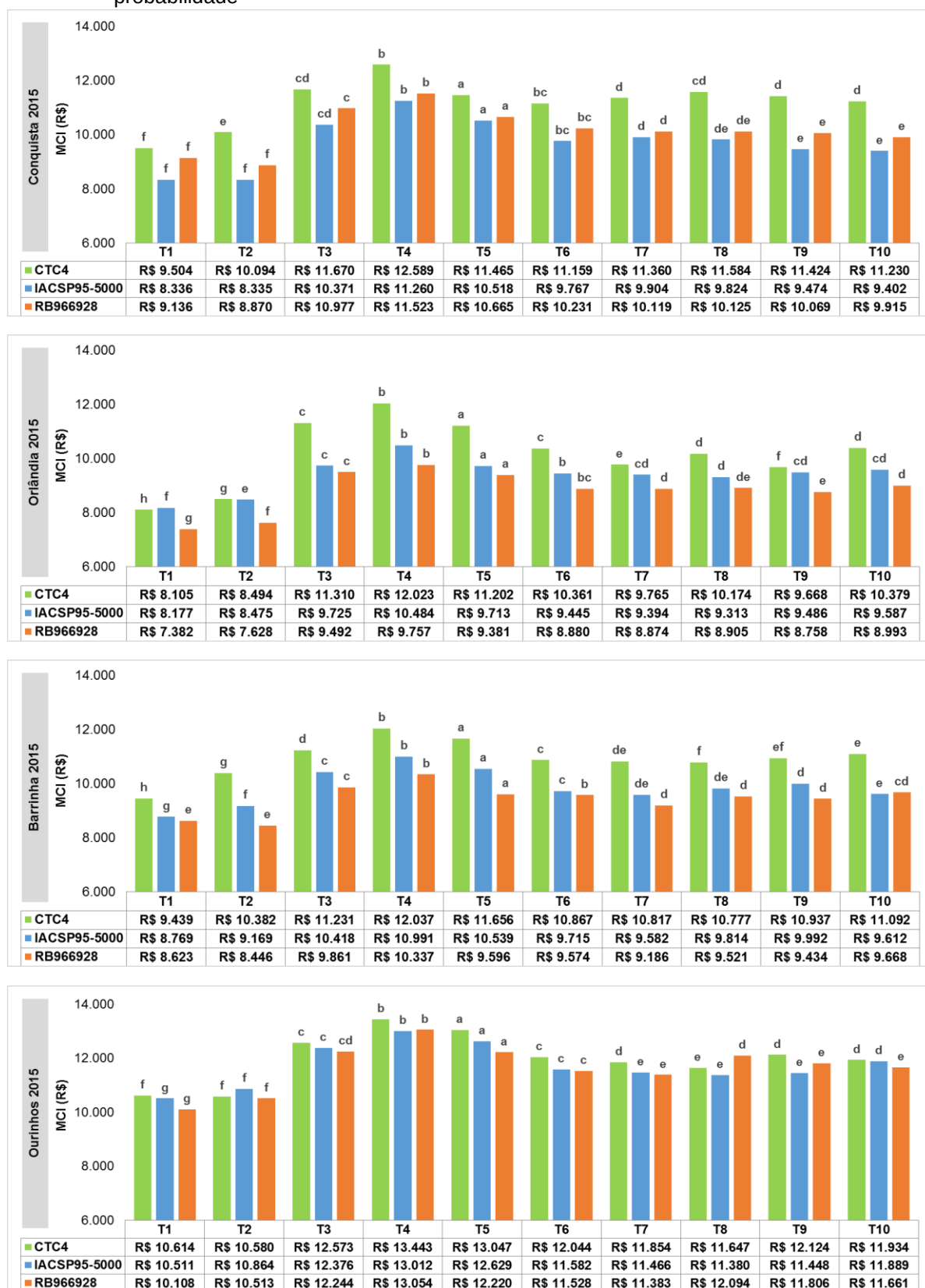
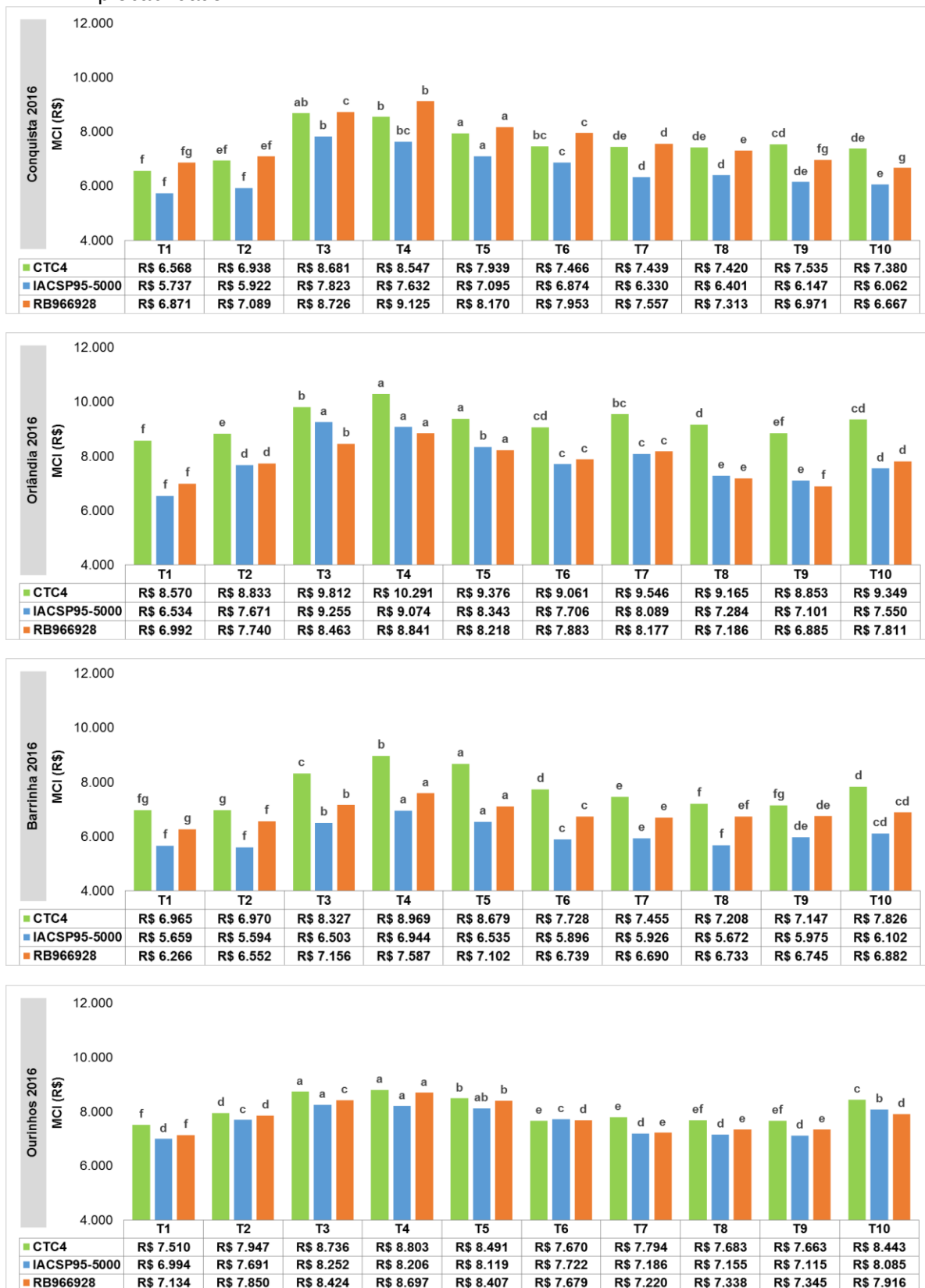


Figura 33 – Margem de contribuição industrial (MCI) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



A industrialização da cana-de-açúcar permite ampliação dos ganhos financeiros, pois nesse caso, ocorre a venda dos produtos finais e não apenas da matéria-prima, cujo valor é definido com base em uma eficiência industrial média, bem como ganhos médios de industrialização. Embora tais fatores não sejam abordados aqui, o uso de ethephon promove ganhos adicionais pela manutenção de maiores teores de caldo, os quais são decisivos para a eficiência de moagem e recuperação da sacarose no processo de extração. Dessa feita, apesar de ser considerado como um investimento da área agrícola, o maior beneficiário da tecnologia é a indústria.

4.4 Variações da produtividade: muito além do florescimento

Apresentados os resultados agrícolas, industriais e financeiros dos diferentes tratamentos realizados e condições observadas (locais, anos e cultivares) a pergunta natural seria: quais os agentes que levaram a tais resultados? Seria apenas a variação na intensidade de florescimento? Sem dúvida, a ocorrência do florescimento e sua intensidade são fundamentais para a compreensão dos resultados obtidos, porém outros fatores também apresentam importância. A extensão dos efeitos negativos promovidos pelo florescimento também é diretamente proporcional ao tempo de exposição no campo e às condições ambientais vigentes, fatores que influenciarão a taxa de desidratação dos colmos, a ocorrência e intensidade de isoporização e o aumento dos teores de fibra, por exemplo (HARDY et al., 1986). Desse modo, a extensão dos efeitos negativos do florescimento a produtividade da cana-de-açúcar também apresenta caráter multivariado. Não raro, a desconsideração desse fato levou a interpretações equivocadas em trabalhos realizados sobre o tema, as quais incluem, até mesmo, questionamentos sobre os reais benefícios do ethephon (MOORE; OSGOOD, 1986; DONALDSON; SINGELS, 2004; HUMM, 2001; WHITBREAD, 1991).

4.4.1 Número de dias para o florescimento máximo (NDFMax)

O número de dias entre a indução e a estabilização das emissões de panículas (florescimento pleno) é uma importante variável a determinar as perdas pelo florescimento. Como sugerido na análise de componentes principais, o atraso na emissão da panícula esteve diretamente relacionado a maiores valores de TCH e

qualidade de matéria-prima. Nas Figuras 34 e 35 são apresentadas as variações no NDFMax resultantes das épocas de aplicação de ethephon nos anos de 2015 e 2016, respectivamente. Apesar de diferenças entre regiões e cultivares, percebe-se uma mesma tendência em todas as condições avaliadas: o uso de ethephon elevou o número de dias necessários para que o florescimento pleno fosse alcançado.

Em condições de cana-de-planta, a cultivar de menor NDFMax foi a RB966928, ou seja, foi a que apresentou florescimento pleno mais rapidamente, com média de 70 dias em T1 (testemunha). Enquanto isso, as cultivares CTC4 e IACSP95-5000 apresentaram valores mínimos iguais a 96 e 120 dias em T1. O uso de ethephon promoveu atraso e desuniformidade na emissão da panícula, independentemente da época de aplicação. Todavia, quanto mais tardia foi sua aplicação, maior foi o número de dias para que o florescimento máximo ocorresse. Assim sendo, os menores atrasos foram observados em T2 (aplicação entre 25 a 30 dias antes do início de P.I.), com aumento médio que variou de 7 (RB966928) a 15 dias (CTC4 e IACSP95-5000) em relação à T1. Os maiores valores de NDFMax foram observados no tratamento T10, com valores iguais a 168, 194 e 124 dias, para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente. Tais valores representam atrasos de 72, 75 e 54 dias em relação ao tempo requerido pela testemunha das citadas cultivares.

Outro fator a destacar foi a manutenção da demanda de cada cultivar: RB966928 permaneceu como a de mais rápida emissão, seguida por CTC4 e IACSP95-5000. Comparando-se regiões, embora tenha havido certa similaridade, pode-se sugerir certa tendência de menores valores (médios) de NDFMax em Conquista, seguida por Orlândia, Barrinha e Ourinhos.

As tendências observadas em 2015 foram confirmadas em 2016 nas condições de cana-soca: 1) o uso de ethephon levou a atraso e desuniformidade da emissão das panículas; 2) quanto mais tardia a aplicação, maior foi o atraso; 3) a cultivar RB966928 foi a de emissão mais rápida, seguida por CTC4 e IACSP95-5000; 4) as regiões de Conquista e Orlândia apresentaram menor NDFMax, seguidas por Barrinha e Ourinhos. Houve aumento no NDFMax de todos os tratamentos, inclusive em T1. Em 2016, os valores de NDFMax de T1 foram iguais a 138, 158 e 108 para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente. Isso implica aumento próximo à 40 dias em relação aos valores de T1 obtidos em 2015.

Figura 34 - Número de dias para ocorrência de florescimento máximo (NDFMax) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

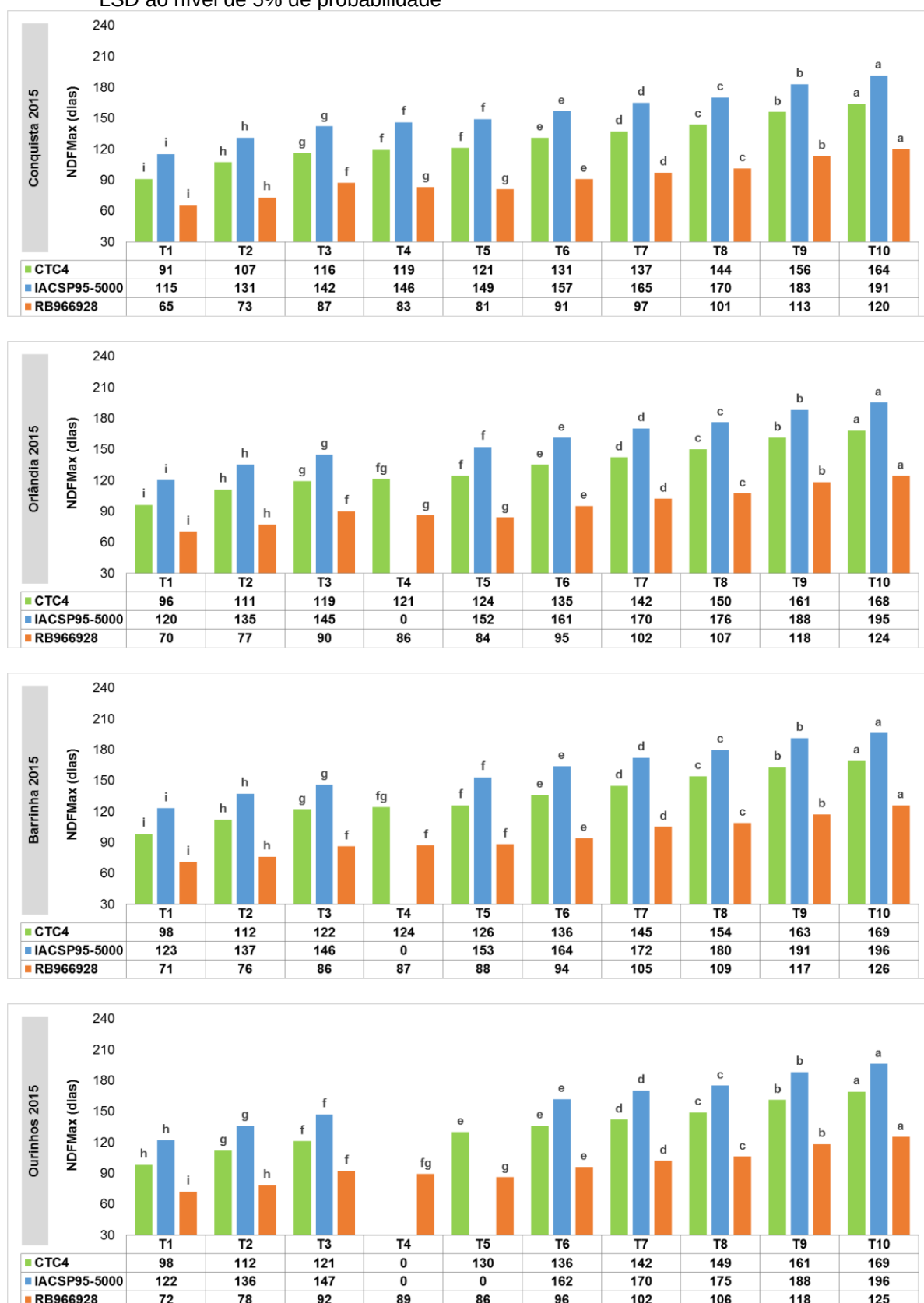
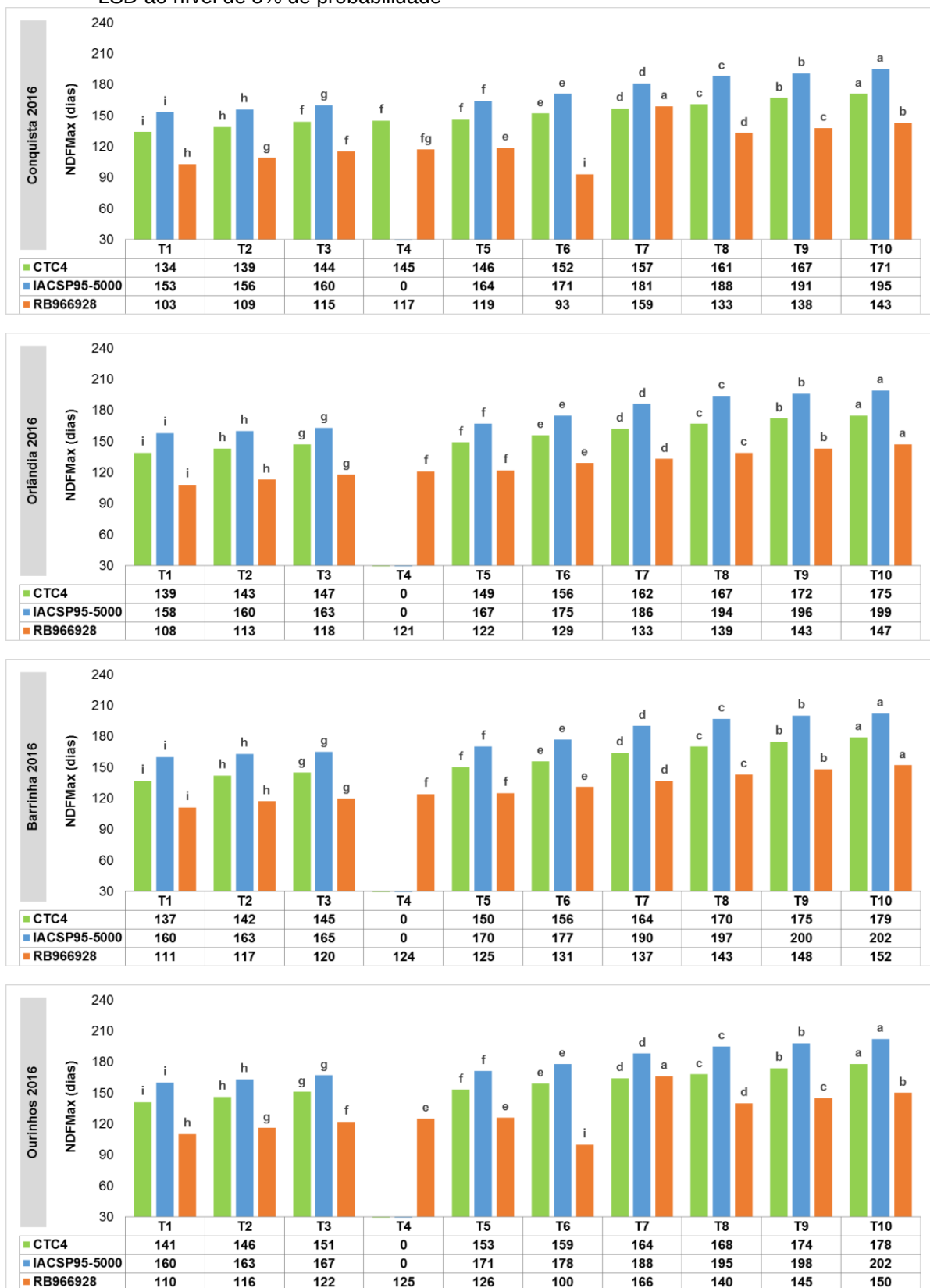


Figura 35 - Número de dias para ocorrência de florescimento máximo (NDFMax) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



O mesmo padrão foi observado nos demais tratamentos, com aumento no NDFMax até que valores máximos foram observados em T10, os quais foram iguais a 176, 200 e 148 dias para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, respectivamente. Nesse caso, o aumento nos valores de NDFMax foram bem menores, iguais a 8, 6 e 24 dias em relação aos resultados das citadas cultivares durante o ano de 2015. Tal redução leva a sugerir que houve desaceleração no aumento de NDFMax em função do adiamento da aplicação de ethephon. Outro fator de variação foram as cultivares. Embora a RB966928 continue como a cultivar de menor NDFMax, em 2016 foi a que apresentou maior aumento no NDFMax em relação à 2015, com média de 33 dias, enquanto CTC4 e IACSP95-5000 apresentaram 23 e 18 dias, respectivamente.

A variação na época de emissão da panícula é um fato natural e bastante conhecido pelos técnicos que trabalham com o melhoramento genético da cana-de-açúcar (BRETT; HARDING 1974). Segundo Moore e Berding (2014), o desenvolvimento da panícula demanda, como valores médios, entre 70 a 100 dias. Tais valores são próximos aos observados nas condições de T1 em 2015, porém consideravelmente menores dos que os observados em 2016. Nesse caso, são várias as possíveis causas de variação. A primeira delas é o critério de determinação do valor. No presente ensaio, considerou-se a estabilização das emissões das panículas para determinar a data de florescimento, ou seja, ela refere-se ao momento em que o mesmo atingiu valor máximo e não à primeira ocorrência. Mesmo que utilizados os mesmos critérios, fatores como cultivar, condições climáticas no momento da iniciação e durante o desenvolvimento da panícula apresentam grande importância (JULIEN, 1971; MOORE, 1974a). Segundo MacColl (1977) uma mesma cultivar apresentou variação de 9,7 a 12,5 semanas para florescer quando exposto à diferentes condições ambientais. O ritmo de desenvolvimento da panícula varia em função de variáveis climáticas (MOORE; NUSS, 1987), sendo reduzido em condições limitadas de temperatura do ar (inferior a 21 °C) e reduzida disponibilidade hídrica (PANJE; SRINIVASAN, 1960) CLEMENTS; AWADA, 1965; NUSS; BRETT, 1977; MOORE, 1976).

O atraso na iniciação do florescimento ocorre naturalmente quando restrições ambientais (valores extremos de temperatura do ar e restrição hídrica) são observadas durante o início do período indutivo. James e Miller (1971) afirmam que a

emergência da panícula é atrasada cerca de 1,4 dias para cada 1 dia de atraso na data da iniciação. A condição descrita acima é exemplificada pelo ocorrido nas regiões de Conquista e Ourinhos durante o ano de 2015, por exemplo. Em Conquista, além do período indutivo iniciar mais cedo (em 23 de fevereiro), o regime térmico e hídrico esteve próximo ao ideal desde o início de P.I. Enquanto isso, em Ourinhos, além do começo mais tardio (27/02), as condições térmicas e hídricas ideais ocorreram principalmente do meio para o final do P.I. Tal padrão ajuda a compreender os maiores valores de I.F. observados em Conquista e, principalmente, o porquê dos menores valores de NDFMax quando comparado a Ourinhos. Os efeitos do ethephon na redução do ritmo de desenvolvimento da panícula e no atraso de sua emissão já foram observados por outros autores. Deuber e Carlucci (1991) relataram irregularidade e atraso na emissão das panículas da cultivar IAC52-150 em tratamentos que envolveram uso de ethephon. Durante amostragem realizada em agosto, os autores encontraram grande número de panículas ainda em desenvolvimento e não emitidos (colmos encartuchados), fato novamente observado em outubro, no momento da colheita. Todavia, os autores atribuíram tal efeito à ocorrência de déficit hídrico, embora o mesmo não tenha, aparentemente, influenciado a testemunha (sem aplicação de ethephon), que em agosto já possuía 78% de panículas emitidas.

No trabalho ora discutido, o uso de ethephon promoveu efeitos similares aos observados quando restrições ambientais ocorrem durante e após o período indutivo. Conforme discutido, nos tratamentos que envolveram aplicação de ethephon antes do início do período indutivo e mesmo assim floresceram (T2 e, em menor grau, T3), foi necessária a metabolização do ethephon para, somente então, a planta tornar-se novamente apta à indução. Com isso, a indução ocorreu mais tardiamente, próximo ao final do período indutivo, levando a atraso sequencial nas demais etapas de desenvolvimento da inflorescência. Em tais tratamentos, portanto, os efeitos do ethephon consistiram em retardar o processo de iniciação, mas não o desenvolvimento da panícula em si. Eis o porquê do atraso observado na emissão das panículas serem menores em T2 e T3 quando comparado aos demais tratamentos e próximos àqueles observados em T1.

No caso de aplicações realizadas durante e após o período indutivo os efeitos do ethephon são diferentes. Afinal, a iniciação já havia ocorrido previamente à aplicação de ethephon. Seus efeitos devem, então, estar relacionados à redução na

no ritmo de desenvolvimento da panícula. No momento da aplicação, os tratamentos T9 e T10, de maior NDFMax, apresentavam panículas com desenvolvimento similar aos da testemunha, identificáveis a olho nu. Todavia, um mês após a aplicação, seu desenvolvimento permaneceu praticamente o mesmo, sendo alcançado e, até mesmo, superado pelos demais tratamentos que apresentaram florescimento. Isso se deve ao momento da aplicação e às condições de desenvolvimento da panícula.

Como visto, condições adversas ocorridas durante a formação dos órgãos florais e na fase de alongamento da panícula, não promovem reversões, mas afetam o desenvolvimento da panícula e levam ao atraso em sua emissão (JULIEN, 1971; MOORE; NUSS, 1987). Assim, pode-se sugerir que o uso de ethephon simulou e, até mesmo, intensificou os efeitos que ocorrem naturalmente, quando as plantas são expostas à períodos de seca ou de redução abrupta da temperatura logo após o período indutivo. Os resultados obtidos em 2016 parecem confirmar essa afirmação. O aumento no NDFMax em todos os tratamentos, inclusive na testemunha, deve-se, muito provavelmente, às condições ambientais vigentes. O ano de 2016 foi caracterizado por um período de déficit hídrico acentuado durante os meses de abril e maio, seguido de redução abrupta da temperatura do ar nos meses de junho e julho. Embora não impeça as perdas decorrentes da interrupção do crescimento vegetativo, o atraso no desenvolvimento e na emissão da panícula apresenta relação com a taxa de degradação dos colmos. Quanto mais rápida a emissão, mais intenso será o metabolismo da planta e, portanto, o consumo de açúcares e água. Como visto há uma importante relação entre o momento da emissão da panícula e da colheita dos colmos na intensidade das perdas observadas no campo. Diante disso, muitos autores sugerem que a variável mais importante que regula a relação entre florescimento e produtividade é o intervalo de tempo entre floração e colheita. Quanto mais rápida a emissão da panícula e maior o tempo em que a mesma permanecer exposta no campo, maiores serão as perdas observadas pelo produtor (HES, 1951; COLEMAN, 1968, GOSNELL; JULIEN, 1976).

4.4.2 Intensidade de Isoporização (I.Iso)

Como discutido acima, quanto maior o tempo de exposição da panícula no campo, maior a probabilidade de perdas relacionadas ao florescimento. Entre os vários fatores envolvidos, destaca-se a desidratação dos colmos e a formação de

tecidos isoporizados (JULIEN et al. 1977; HARDY et al., 1986). A intensidade da isoporização dos colmos, observada em 2015 e 2016, é apresentada nas Figuras 36 e 37, respectivamente. Em condições de cana-planta (2015) percebe-se a existência de um padrão de resposta dos tratamentos em todas as regiões e cultivares. Os maiores valores de isoporização foram observados em T1 (testemunha) e T2, com valores médios iguais a 24,1% e 20,1%, respectivamente. Em seguida, um segundo grupo composto por T7 (17,4%) e T6 (15,1%), T8 (13,2%), T9 (12,1%) e T10 (11,6%). Finalmente, os menores resultados foram observados, em ordem decrescente, em T5, T3 e T4, com valores iguais a 6,9%, 6,7% e 2,8%, respectivamente.

Se consideradas as cultivares e regiões percebe-se alteração apenas na intensidade dos valores, mas não na sequência do desempenho de cada tratamento. A maior intensidade de isoporização (média dos tratamentos) foi observada na RB966928, com 16,4%, seguida por IACSP95-5000 e CTC4, com 12,4 e 10,3%, respectivamente. Considerando-se as regiões, houve maior intensidade de isoporização em Orlândia e Conquista, com valores iguais a 16,7% e 15,5%, respectivamente. Os menores valores foram observados em Barrinha (11,9%) e Ourinhos (7,9%).

Em 2016, houve manutenção da mesma distribuição dos tratamentos. T1 e T2 foram aqueles que apresentaram maior intensidade de isoporização, com 29,5% e 24,6%, respectivamente. Em seguida, foram observados os tratamentos, em ordem decrescente de intensidade de isoporização: T7 (20,5%), T6 (18,5%), T8 (15,5%), T9 (13,9%) e T10 (13,6%). Os tratamentos de menor intensidade de isoporização também permaneceram os mesmos, com valores iguais a 11,5%, 10,1% e 6,2%, para T5, T3 e T4, respectivamente. Embora tenham mantido sua posição, os tratamentos T5, T3 e T4 apresentaram os maiores aumentos percentuais em relação ao ciclo anterior, superior a 50%. Considerando-se as variações entre cultivares e locais, o padrão permaneceu o mesmo. Desse modo, entre as cultivares, a RB966928 foi a que apresentou maior intensidade de isoporização (19,6%), seguida por IACSP95-5000 (15,8%) e CTC4 (13,7%). No caso das regiões, os maiores valores de isoporização foram observados em Orlândia (20,5%), Conquista (18,6%), Barrinha (15,5%) e Ourinhos (10,9%).

Figura 36 – Intensidade de isoporização (I.ISO.) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlandia e Conquista em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

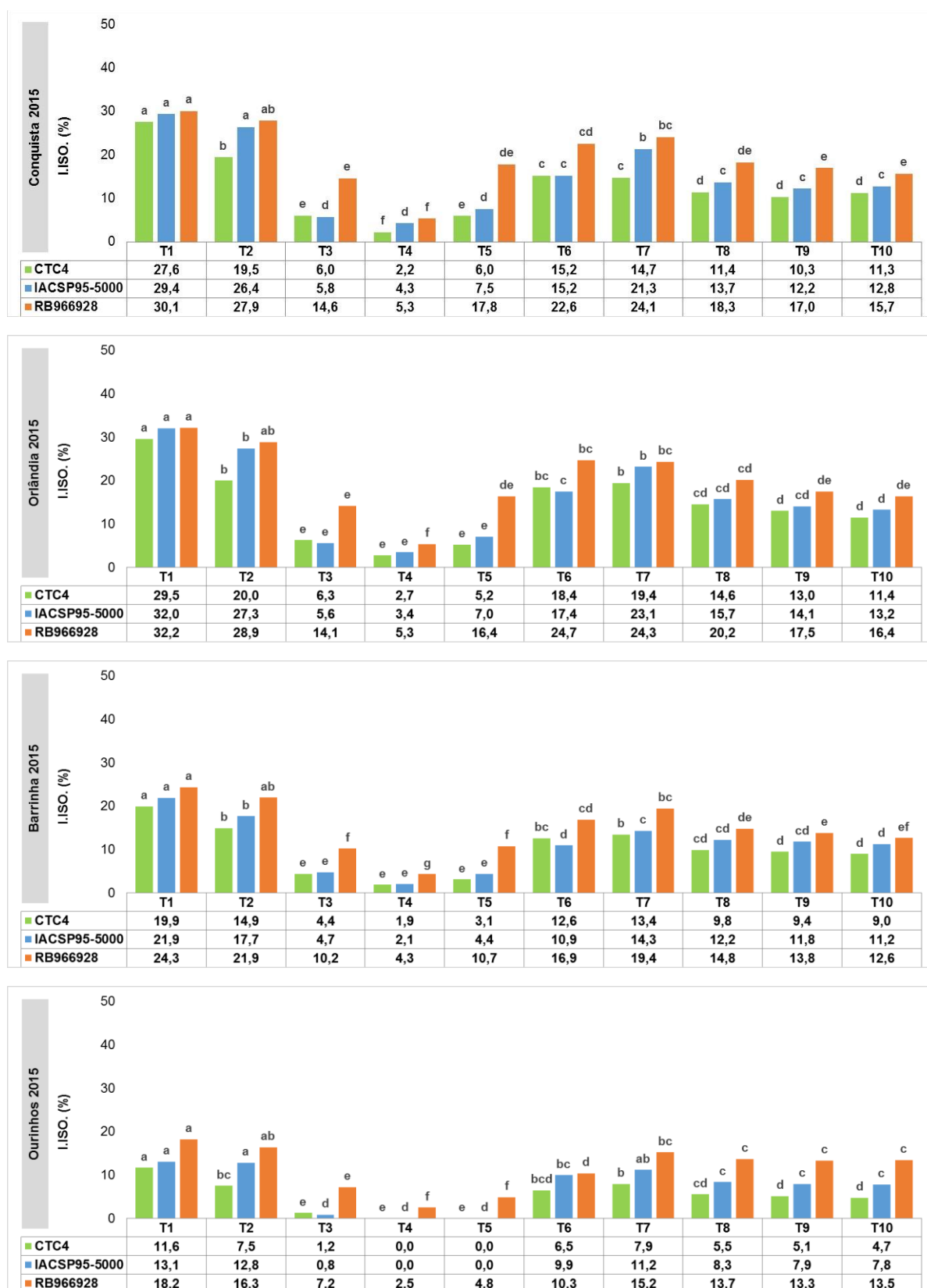
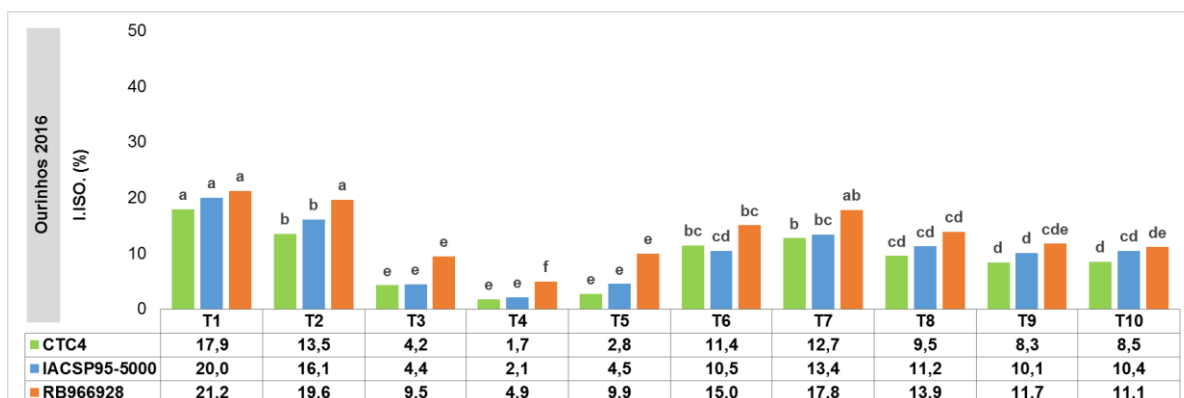
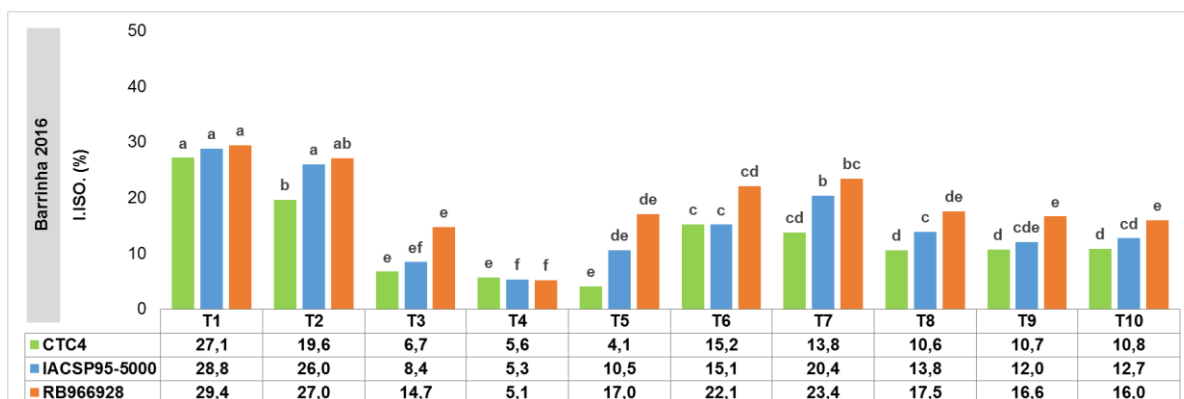
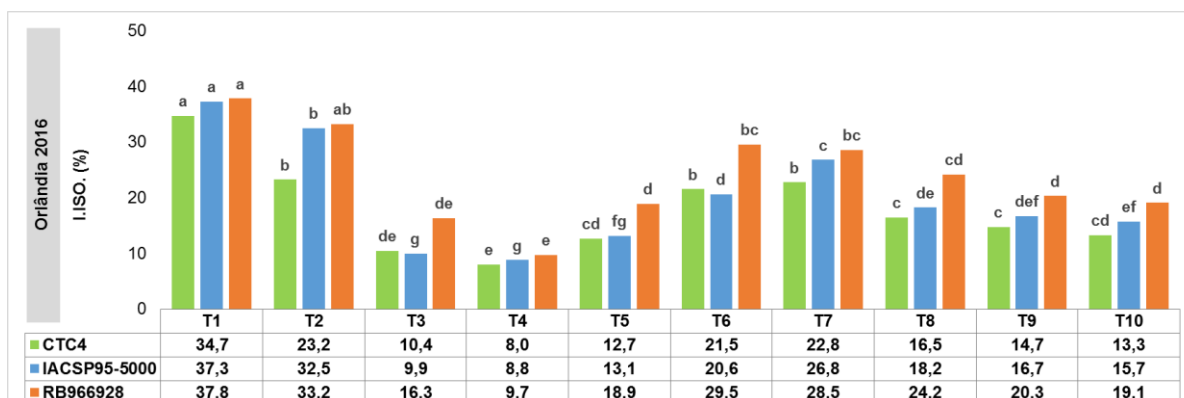
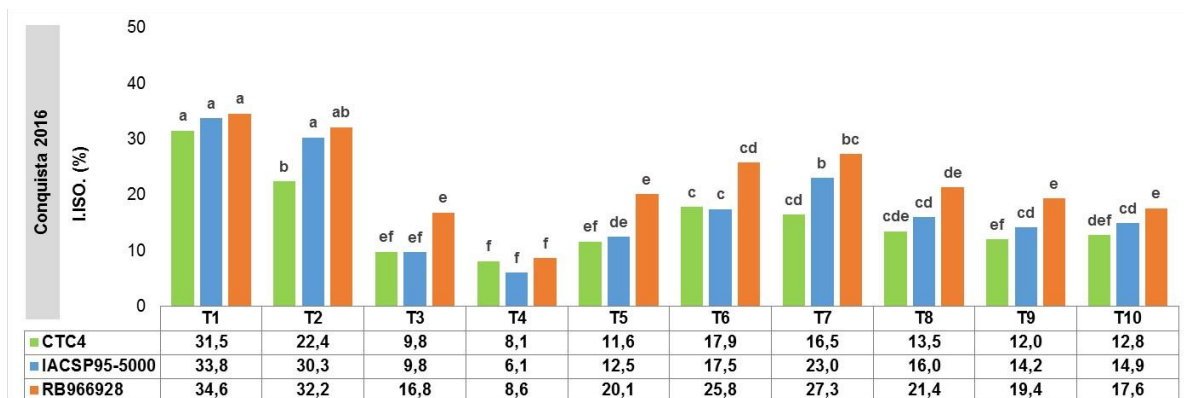


Figura 37 – Intensidade de isoporização (I.ISO.) das cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlandia e Conquista em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



A partir dos dados apresentados, é possível sugerir que a maior diferença entre 2015 e 2016 foi o aumento da intensidade de isoporização, independentemente do tratamento, região ou cultivar considerada. Até mesmo tratamentos com pouco ou nenhum florescimento (T3, T4 e T5), apresentaram maiores valores de isoporização em 2016 quando comparado à 2015. Tais diferenças são curiosas pois não estão relacionadas, necessariamente, às variações na intensidade final de florescimento. Pelo contrário, em alguns casos houve até redução da mesma, como o observado em Ourinhos. Esse fato também é observado quando se analisa, dentro de cada ano, as variações entre cultivares e locais: há valores iguais ou muito próximos de I.F., com diferentes valores de isoporização.

A ocorrência dessas variações reafirma o fato de que a intensidade de isoporização, embora diretamente relacionada à ocorrência de florescimento, não é exclusivamente por ele determinada. A isoporização é um processo intensificado por fatores ambientais e pelo manejo da cultura. O uso de ethephon promoveu redução da isoporização não apenas ao inibir o florescimento, mas também ao produzir alterações fisiológicas na planta. Nesse sentido, vários autores destacam que o ethephon promove alterações morfológicas (expansão lateral das células do mesófilo, alteração na estrutura de sua parede celular, aumento no número de células buliformes, aumento no comprimento e volume das raízes) e no metabolismo da planta (controle das taxas osmóticas, intensificação da ação de enzimas relacionadas à proteção celular e consumo de água) sob condições de estresse por déficit hídrico (YAO et al., 2002; LI; SOLOMON, 2003; WU et al., 2003). Tais efeitos permitem à planta melhor uso da água e resposta diante de condições de estresse hídrico severo, desacelerando as taxas de desidratação, morte das células do mesófilo e isoporização.

4.4.3 Aumento nos teores de fibra

Além da redução de peso, a ocorrência de isoporização está relacionada a maiores valores de fibra. Nas Figuras 38 e 39 são apresentados os valores de fibra obtidos em 2015 e 2016, respectivamente. Em condições de cana-planta, os maiores valores de fibra foram observados nos tratamentos em T1 e T2, com valores iguais 12,58 e 12,52%, respectivamente. Em seguida, vieram os tratamentos T7, T8, T9, T6

e T10 com valores médios iguais a 12,37, 12,35, 13,32 e 12,29%, respectivamente. Os menores valores foram observados em T3, T5 e T4, com médias iguais a 12,10, 12,01 e 11,90%, respectivamente.

Se considerados os locais, percebe-se pequena variação na ordenação dos tratamentos, porém diferenças significativas nos valores de fibra. Nesse sentido, as regiões de Orlândia e Conquista, as quais apresentaram maiores valores de déficit hídrico acumulado, apresentaram os mais valores de fibra, enquanto Ourinhos, os menores. Enquanto isso, as cultivares apresentaram desempenho próximo, porém com tendência de maiores valores da RB966928.

Em 2016 dois fatores chamaram atenção. O primeiro foi o aumento geral dos valores de fibra. O outro fator foi a alteração na ordenação dos tratamentos, com destaque para a redução de T2 e o aumento de T9. Assim, os maiores valores foram observados nos tratamentos T9, T8, T1 e T10, iguais a 13,02, 12,86, 12,79 e 12,75%, respectivamente. Em seguida, os tratamento com maior teor de fibra foram T7, T2 e T6 com valores médios iguais a 12,73, 12,69 e 12,57%, respectivamente. Os menores valores foram, novamente, observados nos tratamentos T5, T3 e T4, sendo iguais a 12,41, 12,37 e 12,21%, respectivamente. As tendências de locais e cultivares permaneceram as mesmas: quanto mais secas as regiões, maiores foram os valores de fibra e a RB966928 se manteve como a de maior teor.

De modo geral, pode-se dizer que o uso de ethephon reduziu os teores de fibra, seja por sua ação sobre o florescimento ou na isoporização. Segundo Hardy et al. (1986) há relação significativa entre o teor de fibra dos colmos e a intensidade de florescimento. Além disso, os autores afirmam que o uso de ethephon tende a reduzir de forma significativa os teores de fibra em relação à testemunha, principalmente quando aplicado próximo ao período indutivo.

A tendência ao aumento nos teores de fibra também foi observada por outros autores, com relação negativa com o teor de açúcar (BARBOSA et al., 2007) e a umidade nos colmos (BACCHI, 1983), resultado do alto grau de isoporização (GOSNELL; JULIEN, 1976). Esses fatos resultam na redução do volume de caldo, o qual dificulta o processo de extração e a eficiência de recuperação dos açúcares durante o processo industrial (MARQUES et al., 2008; LEITE, 2005).

Figura 38 – Valores de Fibra observados nas cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

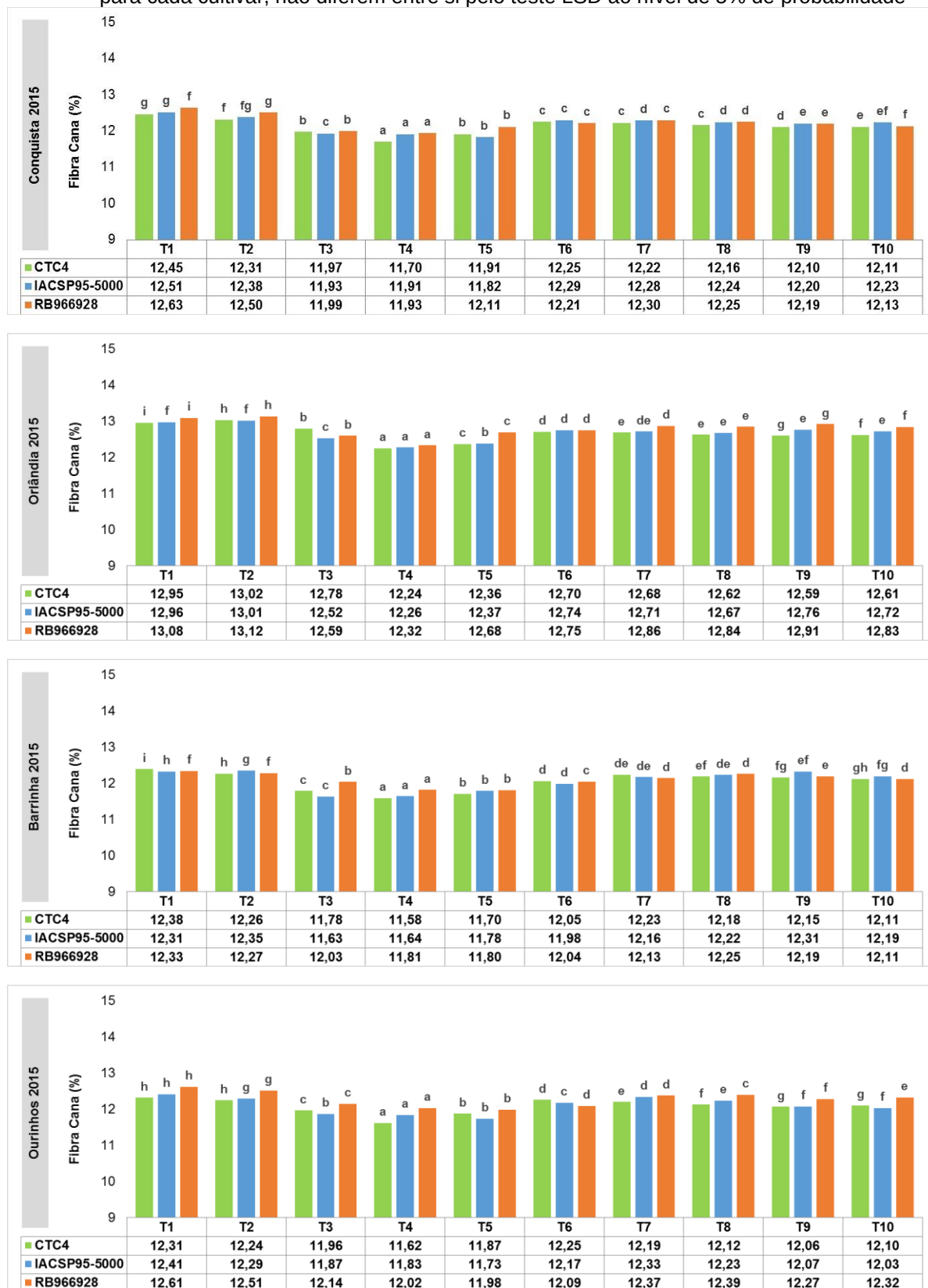
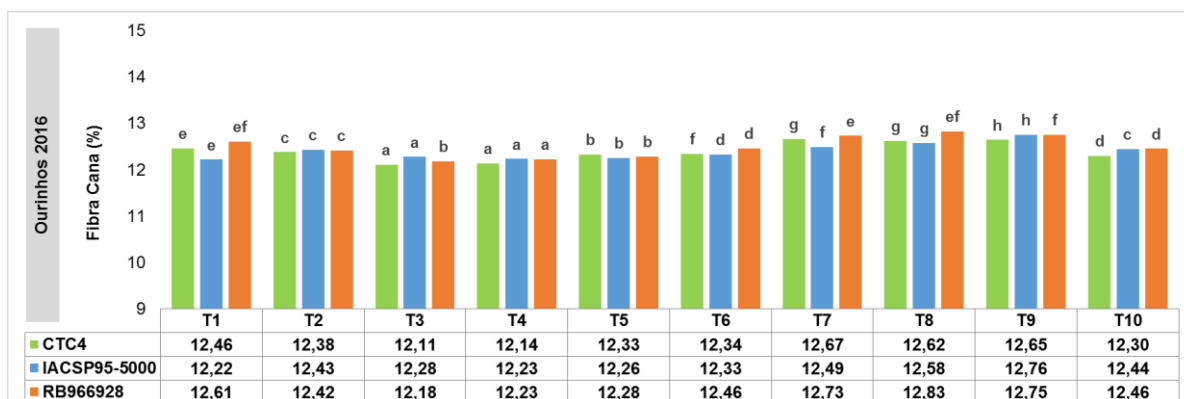
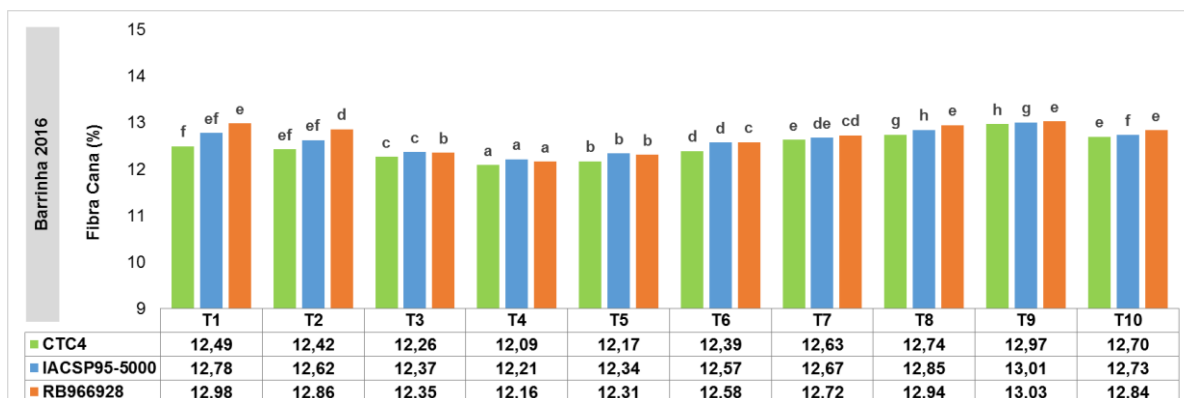
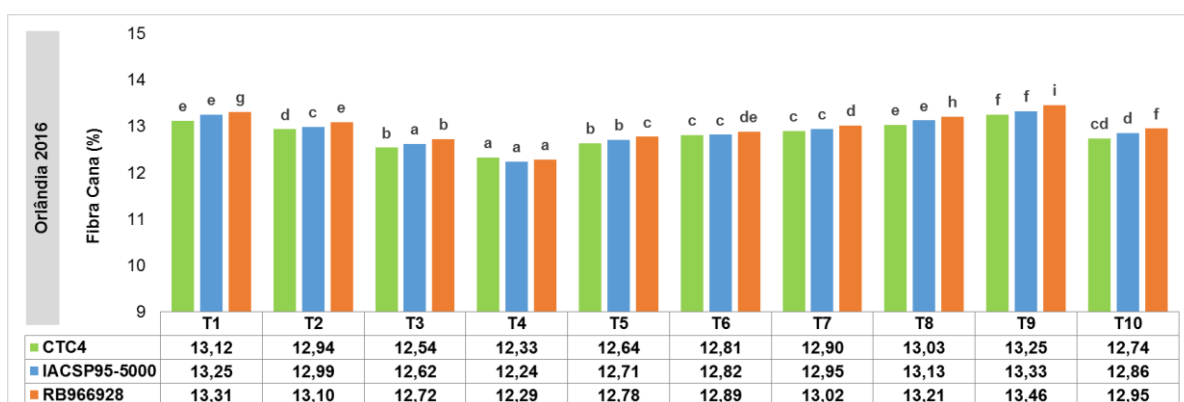


Figura 39 – Valores de Fibra observados nas cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



No presente trabalho, embora a relação entre intensidade de florescimento, isoporização e teor de fibra tenha seguido a lógica descrita pelos citados autores, em 2016 houve variação em tal tendência. Nesse ano, os tratamentos que envolveram aplicação tardia do ethephon (tal como T8, T9 e T10) tenderam a apresentar valores elevados de fibra. Contudo, embora tenham apresentado elevado I.F., seus valores de isoporização não foram os maiores observados. Se considerados separadamente os valores obtidos em cada região, percebe-se a ocorrência de variações entre os tratamentos sem uma tendência clara que as justifique. Essa ocorrência demonstra o caráter multivariado das consequências do florescimento, isoporização e seu controle não apenas nos teores de fibra ou na qualidade da matéria-prima, mas também na produtividade da cultura.

4.4.4 Interação entre florescimento e as condições climáticas durante a safra

Diante da natureza multivariada observada nos dados obtidos decidiu-se realizar uma análise de componentes principais com as variáveis relacionadas ao florescimento, isoporização, condições climáticas e suas implicações na produtividade e qualidade da matéria-prima. Na Figura 40 são apresentadas as representações gráficas (biplot) obtidas em 2015 e 2016, respectivamente. Para simplificar a análise e facilitar o entendimento, foi realizada uma única análise para as 3 cultivares avaliadas, pois o intuito era mostrar a interação entre as variáveis e processos, e não o desempenho individual. Dois componentes principais apresentaram auto valores superiores a 1, respondendo pela maior parte da variância encontrada. A quantidade da informação total das variáveis originais, retida pelos dois componentes principais (CP), foi de 92,5% [69,9 % (CP1) + 22,6% (CP2)] e 86,6% [62,4% (CP1) + 24,2% (CP2)], nos anos de 2015 e 2016, respectivamente. As setas e círculos em vermelho representam as variáveis e sua importância na composição de cada CP. Os círculos em azul, representam cada local e tratamento realizado.

Na Tabela 6 são apresentadas as correlações entre cada variável utilizada e os componentes principais gerados para os dois anos de avaliação. Em ambos os casos, percebe-se clara segregação das variáveis relacionadas à produtividade e qualidade da matéria-prima (à esquerda de CP1), daquelas relacionadas aos fatores antagônicos às mesmas, como florescimento e isoporização (à direita de CP1). O

Assim sendo, maiores valores de produtividade de colmos e a qualidade da matéria-prima (Brix e Pol) estiveram relacionados a menor ocorrência de florescimento e isoporização, fatores que apresentaram relação inversamente proporcional ao número de dias para florescimento máximo (NDFMax). Os resultados obtidos no presente trabalho permitem sugerir que uma das razões para a redução da isoporização foi o intervalo de exposição da panícula no campo. Esse efeito também pode ser expresso pelo número de dias entre a emergência da panícula e a colheita (DCol), a qual apresentou relação inversa às variáveis de produtividade e diretamente proporcional à isoporização. Tais variáveis apresentaram relação inversa à umidade e à densidade dos colmos, ou seja, quanto maior o intervalo para colheita, maior a isoporização e menores os valores de tais variáveis. Em essência, tal resultado mostra o efeito da desidratação excessiva promovida pelo florescimento.

Tabela 8 - Correlação entre cada componente principal e as variáveis relacionadas ao florescimento, isoporização, condições climáticas e suas implicações na produtividade e qualidade da matéria-prima ocorridas nas regiões de Conquista, Orlândia, Barrinha e Ourinhos durante os anos de 2015 e 2016

Variáveis	2015		2016	
	CP1	CP2	CP1	CP2
I.F	0,7849	0,2732	0,9441	0,0973
NDFMax	-0,7629	-0,0771	-0,6810	-0,4718
IISO	0,8374	0,3700	0,8862	-0,0530
IISO1	0,2175	-0,3034	0,3968	0,4049
IISO2	0,8802	0,0901	0,9028	-0,0403
IISO3	0,9028	0,1240	0,8700	-0,0441
Densidade	-0,8876	0,2622	-0,7374	-0,2453
TCH	-0,8689	0,1157	-0,6353	-0,5773
Fibra	0,8810	-0,0070	0,5770	0,7040
Brix	-0,4736	0,3098	-0,6440	0,2775
Pol	-0,6576	0,3011	-0,4607	-0,1672
Umidade	-0,0126	-0,3169	0,0469	-0,7038
TATR/ha	-0,9362	0,1565	-0,7020	-0,5664
Tar	0,1070	0,2268	-0,0226	-0,0052
Pp	-0,0284	-0,9651	-0,5714	0,7579
Exc	0,0089	-0,8181	-0,5418	0,7125
Def	0,0582	0,9227	0,5745	-0,7650
Arm	-0,0873	-0,8508	-0,5698	0,7695
Dcol	0,6848	-0,0791	0,1715	-0,4394
Autovalores	11,8732	3,8418	10,6135	4,1138

A proximidade entre intensidade de florescimento (IF) e de isoporização (IISO) sugere forte correlação entre as variáveis, fato amplamente discutido. Todavia, se considerados os diferentes graus de isoporização percebe-se variações nessa relação. Enquanto IISO representa a ocorrência de isoporização, independentemente de sua extensão, as variáveis IISO1 ($D.Iso < 25\%$), IISO2 ($25\% > D.Iso < 50\%$) e IISO3 ($D.Iso < 50\%$) caracterizam a extensão de tecido comprometido. Nesse sentido, a relação existente entre cada grau de isoporização e o florescimento seguiu uma mesma tendência de proximidade (maior intercorrelação): $IISO3 > IISO2 > IISO1$. Enquanto IISO3 e IISO2 se encontram próximos, IISO 1 está mais distante, inclusive de I.F e de IISO (intensidade geral de isoporização).

Assim sendo, pode-se sugerir que o florescimento intensifica não apenas a ocorrência de isoporização, mas também a quantidade de tecido comprometido. Quanto maior a intensidade de florescimento, maior o valor de IISO2 e, principalmente, de IISO3. As relações se tornam ainda mais interessantes quando relacionadas aos fatores de manejo e produtividade. Valores de IISO2 e IISO3 foram intensificados pelo tempo de exposição no campo, ou seja, quanto menor o NDFMax e maior DCol, maiores foram seus valores. Esse fato promoveu ainda maior redução na umidade e densidade dos colmos, com reflexos negativos à produtividade da cultura. Já os valores de IISO1 estiveram relacionados a menores intensidades de florescimento e isoporização, o que ressalta a natureza progressiva do fenômeno e a possibilidade do mesmo ocorrer independentemente do florescimento. Nesse caso, a intensificação da isoporização dependerá de outros fatores, tais como a propensão da cultivar e, principalmente, a disponibilidade hídrica.

Contudo, a relação florescimento vs. isoporização não é tão simples, direta e óbvia como talvez possa parecer. Quando considerados os locais e os tratamentos realizados no ensaio aqui descrito, variações importantes podem ser observadas. Tais variações já foram discutidas anteriormente e dizem respeito à ocorrência de tratamentos com altos valores de I.F., porém com menor intensidade de isoporização. Parte dessa questão foi atribuída à época de aplicação do ethephon e ao atraso na emissão da panícula. Contudo, embora tais variáveis expliquem com certo sucesso as variações ocorridas dentro de cada região, as mesmas se tornam insuficientes quando a análise é feita de forma conjunta. Quando se compara a posição das testemunhas das 4 regiões avaliadas em 2015, as quais apresentaram florescimento

muito elevado e próximo em todos os casos, observa-se grande variação em sua posição em relação à intensidade de isoporização. Enquanto Co1 (Conquista, T1) e Or1 (Orlândia, T1) encontram-se próximos de IISO, Ba1 (Barrinha, T1) e, principalmente, Ou1 (Ourinhos, T1) estão distantes. O grande fator nesse caso é a variação na oferta hídrica. Como dito, a região de Ourinhos destacou-se da demais pela oferta hídrica em ambos os anos, fato confirmado pela maior proximidade entre seus tratamentos e os vetores relacionados a variáveis como precipitação (Pp), excedente hídrico (Exc) e armazenamento de água no solo (Arm). As regiões de Conquista e Orlândia estão mais distantes de tais condições e próximas do déficit hídrico (Def).

O papel das variáveis climáticas também não é simples, afinal estão envolvidas em um grande número de processos fisiológicos que ocorrem, muitas vezes, de maneira simultânea na planta. Segundo Cardozo e Sentelhas (2013), embora a restrição hídrica afete negativamente o desenvolvimento vegetativo da planta e acelere as perdas de peso por desidratação, sua ocorrência favorece o aumento dos teores de sacarose e, portanto, da qualidade de matéria-prima. Esse fato dá ao déficit hídrico papel contraditório nos dados observados. Afinal, ele é necessário para obtenção de matéria-prima de qualidade, porém afeta negativamente a produção de colmos ao intensificar os efeitos do florescimento na desidratação e consequente isoporização.

Essa dualidade é perceptível pela dispersão obtidas no biplot de 2015. Curiosamente, todas as variáveis climáticas, ao contrário das demais, apresentaram alta correlação com CP2, ou seja, foram as maiores responsáveis pela variação ali descrita, com participação praticamente desprezível em CP1. Esse fato permite sugerir que em tal ano, as condições climáticas foram menos decisivas nos resultados obtidos. Tal afirmação faz sentido, uma vez que o ano de 2015 foi caracterizado, em todas as regiões do estudo, pela ocorrência de outono e inverno mais chuvoso do que o comumente observado. Assim sendo, o contraste climático nesse ano foi menor, bem como o papel de tais variáveis nos eventos descritos.

Entretanto, o mesmo não pode ser dito de 2016, ano caracterizado por maior contraste entre as regiões observadas. Enquanto Ourinhos novamente apresentou elevados índices de precipitação no outono e inverno, Orlândia e, principalmente, Conquista apresentaram clima muito mais seco. Tal ocorrência teve seus impactos

novamente descritos pelos componentes principais. Nesse caso, observa-se que a participação das variáveis climáticas, foram reduzidas em CP2 (embora tenham se mantido superiores as verificadas em CP1, o que caracteriza seu efeito dualístico), com ascensão significativa dos valores de sua participação em CP1 (Tabela 8), ou seja, as mesmas passaram a explicar parcela muito maior da variação observada na primeira componente. Em termos gráficos, tal alteração fez com que o déficit hídrico se aproximasse espacialmente dos vetores que representam a isoporização e fosse posicionado de forma ainda mais antagônica à produtividade de colmos (TCH). Isso posto, pode-se dizer que o aumento nas perdas observadas em 2016 não foram devidas ao florescimento em si, o qual foi até menor, mas sim pelo efeito do déficit hídrico na intensificação da isoporização.

4.4.5 Condições climáticas do momento de aplicação

As condições climáticas vigentes no momento da aplicação também são uma fonte de variação nos resultados, principalmente de produtividade. Na Figura 41 é apresentada uma matriz de correlação linear de Pearson entre a variação de produtividade de colmos (valores observados em cada tratamento em relação à testemunha) e os valores de armazenamento de água no solo estimados para diferentes períodos em relação à aplicação de ethephon (intervalos múltiplos de 5 dias antes e após a aplicação de ethephon). O armazenamento de água no solo existente no dia da aplicação e aquele remanescente após o 15 a 25 dias apresentam relação diretamente proporcional com a variação na produtividade.

Figura 41 - Matriz de correlação linear de Pearson entre a variação de produtividade de colmos e os valores de armazenamento de água no solo em diferentes momentos em relação à aplicação de ethephon (intervalos múltiplos de 5 dias antes e após a aplicação de ethephon) para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928

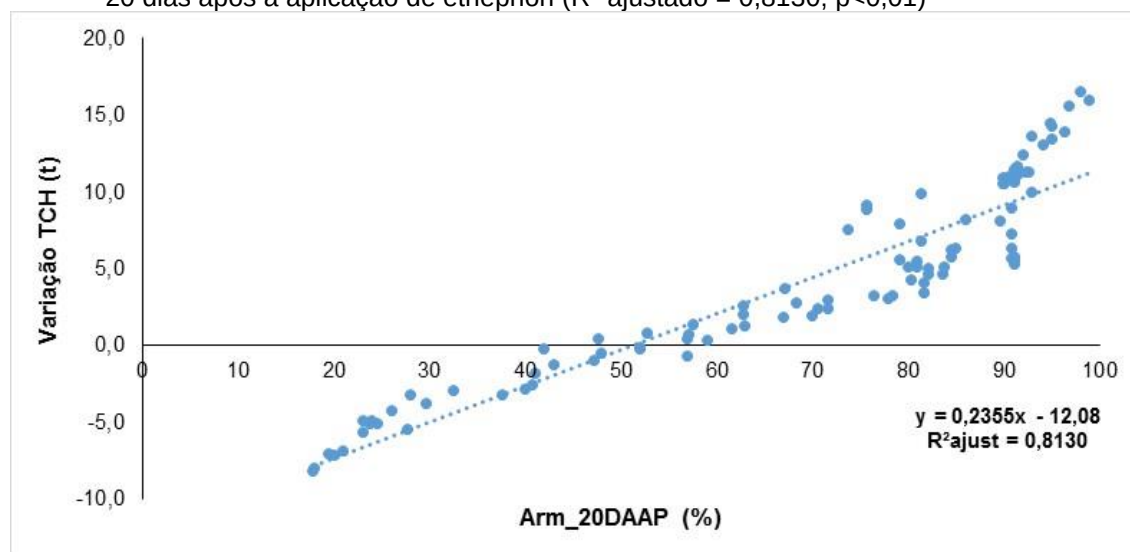
	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
CTC4	0,240	0,225	0,263	0,292	0,352	0,448	0,514	0,613	0,652	0,695	0,752	0,866	0,869	0,884	0,925	0,901	0,869	0,839	0,804	0,750	0,695
IACSP95-5000	0,325	0,326	0,364	0,399	0,464	0,562	0,628	0,716	0,738	0,747	0,826	0,878	0,889	0,901	0,911	0,916	0,891	0,825	0,769	0,696	0,635
RB966928	0,392	0,382	0,392	0,408	0,433	0,448	0,478	0,531	0,639	0,707	0,768	0,866	0,877	0,887	0,891	0,887	0,821	0,840	0,797	0,733	0,652

Embora não seja a única responsável pelos ganhos de produtividade observados nos tratamentos com aplicação de ethephon (como visto, são muitas as

variáveis envolvidas), as condições hídricas no momento da aplicação são fundamentais para a concretização futura de tais ganhos. Em outras palavras, alta disponibilidade hídrica no momento da aplicação, seguido de manutenção de tais condições pelo período de, no mínimo, 20 dias, são fundamentais para a obtenção das respostas esperadas pelo uso de ethephon. Moore e Osgood (1986) e Donaldson (1996) sugeriram que perdas de rendimento podem ser esperadas quando a cana é submetida a condições de estresse ambiental após a aplicação do ethephon. Essa possibilidade é particularmente importante em canaviais mais jovens, cujo potencial produtivo será, em sua maior parte, definido durante o final do verão e o outono.

Na Figura 42 é apresentada a regressão linear entre o armazenamento hídrico do solo observado 20 dias após a aplicação e a variação na produtividade agrícola dos tratamentos que receberam ethephon em relação à testemunha. Condições de armazenamento de água do solo menores que 50% da CAD levaram a obtenção de valores de produtividade inferiores aos observados na testemunha. Quanto menor esse valor, maiores serão as quebras de produtividade ocorridas em função do uso de ethephon. Assim sendo, uma informação prática no momento da aplicação é o armazenamento vigente naquele momento: quanto mais próximo de 50% maior será a condição de déficit vigente e a possibilidade de que a mesma se intensifique nos próximos dias.

Figura 42 - Regressão linear a variação de produtividade (TCH) e o armazenamento de água no solo 20 dias após a aplicação de ethephon (R^2 ajustado = 0,8130; $p < 0,01$)



A aplicação de ethephon (visando inibição de florescimento) demanda, dessa feita, que a planta não esteja em condições de estresse pela ocorrência de déficit hídrico, sob pena de ter amplificado os efeitos do ethephon. Um dos motivos é técnico: a “interrupção” no seu desenvolvimento é feita com intenção de que a mesma tenha condições futuras de crescimento. Com isso, de nada adiantaria uma aplicação em pleno período seco. Outro importante fator a se destacar é a utilidade: se o período indutivo for marcado por grande período de seca, o florescimento naturalmente será baixo, o que torna incoerente o uso do ethephon. Finalmente, deve-se comentar sobre aplicações tardias de ethephon visando unicamente supressão da isoporização. Nesse caso, as aplicações poderiam ser realizadas mais tarde, pois se desconsiderado o florescimento, o período indutivo nada interfere na isoporização. Contudo, quanto mais tarde a aplicação, maior é a probabilidade de que a mesma seja feita sem condições hídricas ideais.

4.5 Estratégias para aplicação de ethephon

O caráter esporádico do florescimento em grande parte do Centro Sul brasileiro faz com que muitos produtores adotem uma postura de risco na decisão pelo uso de ethephon. Muitas vezes, a decisão só é tomada tardiamente, próximo ao início do P.I. e, até mesmo, durante o mesmo, ou seja, na eminência do florescimento. Muitas vezes, condições locais ou do contexto da safra levam a uma maior adoção do ethephon, seja pelo maior risco da região ou pelo efeito “safra anterior”: as perdas de produtividade ocorridas em função do florescimento em uma safra, levam ao aumento no uso de ethephon no ano seguinte. Como forma de cumprir metas e diluir custos na contratação de aviões, também utilizados em outras atividades durante essa época do ano (maturadores, inseticidas, fungicidas etc.), muitos produtores decidem por realizar a operação fora do momento ideal, seguindo um calendário genérico.

Modelos de previsão, tal qual o índice L proposto por Pereira et al. (1983), são ferramentas importantes e tem sido utilizada por muitas unidades produtoras. Todavia, a ferramenta tem sido utilizada com viés de redução de custos, isto é, parte-se do princípio de que o monitoramento permitirá aplicação somente onde necessário. Esse viés ideológico, deve ser somado às limitações inerentes a todo e qualquer modelo de previsão. No caso, o índice L foi obtido a partir de dados coletados em um único local,

de baixo potencial indutivo e com uma única cultivar, há muito em desuso (NA56-79) que possuía alto potencial de florescimento, fatos que o tornam de difícil uso em outras condições.

Além disso, o modelo requer valores de temperatura do ar, as quais só estarão disponíveis (sem as incertezas dos dados oriundos de previsão) quando o período indutivo estiver concluído, o que torna a informação de pouca valia para fins de controle do florescimento. Apesar da importância de todas essas limitações, uma se destaca: a carência de integração com as operações de aplicação do ethephon. Não raro, o alerta é apresentado quando já não há condições operacionais para a sua realização. Afinal, a cana-de-açúcar é uma cultura extensiva e a aplicação de ethephon demanda uma série de premissas, as quais vão desde a compra e disponibilidade do produto, aviões para aplicação e condições climáticas adequadas. Nesse sentido, anos de intenso florescimento são acompanhados por longos períodos de precipitação, os quais impedem a aplicação justamente no momento de maior demanda. Todos esses fatores reduzem ainda mais a já limitada janela de aplicação e fazem com que muitas unidades do Centro-Sul brasileiro decidam pela aplicação durante e, até mesmo, após o período indutivo.

A ocorrência de eventuais “sucessos” em aplicações de ethephon fora do momento ideal, seja por antecipação ou atraso excessivos, reforça a continuidade de sua recomendação em momentos limitantes, sem considerar as características do período indutivo regional, das condições de safra ou da susceptibilidade das cultivares. Como as áreas envolvidas são grandes, normalmente as aplicações são feitas ao longo de vários dias, o que também colabora para diluir os efeitos de eventuais aplicações equivocadas. Outro fato importante é a variação regional e a suscetibilidade das cultivares: muitas vezes, o sucesso ocorre em anos e com cultivares de menor risco de florescimento. As práticas continuam até que, eventualmente, se tornam erros de grandes proporções: o florescimento não é controlado e, ainda pior, houve desembolso para que o mesmo o fosse.

Os resultados aqui descritos permitem sugerir dois aspectos: 1) apesar das oscilações regionais, a presença de certo padrão entre os tratamentos T3, T4 e T5 (15-10 dias antes à 1-5 dias após o início do P.I.) sugere ser essa a época mais adequada para o uso de ethephon; 2) a ocorrência de variações interanuais na eficiência dos tratamentos, agravada naqueles de maior distância em relação ao início

do período indutivo, é fruto não apenas das condições ambientais que promovem o florescimento, mas também das condições climáticas vigentes após a aplicação e durante a safra, bem como sua interação com as características de cada cultivar. Diante disso, considera-se fundamental que a recomendação pelo uso de ethephon seja realizada a partir das inúmeras variáveis relacionadas ao processo de florescimento. A seguir são discutidos os principais fatores a serem considerados em um programa de manejo de florescimento com ethephon:

1) Risco regional. A latitude da região, determina a duração do período indutivo: quanto menor a latitude, maior o número de dias necessários para que o fotoperíodo varie de 12,5 a 12,0 horas. Esse fato é ilustrado no presente estudo onde Conquista (lat. 19°49'36,76"S) apresenta P.I. de 27 dias, Orlândia e Barrinha (lat. 20°49'2.65"S e 21°13'14"S, respectivamente) de 25 e Ourinhos (lat. 23°2'30"S) com 23 dias. Quanto maior a duração do período indutivo, maior é a probabilidade de ocorrerem dias com condições climáticas favoráveis e, portanto, o florescimento ser efetivado. Em casos extremos, cultivares susceptíveis já podem ter concluído a indução em uma região, enquanto o P.I. sequer foi iniciado em outra. Assim sendo, a recomendação de ethephon não pode ser realizado com base em um calendário único e estático, o mesmo deve estar relacionado à data de início de P.I.;

2) Condições pré-indução. Apesar das condições pré-indução (crescimento vegetativo intenso e idade da planta) não serem as desencadeadoras do processo de indução em si, elas estão relacionadas à superação do período juvenil e a intensidade do metabolismo da planta. Devem ser consideradas, então, como pré-requisitos para a definição do risco de florescimento. Todavia, essas variáveis apresentam caráter dinâmico, haja visto que o metabolismo da planta, taxas de crescimento e estágio de desenvolvimento estão em constante mudança. Diante disso, não se deve considerar apenas as condições da planta no momento de uma eventual aplicação, mas também como a mesma será durante o período indutivo. Não raro, cultivares de rápido desenvolvimento apresentarão superação do período juvenil durante o período indutivo. Se esse evento ocorrer a tempo da cultivar acumular o número mínimo de ciclos requeridos, mesmo que isso só seja efetivado próximo ao final do P.I., haverá florescimento.

3) Condições climáticas indutivas. Como discutido, somente a ocorrência de fotoperíodo crítico não determina o caráter indutivo de um certo dia, sendo requeridas

condições térmicas e hídricas específicas durante um determinado período. A consumação do florescimento somente será alcançada, então, com a ocorrência de um número mínimo de dias efetivamente indutivos. Se considerado o fato de que a aplicação de ethephon deve ser realizada antes de dias “efetivamente” indutivos e, mais além, antes que um número mínimo seja alcançado, seria possível sua utilização até mesmo durante o P.I. Isso ajuda a entender o sucesso parcial e, até mesmo, total das aplicações realizadas fora do período ótimo. Sua realização pode ter ocorrido em anos em que o limiar para florescimento não foi atingido ou em período prévio à conclusão do mesmo.

4) Susceptibilidade da planta. A susceptibilidade ao florescimento pode ser compreendida, então, como o número mínimo de dias indutivos exigidos por cada cultivar para que o evento ocorra: quanto mais susceptíveis menor o número de dias requerido. No presente estudo, os índices mais elevados de florescimento observados na cultivar RB966928, independentemente do ano, local e época de aplicação, foram relacionados a uma menor demanda de dias para a indução.

5) Janela de aplicação. Diante do exposto, embora exista um ponto ótimo para o uso do ethephon, a natureza multivariada do florescimento em cana-de-açúcar, faz com que a janela de aplicação do inibidor apresente certa variabilidade. Aplicações realizadas durante o período indutivo podem apresentar sucesso, porém a probabilidade de que isso ocorra é menor a cada dia que se passa dentro do mesmo. Trata-se, então, de uma estratégia de risco. Além de monitoramento constante, há necessidade de precisão nas premissas utilizadas para determinar o caráter indutivo de um dia e a susceptibilidade das cultivares aos mesmos. Os dados obtidos ilustram bem essa condição. Devido a seu menor requerimento, a cultivar RB966928 é a que demanda maior precisão no momento de sua aplicação, ou seja, as aplicações de ethephon em tal cultivar deverão ser realizadas no centro da janela de aplicação. Enquanto isso, cultivares de maior requerimento e maior tempo de ação do ethephon, tal como CTC4 e IACSP95-5000, poderão receber tal manejo nas extremidades da comentada janela de aplicação.

6) Disponibilidade operacional. A interação entre detecção do risco e realização do controle é fundamental. Nesse caso, o planejamento para o uso de ethephon deve ser estritamente racional. Qual a real capacidade da empresa realizar um controle baseado em monitoramento? Conforme já discutido, anos de maior potencial de

florescimento são justamente aqueles de menor disponibilidade de condições aptas à pulverização. Na ocorrência do pior cenário, qual seria a capacidade efetiva da empresa para realizar a aplicação?

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

- 1) O florescimento da cana-de-açúcar é um evento de natureza multivariada, não apenas em sua ocorrência, mas também na determinação da extensão de seus efeitos redutores da produtividade;
- 2) Os melhores resultados de inibição do florescimento foram obtidos entre 20 dias antes a 5 dias após o início do período indutivo. O ponto ótimo de controle ocorreu quando a aplicação foi realizada entre 9 a 6 dias antes do início de P.I;
- 3) Quanto mais distantes do início do período indutivo, independentemente se antes ou depois, maior foi a probabilidade de ocorrerem escapes no controle;
- 4) Quanto menor a intensidade do florescimento, maior a produtividade agrícola;
- 5) A qualidade da matéria-prima apresentou menor variação entre os tratamentos quando comparada à produtividade de colmos;
- 6) As cultivares avaliadas apresentaram diferenças não apenas na propensão ao florescimento, mas também na velocidade de emissão da panícula e na superação dos efeitos do ethephon;
- 7) Aplicações de ethephon realizadas durante e após o período indutivo, embora tenham apresentado baixa eficiência de controle, apresentaram atraso na emissão das panículas;
- 8) Aplicações tardias, embora com alto índice de florescimento, apresentaram redução na ocorrência de isoporização;
- 9) O atraso na emissão da panícula e o tempo entre emissão e colheita influenciaram a extensão dos danos, principalmente pela desidratação e ocorrência de isoporização;
- 10) As condições climáticas influenciam não apenas a ocorrência do florescimento, mas também a extensão das perdas a ele relacionadas.

6 REFERÊNCIAS

ALEXANDER, A.G. **Sugarcane physiology**. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752 p.

ALEXANDER, A.G.; SAMUELS, G. Controlled-temperature studies of growth, enzymology, and sucrose production by two sugarcane varieties in Puerto Rico. **Journal of Agriculture**, Puerto Rico, v. 52, p. 204-217, 1968.

ALLISON, J.C.S.; PAMMENTER, N.W.; HASLAM, R.J. Why does sugarcane (*Saccharum* ssp. hybrid) grow slowly? **South African Journal of Botany**, v.73, p.546-551, 2007.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, J. C. V.; LEITE, C. F.; SOUZA, J. R. P. Efeitos de maturadores nas características tecnológicas da cana-de-açúcar com e sem estresse hídrico. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 26, n. 4, p. 441 - 448, 2005.

ALVAREZ, I. A.; CASTRO, P. R. C. Crescimento da parte aérea de cana crua e queimada. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1069-1079, 1999.

AMIN, M.H., KASSIM, E.S., BAYAUMI, M., Menshawi, Z.A. Growth and flowering of sugarcane in relation to photoperiod and air humidity. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 14, p. 348–353, 1971.

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; GOMES, R. B.; LOBATO, F. A. O. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, p.1791-1797, 2007.

ARALDI, R. et al. Florescimento em cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 3, p. 694-702, mar. 2010.

ARCENEUX, G. Flowering of sugarcane. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 12., 1965, San Juan. **Anais...** Amsterdam: Elsevier, 1967. p.780-784

ARGENTON, P.E. **Influências das variáveis edafoclimáticas e de manejo no rendimento de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na região de Piracicaba, São Paulo**. 2006. 109 p. Tese (Doutorado Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BACCHI, O. O. S. Botânica da Cana-de-açúcar. In: Filho, J.O. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. Instituto do Açúcar e do Alcool. Programa Nacional de Melhoramento Cana-de-açúcar – PLANALSUCAR. Piracicaba, PLANALSUCAR, 1983. n.2, p.25-40.

BARBIERI, V; BACCHI, O. O. S.; VILLA NOVA, N. A. **Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Mossoró, ESAM, 1979 In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 1, 1979, Mossoró. **Anais...** Mossoró: SBA, v.1. p. 6-8, 1979.

BARBOSA, M. H. P.; SILVEIRA, L. C. I.; MACÊDO, G. A. R.; PAES, J. M. V. Variedades melhoradas de cana-de-açúcar para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 239, p. 20-24, 2007.

BARREDO, A.T. Changes in juice quality of flowering canes with time. **Proceedings Philippine Sugar Technologists**, v. 24, p. 105–110, 1976.

BERDING, N; HURNEY, A.P. Flowering and lodging physiological-based traits affecting cane and sugar yield: What do we know of their control mechanisms and how do we manage them?. **Field Crops Research**, v. 92, n. 2, p. 261-275, 2005.

BERDING, N. Improving flowering through breeding: progress and prospects. **Proc Queensland Sugar Technol Assoc**, v.17, p. 162-171, 1995.

BERDING, N. Poor and variable flowering in tropical sugarcane improvement programs: diagnosis and resolution of a major breeding impediment. **Proceedings International Society Sugar Cane Technologists**, v. 25, p. 493–503, 2005.

BERDING, N.; MOORE, P.H. Advancing from opportunistic sexual recombination in sugarcane: Lessons from tropical photoperiodic research. **Proc Int Soc Sugar Cane Technol**, n.24, p.482-487, 2001.

BERDING, N. et al. Tropical, managed initiation of sugarcane flowering: optimization of nonphotoperiodic variables. **Proc Aust Soc Sugar Cane Technol**, v.26, p.1-12, 2004.

BERDING, N., PENDRIGH, R.S. DUNNE, V. Can flowering in sugarcane be optimised by use of differential declinations for the initiation and development phases? **Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 26, p. 699–711, 2007.

BERDING, N., PENDRIGH, R.S. DUNNE, V. Pursuing higher efficacy for managed photoperiodic initiation of sugarcane flowering in the tropics. **Proceedings Australian Society Sugar Cane Technologists**, v. 32, n. 5, p. 234–250, 2010.

BERDING, N. Improved flowering and pollen fertility in sugarcane under increased night temperature. **Crop Science**, v. 21, p. 863–867, 1981.

BEZUIDENHOUT, C.N.; O LEARY, G.J.; SINGELS, A. BAJIC, V.B. A Process-Based Model to Simulate Changes in Tiller Density and Light Interception of Sugarcane Crops. **Agricultural Systems**, v.76, p.589-599, 2003.

BONNET, G.B. Developmental Stages (Phenology). In: Moore, P.H.; Botha. F.C. Sugarcane: physiology, biochemistry, and functional biology. 1 ed.: John Wiley & Sons Ltd. pp. 35-53, 2014.

BONNETT, G. D.; HEWITT, M. L.; GLASSOP, D. Effects of high temperature on the growth and composition of sugarcane internodes. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 57, n. 10, p. 1087-1095, 2006.

BRANDES, E.W.; MATZ, J. Problems and progress in breeding temperate zone sugarcane. **Sugar Journal**, v. 2, p. 3-6, 1939.

BRAUNBECK, O. A.; MAGALHÃES P. S. G. Avaliação tecnológica da mecanização da cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L. A. B. (Org.). **Bioetanol de Cana-de-Açúcar, P&D para Produtividade e Sustentabilidade**. São Paulo: Blucher, p. 451-464, 2010.

BRETT, P.G.C. Flowering and pollen fertility in relation to sugarcane breeding in Natal. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 7, p. 43-56, 1951.

BRUNKHORST, M.J.A Preliminary investigation into the effect of plant nutrient levels on sugarcane flowering. **Proc South Africa Sugar Technol Assoc**, v.75, p.143-150, 2001.

BULL, T. The sugarcane plant. In: HOGARTH, M.; ALLSOPP, P. (Ed.). **Manual of cane growing**. Australia: Bureau of Sugar Experimental Stations, Indooroopilly, 2000. p. 71-83.

BURR, G.O.; HARTT, C.E.; BRODIE, H.W.; TANIMOTO, T.; KORTSCHAK, H.P.; TAKAHASHI, D.; ASHTON, F.M.; COLEMAN, R.E. The sugarcane plant. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 8, p. 275-308, 1957.

BURR, G.O. The flowering of sugar cane. **Rep Hawaii Sugar Technol**, v.9, p.47-49, 1950.

BUTTERFIELD, M.K.; D'HONT, A.; BERDING, N. The sugarcane genome: A synthesis of current understanding, and lessons for breeding and biotechnology. **Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass**, v. 75, p. 1-5, 2001.

CAIEIRO, J. T.; PANOBIANCO, M.; BESPALHOK FILHO, J. C.; OHLSON, O. C. Physical purity and germination of sugarcane seeds (Caryopses) (*Saccharum* ssp.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 140-145, 2010.

CANAPLAN CONSULTORIA TÉCNICA LTDA. **Relatórios Projeto Safra**. Piracicaba, 2015.

CANAPLAN CONSULTORIA TÉCNICA LTDA. Agronegócio Brasileiro: Cana-de-Açúcar. Piracicaba, 2016. 69p.

CANDOLLE, A. L'origine des plantes cultivées. 12 ed. 1883.

CAPUTO, M.M.; SILVA, M.A., BEAUCLAIR, E.G.T., GAVA, G.J.C. Acúmulo de sacarose, produtividade e florescimento de cana-de-açúcar sob reguladores vegetais. **Interciencia**, v. 32, n. 12, p. 834-840, 2007.

CARDOZO, N.P. **Análise de risco econômico da cana-de-açúcar em função de condições climáticas de diferentes regiões do estado de São Paulo**. 2011. 66f. Monografia (Especialização em Investimento e Gestão no Setor Sucroalcooleiro) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CARDOZO, N.P. **Modelagem da maturação da cana-de-açúcar em função de variáveis meteorológicas**. 2012. 202f. Dissertação (Mestrado em Física do

Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

CARDOZO, N.P. **Sustentabilidade técnica e ambiental da irrigação de cana-de-açúcar em diferentes regiões brasileiras**. 2013. 105f. Monografia (Especialização em Manejo de solos Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013,

CARDOZO, N.P.; SENTELHAS, P.C. Climatic effects on sugarcane ripening under the influence of cultivars and crop age. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.70, n. 6, p.449-456, 2013.

CARDOZO, N.P.; SENTELHAS, P.C.; PANOSSO, A.R.; FERRAUDO, A. Multivariate analysis of the temporal variability of sugarcane ripening in south-eastern Brazil. **Crop and Pasture Science**, v. 65, p.300-310, 2014.

CARDOZO, N.P.; SENTELHAS, P.C.; PANOSSO, A.R.; PALHARES, A.; IDE, B.Y. Modeling sugarcane ripening as a function of accumulated rainfall in Southern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 12, p. 1913-1925, 2015.

CARDOZO, N.P.; BORDONAL, R.O.; LA SCALA, N. Greenhouse gas emission estimate in sugarcane irrigation in Brazil: Is it possible to reduce it, and still increase crop yield?. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 3988-3997, 2016.

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

CASTRO, P.R.C. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: ENCONTRO CANA-DE-AÇÚCAR, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Rhodia Agro, 1993. p.4-8.

CASTRO, P.R.C. **Fisiologia vegetal aplicada à cana-de-açúcar**. Maceió, 2001. 7p.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Sucro/CEPEA: preços médios reais da safra 2016/17 superam os da anterior**. CEPEA-USP. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/sucro-cepea-precos-medios-reais-da-safra-2016-17-superam-os-da-anterior.aspx>. Acesso em: 13 jun. 2017.

CHENG, C.F.; CHAO, T.K. Fifteen-year records of sugarcane flowering in Taiwan. **Report Taiwan Sugar Experiment Station**, v. 3, p. 87-122, 1948.

CHONG, B. F.; MILLS, E.; BONNETT, G. D.; GNANASAMBANDAM, A. Early exposure to ethylene modifies shoot development and increases sucrose accumulation rate in sugarcane. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 29, p. 149-163, 2010.

CLEMENTS, H.F. Flowering of sugarcane: mechanisms and control. **Hawaii Agriculture Experiment Station Technical Bulletin**, v. 92, p. 1-56, 1975.

CLEMENTS, H.F.; AWADA, M. Experiments on the artificial induction of flowering in sugarcane. *Proceedings of International Society of Sugar Cane Technology*, New York, v.12, p. 795-812, 1965.

COLEMAN, R.E. Physiology of flowering. **Report Hawaii Sugar Technologists**, p. 108-109, 1963a.

COLEMAN, R.E. Effect of temperature on flowering in sugarcane. **International Sugar Journal**, Glamorgan, v. 6, p. 351-353, 1963b.

COLEMAN, R.E. Physiology of flowering in sugarcane. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 13, p. 992-1000, 1986.

COLEMAN, R.E. Factors involved in the flowering of sugarcane (*Saccharum* spp.). **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 10, p. 805-813, 1959.

COLETTI, J.T.; LORENZETTI, J.M.; FREITAS, P.G.R.; CORBINI, J.L.; WALDER, L.A.M.; CAMPONEZ NETO, A. A inibição do florescimento pelo uso de ethephon e sua influência na biomassa. In: CONGRESSO NACIONAL STAB, 3., ; CONVENÇÃO DA ACTALAC, 5., São Paulo. **Anais...**São Paulo: STAB, 1984. p. 348-351.

COLETTI, J.T. et al. Inhibition of flowering by ethephon and its influence on sugarcane quality in Brazil. **Proc int Soc Sug Cane Technol**, v. 19, p. 298-304, 1986.

CONSECANA-SP. CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. Piracicaba, 2001. 117 p.

SILVA, M.A.; DOS SANTOS, C.M.; ARANTES, M. T.; BRUNELLI, M. C.; DE HOLANDA, L.A. Respostas fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica e a reidratação. **Revista Caatinga**, v.26, n. 3, p. 28-35, 2013.

DANIELS, J.; ROACH, B.T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D.J. (Ed.). **Sugarcane improvement through breeding**. New York: Elsevier, 1987. p. 7-84.

DAVIES, W.N.L.; VLITOS, A.J. Some aspects of flowering in sugarcane and its relationship to sucrose metabolism. **Proceedings: Cellular and Molecular Aspects of Floral Induction**, p. 462-471, 1970.

DE ALMEIDA, J.R.; VALSECCHI, O.; GOMES, F.P. The flowering of the sugarcane. **Int. Sugar J.**, v. 48, p. 174-176, 1946.

DEMIRBAS, A. The Importance of Bioethanol and Biodiesel from Biomass, Energy Sources, Part B: Economics. **Planning and Policy**, v.3, n.2, p.177-185, 2008.

DEREN, C.W. Stability and heritability of pith in sugarcane and its influence on yield. **Plant Breeding**, v. 109, p. 242-247, 1992.

DEUBER, R. Florescimento e maturação da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 3., 1986. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Copersucar, 1986, p. 585-593.

- DEUBER, R. Maturação da cana-de-açúcar na região Sudeste do Brasil. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4., 1988, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: COPERSUCAR, 1988. p. 33-40.
- DEUBER, R.; IRVINE, J.E. Controle do florescimento da cana-de-açúcar com aplicação de ethephon. **Boletim Técnico COPERSUCAR**, n.36, p.16-24, 1987.
- DEUBER, R.; CARLUCCI, M.V. Florescimento da cana-de-açúcar: seu controle com ethephon e sua relação com o acúmulo de sacarose. **Planta daninha**, Viçosa, v. 9, n. 1-2, p. 27-36, 1991.
- DILLON, S.L.; SHAPTER, F.M.; ROBERT, H.J.; CORDEIRO, G.; IZQUIERDO, L.; LEE, S.L. Domestication to crop improvement: genetic resources for *Sorghum* and *Saccharum* (Andropogoneae) **Ann Bot.**, v. 5, p. 975-989, 2007.
- DONALDSON, R.A. Effects of ethephon applied to two sugarcane cultivars to prevent flowering. **Proc S Afr Sug Technol Ass**, v.70, p.38-41, 1996.
- DONALDSON, R.A.; REDSHAW, K.A.; VAN RHODES, R.A. Season effects on productivity of some commercial South African sugarcane cultivars. I: Biomass and radiation use efficiency. **P. S. Afr. Sug.**, v. 81, p. 517-527, 2008.
- DONALDSON, R.A.; SINGELS, A. Yields and estimated economic returns from using ethephon to suppress flowering in annually harvested sugarcane. Mount Edgecombe: Swaziland Sugar Association Technical Services, 2004. p.12.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 179 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33. Tradução Gheyi, H.R. e outros, UFPB, Campina Grande. FAO. 306p. 1994.
- DUNKELMAN, P.H.; BLANCHARD, M.A. Controlled photoperiodism in basic sugarcane breeding. *Proc Int Soc Sugar Cane Technol*, v.4, p.80-85, 1974. DUTT et al., 1938;
- EASTWOOD, D; DAVIS, H.B. Chemical ripening in Guyana - progress prospects. **Sugar Cane**, May/June, p. 4-18, 1997.
- Eksteen, A.; Singels, A.; Ngxaliwe, S. Water relations of two contrasting sugarcane genotypes. **Field Crops Research**, v. 168, p. 86-100, 2014.
- ELLIS, T.O. et al. Flowering of sugarcane in reaction to maximum temperature during the induction period. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 12., 1965, San Juan. **Anais...** Amsterdam: Elsevier, 1967. p. 790-794.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 2006. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **BDCLIMA: Banco de Dados Climáticos do Brasil**. Disponível em: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 22 de abril de 2016.

ENDRES, L. et al. Foliar Applications of Calcium Reduce and Delay Sugarcane Flowering. **BioEnergy Research**, v.1, p.1 - 11, 2015.

ENDRES, L. et al. Photosynthesis and water relations in Brazilian sugarcane. **The Open Agriculture Journal**, Bussum, v.4, p.31-37, 2010.

ETHIRAJAN, A.S. Sugarcane hybridization techniques. In: COPERSUCAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, 1987, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba-SP: Centro de Tecnologia Copersucar, 1987. p.12.

EVANS, H. The incidence of pithiness in sugarcane and its effect on yield and quality. **Proceedings of the British West Indies Sugarcane Technologists**, V. 1, P. 119-132, 1966.

FACHINELLI, N.P., PEREIRA JR., A.O. Impacts of sugarcane ethanol production in the Paranaíba basin water resources. **Biomass Bioenergy**, v. 83, p. 8-16, 2015.

FADAYOMI, R.O.; Abayomi, Y.A.; Olaoye, G. Evaluation of ethephon for the control of flowering in sugarcane at the Bacita Estate, Nigeria. **Sugarcane**, n.1, p. 9-17, 1995.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB, 2011. 240 p.

FIGUEIREDO, P. Breve história da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. p. 31-44.

FORTES, C. **Discriminação varietal e estimativa de produtividade agroindustrial de cana-de-açúcar pelo sensor orbital ETM+/Landsat 7**. 2003. 131f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

FRANÇOSO, R.F; BIGATON, A.; DA SILVA, H.J.T.; MARQUES, P.V. Relação do custo de transporte da cana-de-açúcar em função da distância. **Revista iPecege**, v. 3, n. 1, p.100-105, 2017.

GARNER, W.W.; ALLARD, H.A. Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. **Journal Agriculture Research**, v. 18, p. 553-606, 1920.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. (Ed.). **Crop-water relations**. New York: Wiley-Interscience, 1983. p. 445-479.

GAVA, G.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 palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 11, p. 1347-1354, 2001.

GEORGE, E.F.; LALOUETTE, J.A. Photoperiodic experiments on the sugar cane variety C.P.36-13. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 11, p. 516-526, 1962.

GLASZIOU, K.T.; BULL, T.A.; HATCH, M.D.; WHITEMAN, P.C. Physiology of sugarcane: VII. Effects of temperature, photoperiod duration, and diurnal and seasonal temperature changes on growth and ripening. **Australian Journal of Biological Sciences**, Collingwood, v. 18, p. 53-66, 1965.

GOSNELL, J.M. Some factors affecting flowering in sugarcane. **Proceedings South African Sugar Technologists' Association**, v. 47, p. 144-147, 1973.

GOSNELL J. M.; JULIEN H. R. Variations in effects of flowering on cane yield and quality. In: SEMINAR SUGAR CANE RIPENER. Orlando. **Anais...** Orlando: FL. EEUU, 1976. p. 253-257.

GLOVER, J. Changes in sucrose % cane and yield of sucrose per unit area associated with cold, drought and ripening. In: SOUTH AFRICAN SUGARCANE TECHNOLOGISTS' ASSOCIATION, 1971, Durban. **Proceedings...** Durban: SASTA, 1971. p. 158-164.

GHONEMA, M.A. Flowering synchronization in some sugarcane genotypes at various planting dates under natural environment **Alexandria Science Exchange Journal**, v. 38, n. 2, 2017.

GUPTA, V. et al. The water-deficit stress- and red-rot-related genes in sugarcane. **Funct Integr Genomics**, v. 10, p.207–214, 2010.

HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005. 688 p.

HARDY, G.; DOVE, H.; AWADA, M. The use of ethephon for prevention of flowering in sugarcane in Sudan. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 19, p. 305–316, 1986.

HARTIGAN, J.A. **Clustering algorithms**. New York: Wiley, 1975. 351 p.

HERNANDES, T.A.D.; BUFON, V.B.; SEABRA, J.E.A. Water footprint of biofuels in Brazil: assessing regional differences. **Biofuel Bioprod. Bioref**, v. 8, p. 241-252, 2014.

HES, J.W. The effect of arrowing on the yield of cane. **Sugar Journal**, v. 14, p. 10-17, 1951.

HUMBERT, R.P. **The growing of sugar cane**. Amsterdam: Elsevier, 1968. 779 p.

HUMM, M. Observations of the suppression of sugarcane flowering using ethephon on the KwaZulu-Natal South Coast. **Proc S Afr Sug Technol Ass**, v. 75, p. 187-191, 2001.

HUNKE, P., ROLLER, R., ZEILHOFER, P., SCHRODER, B., MUELLER, E.N. Soil changes under different land-uses in the Cerrado of Mato Grosso, Brazil. **Geoderma Reg.**, v. 4, p. 31-43, 2015.

INMAM-BAMBER, N.G. Temperature and seasonal effects on canopy development and light interception of sugarcane. **Field Crops Research**, London, v.36, p. 41-51, 1994.

JAMES, N.I.; MILLER, J.D. Shoot apex development in early-, mid-, and late-season flowering sugarcane clones. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 14, p. 334–340, 1971.

JULIEN, M.H.R.; SOOPRAMANIEN, G.C. The effect of flowering on yield in sugarcane. **Review Agricultural Sucre. Ile Maurice**, v. 55, p. 151-158, 1976.

JULIEN, M.H.R.; SOOPRAMANIEN, G.C.; D'ESPAGNAC, M.A.L. Environment, flowering, rainfall and dosage rate as factors affecting response to ripener Polaris. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 17, p. 604-613, 1980.

JULIEN, M.H.R.; SOOPRAMANIEN, G.C.; LORENCE, D. Juvenility, senility, climate and flowering in *Saccharum*. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 15, p. 984-990, 1974.

JULIEN, M.H.R. et al. Age, time of harvest and environment as factors influencing differences in yield between flowering and vegetative canes. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 16, p. 1771–1789, 1977.

JULIEN, M.H.R. The photoperiodic control of flowering in *Saccharum*. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 14, p. 323–333, 1971.

JULIEN, M.H.R. Physiology of flowering in *Saccharum*. I. Day length control of floral initiation and development in *S. spontaneum* L. **Journal Experimental Botany**, v. 24, p. 549-557, 1973.

KAISER, H.F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, New York, v. 23, p. 187-200, 1958.

KEATING, B.A.; ROBERTSON, M.J.; MUCHOW, R.C.; HUTH, N.I. Modelling sugarcane production systems I. Development and performance of the sugarcane module. **Field Crops Research**, London, v. 61, p. 253-271, 1999.

KHANNA, K.L.; SHARMA, S.L.; RAMANATHAN, K.R. **Proceedings of the Indian Academy of Sciences**, Section B, v. 42, p. 195-212, 1955.

LANG, A. Physiology of flower initiation. **Encyclopedia of Plant Physiology**, v. 15, p. 1380-1536, 1965.

LAVANHOLI, M.G.D.P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de açúcar e álcool. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008, p. 697-722.

LEGENDRE, B.L. Ripening of sugarcane: effects of sunlight, temperature, and rainfall. **Crop Science**, Madison, v. 15, p. 349-352, 1975.

LEITE, G.H.P. **Maturação induzida, alterações fisiológicas, produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2005. 141 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agronômicas Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2005.

LEVI, C.A., MARIOTTI, J.A.; ARÉVALO, C.G. Floración en caña de azúcar: resultados de 2 años de experiencias **Revista industrial y agrícola de Tucumán**, v. 55, p. 1-14, 1978.

LI, Y.; SOLOMON, S. Ethephon: a versatile growth regulator for sugarcane industry. **SugarTech**, v. 5, p. 213-233, 2003.

LINGLE, S.E. Seasonal internode development and sugar metabolism in sugarcane. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 1222-1227, 1997.

LINGLE, S.E.; SMITH, R.C. Sucrose metabolism related to growth and ripening in sugarcane internodes. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 172-177, 1991.

LONG, A.C. A large varietal difference in cane deterioration due to flowering. **Proceedings South African Sugar Technologists' Association**, v. 50, p. 78-81, 1976.

LOPEZ-HERNANDEZ, J.A. The quality of flowering cane. **Sugar y Azucar**, São Paulo, v. 60, p. 41-42, 1965.

LYRA, W. S.; SILVA, E.C.; ARAÚJO, M.C.U.; FRAGOSO, W.D. Classificação periódica: Um exemplo didático para ensinar análise de componentes principais. **Química Nova**, v.33, p.1594-1597, 2010.

LYRENE, P.M. Heritability of flowering in sugarcane. **Crop Science**, v. 17, p. 462-464, 1977.

MACCOLL, D. Some aspects of the flowering of sugar cane in Barbados and its control in a breeding programme. **Annals of Botany**, Londres, v. 41, p. 191-207, 1977.

MACHADO, E.C. Fisiologia de produção de cana-de-açúcar In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, cap. 1, p. 56-87.

MANGELSDORF, A.J. 'Sugarcane breeding in Hawaii'. **Hawaii Plant. Rec.** v.54, p.101-162, 1953.

MAMET, L.D.; GALWEY, N.W.A relationship between stalk elongation and earliness of ripening in sugarcane, **Experimental Agriculture**, New York, v. 35, p. 283-291, 1999.

MARIN, F.R.; JONES, J.W.; ROYCE, F.; ASSAD, E.D.; PELLEGRINO, G.Q.; JUSTINO, F. Climate change impacts on sugarcane attainable yields in Southern Brazil. **Climatic Change**, London, v.1, p.101-110, 2012.

MARIN, F.R. **Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos**. 2014. Tese (Livre Docência em Agrometeorologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/11/tde-22082014-112751/>>. Acesso em: 01-10-2016.

MARQUES, M. O.; MACIEL, B. F.; FIGUEIREDO, I. C.; MARQUES, T. A. Considerações sobre a qualidade da matériaprima. IN: MARQUES M. O.; MUTTON, M. A.; NOGUEIRA, T. A. R.; TASSO JÚNIOR, L. C.; NOGUEIRA, G. A.; BERNARDI, J. H. **Tecnologias na agroindústria canavieira**. Jaboticabal: FCAV, 2008. p. 9-16.

MELÉM JÚNIOR, N. J.; FONSECA, I. C. B.; BRITO, O. R.; DECAËNS, T.; CARNEIRO, M. M.; MATOS, M. F. A.; GUEDES, M. C.; QUEIROZ, J. A. L.; BARROSO, K. O. Análise de componentes principais para avaliação de resultados analíticos da fertilidade de solos do Amapá. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, p.499- 506, 2008.

MELLONI, M.L.G.; MELLONI, M.N.G.; SCARPARI, M.S.; GARCIA, J.C.; LANDELL, M.G.A.; PINTO, L.R. Flowering of sugarcane genotypes under different artificial photoperiod conditions. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 456-463, 2015.

MENOSSE, M., SILVA-FILHO, M.C., VINCENTZ, M.C., VAN-SLUYS, M.A., SOUZA, G.M. Sugarcane functional genomics: gene discovery for agronomic trait development. **Int. J. Plant Genomics**, v. 1, p. 1-11, 2008.

MENDONÇA, J.R.; NOCITI, P.R.H.; DEOTTI, R.C. Estudo de diferentes épocas de corte em cana-de-açúcar. In: **SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA**, 2,1984, Piracicaba. Centro de Tecnologia COPERSUCAR, 1984. p. 140-149.

MIDMORE, D.J. Effects of photoperiod on flowering and fertility of sugarcane (*Saccharum* spp.). **Field Crops Research**, v. 3, p. 65-81, 1980.

MILLER, J.D.; GILBERT, R.A. **Sugarcane Botany: A Brief View**. Gainesville: University of Florida IFAS extension, 2009. 6 p.

MOORE, P.H. Prediction of sugarcane flowering. **Hawaiian Sugar Planters' Association Experiment Station Growth Regulator Report**, v. 14, p. 1-3, 1983.

MOORE, P.H.; NUSS, K.J. Flowering and flower synchronization. In HEINZ, D.J. (Ed.). **Sugarcane improvement through breeding**. Amsterdam: Elsevier, 1987. p. 102-127.

MOORE, P. H.; BERDING, N. Flowering. In: Sugarcane: Physiology. In: MOORE, P.H.; BOTHA, F.C. **Sugarcane: physiology, biochemistry, and functional biology**. 1 ed.: John Wiley & Sons Ltd. 2014. p. 379-410.

MOORE, P.H.; MARETZKI, A. Sugarcane. In: ZAMSKI, E.; SCHAFFER, A.A. (eds.) **Photoassimilate distribution in plants and crops**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 643- 669.

MOORE, P.H. Investigations of the flowering of *Saccharum*. I. Ontogeny of the inflorescence. **Canadian Journal of Botany**, v. 49, p. 677-682, 1971.

MOORE, P.H. Investigations on the flowering of *Saccharum*. II. Number of spindle leaves and date of induction. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 15, p. 7-16, 1974a.

MOORE, P.H. Flowering control with diquat. **Hawaiian Planters' Record**, v. 58, p. 323–329, 1974b.

MOORE, P.H. Studies on sugarcane pollen. II. Pollen storage. **Phyton**, v. 34, p. 71-80, 1976.

MOORE, P.H. *Saccharum*. In: HALEVEY, A.H. **CRC Handbook of Flowering**. Boca Raton: CRC Press Inc, 1985, v. 4, p. 243-262.

MOORE, P.H. Physiology and control of flowering. **Copersucar International Sugarcane Breeding Workshop**, p.103-128, 1987.

MOORE, P.H.; OSGOOD, R.V. Use of ethephon to prevent flowering of sugarcane in Hawaii. **Proc int Soc Sug Cane Technol**, v.19, p.258-262, 1986.

MOORE, P.H.; OSGOOD, R.V. Prevention of flowering and increasing sugar yield of sugarcane by application of ethephon (2-chloroethylphosphonic acid). **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 8, p. 205–210, 1989.

MOORE, P.H. Temporal and spatial regulation of sucrose accumulation in the sugarcane stem. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood, v. 22, p. 661-679, 1995.

MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V; MATTIUZ, C.F.M. História e morfologia da cana-de-açúcar, In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar, Atualização em produção de Cana-de-Açúcar**. Piracicaba: - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2006. p.11-18.

NUSS, K.J.; BERDING, N. Planned recombination in sugarcane breeding: artificial initiation of flowering in sugarcane in subtropical and tropical conditions. **Proc Int Soc Sugar Cane Technol**, v. 2, p. 504-508, 1999.

NUSS, K.J.; MAHARAJ, A. Flowering in sugarcane and its effects on quality and yield components, four to eleven months later. **Proc S Afr Sug Technol Ass**, v. 66, p. 38-40, 1992.

NUSS, K.J. Factors influencing the numbers of seedlings obtained from sugarcane crosses. **Proceedings South African Sugar Technologists' Association**, v. 53, p. 167-169, 1979.

NUSS, K.J.; BRETT, P.G.C. Artificial induction of flowering in a sugarcane breeding programme. **Proceedings. South Africa Genetics Society**, v. 6, p. 54–64, 1977.

NYKO, D.; VALENTE, M.; MILANEZ, A.; TANAKA, A.; RODRIGUES, A. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? **Bionergia. BNDES Setorial**, v. 37, p. 399-442, 2013.

OLIVEIRA, R.A., SANTOS, R.S., RIBEIRO, A., ZOLNIER, S., BARBOSA, M.H.P. Estimativa da produtividade da cana-de-açúcar para as principais regiões produtoras de Minas Gerais usando-se o método ZAE. **Rev. Bras. Eng. Agr. Amb**, v. 16, n. 5, p. 549–557, 2012.

OSGOOD, R.J., MOORE, P.H.; CARR, J.B. Comparison of diquat and ethephon for prevention of flower initiation in sugarcane (*Saccharum* spp. hybrids). **Proceedings Plant Growth Regulator Society of America**, v. 10, p. 266-269, 1983.

PALIATSEAS, E.D. Flowering of sugarcane in Louisiana as related to interspecific hybridization. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 15, p. 46-54, 1974.

PAMMENTER, N. W.; ALLISON, J. C. S. Effects of treatments potentially influencing the supply of assimilate on its partitioning in sugarcane. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 123-129, 2002.

PANJE, R.R.; SRINIVASAN, K. Studies in *Saccharum spontaneum*. The flowering behavior of latitudinally displaced populations. **Botanical Gazette**, v. 120, p. 193-202, 1959.

PANJE, R.R.; SRINIVASAN, K. Studies in *Saccharum spontaneum*. A note on the flowering sequence of *Saccharum spontaneum* clones. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v.10, p.819-823, 1960.

PANJE, R.R.; RAO, T.R.; SRIVASTAVA, K.K. Studies on the prevention of flowering in sugarcane. I. Effect of suppression of flowering by defoliation on the yield and juice-quality of cane. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 13, p. 467-475, 1968.

PARANHOS. S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. v. 1, p. 56 87.

PARK, S.E., ROBERTSON, M., INMAN-BAMBER, N.G. Decline in the growth of a sugarcane crop with age under high input conditions. **Field Crops Res**, v. 92, p. 305-320, 2005.

PRADO, H. **Pedologia Fácil: aplicações**. 3. ed. Piracicaba: H. do Prado, 2013. 180 p.

PEREIRA, A.R.; BARBIERI, V; VILLA NOVA, N.A. Climatic Conditioning of Flowering Induction in Sugarcane, **Agricultural Meteorology**, London, v. 29, p. 103-110, 1983.

RAE, A.L.; GROF, C.P.L.; CASU, R.E.; BONNETT, G.D. Sucrose Accumulation in the Sugarcane Stem: Pathways and Control Points for Transport and Compartmentation. **Field Crops Research**, v. 92, n. 2-3, p. 159-168, 2005.

RAE, A. L.; MARTINELLI, A. P.; DORNELAS, M. C. Anatomy and Morphology. In: MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. (Orgs.). **Sugarcane: Physiology, Biochemistry & Functional Biology**. New Jersey, US: John Wiley & Sons, 2014. p. 19-33.

RAE, A.L.; GROF, C.P.L.; CASU, R.E.; BONNET, G.D. sucrose accumulation in the sugarcane stem: pathways and control points for transport and compartmentation. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.92, p.159-168, 2005.

RAO, T.R.; SRIVATAVA, K.K. Studies on the prevention of flowering in sugarcane II. The effects of some chemical sprays. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 13, p. 476-483, 1968.

RIPOLI, T. C. C; RIPOLI, M. L. C; CASAGRANDE, D V; IDE, B. Y. **Plantio de cana-de-açúcar, estado da arte**. 2. ed. rev. e ampl. Piracicaba, 2007.

ROBERTSON, M.J.; DONALDSON, R.A. Changes in the components of cane and sucrose yield in response to drying-off of sugarcane before harvest. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 55, p. 201-208, 1998.

RODRIGUES, F.A.; LAIA, M.L.; ZINGARETTI, S.M. Analysis of gene expression profiles under water stress in tolerant and sensitive sugarcane plants. **Plant Science**, v. 176, p. 286-302, 2009.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da Cana-de-açúcar**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Instituto de Biociências, Campus Botucatu, 1995. 101p.

RÖHRIG, P.E., ELLIS, T.O., & ARCENEUX, G. Microclimate modification by mist sprays within polyethylene enclosures in relation to flowering of sugarcane. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 10, p. 794-800, 1959.

ROSTRON, H. The effect of chemical ripeners on the growth, yield and quality of sugarcane in South Africa and Swaziland. **Proc SAfr Sug Technol Ass**, v. 47: p. 191-200, 1973.

SALATA, J.C.; FERREIRA, L.J. Estudo da interferência do florescimento nas qualidades agroindustriais de algumas variedades de cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.88, n.6, p.19-24, 1977.

SARTORIS, G.B. The behavior of sugarcane in relation to length of day. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 6, p. 796-801, 1938.

SCARPARE, F.V., HERNANDES, T.A.D., RUIZ-CORRÊA, S.T., PICOLI, M.C.A., SCANLON, B.R., CHAGAS, M.F., DUFT, D.G., CARDOSO, T.F. Sugarcane land use and water resources assessment in the expansion area in Brazil. **J. Clean. Prod.**, v. 133, p. 1318-1327, 2016a.

SCARPARE, F.V., HERNANDES, T.A.D., RUIZ-CORRÊA, S.T., KOLLN, O.T., GAVA, G.J.C., DOS SANTOS, L.N.S., VICTORIA, R.L. Sugarcane water footprint under different management practices in Brazil: Tietê/Jacaré watershed assessment. **J. Clean. Prod.**, v. 112, p. 4576-4584, 2016b.

SCARPARI, M.S. **PREDPOL: um modelo de previsão da maturação da cana-de-açúcar visando planejamento otimizado**. 2007. 120 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

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.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 19-36.

SHANMUGAVADIVU, R.; RAO, P.N.G. A comparison of flowering behavior of sugarcane clones in two different locations. **Sugar Tech**, v. 11, p. 401-404, 2009.

SILVA NETO, H. F.; MARQUES, M. O.; TASSO JÚNIOR, L. C.; CAMIOTTI, F.; BERNARDI, J. H. Influência do florescimento e grau de isoporização na qualidade de variedades de cana-de-açúcar aptas à industrialização no meio de safra. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2011.

SIMPSON, G.G.; DEAN, C. *Arabidopsis*, the Rosetta stone of flowering time? **Science**, Washington, v. 296, p. 285-289, 2002.

SINGELS, A.; JONES, M.; VAN DER BERG, M. **DSSAT v.4.5 DSSAT/CANEGRO: sugarcane plant module, scientific documentation**. Mount Edgecombe: International Consortium for Sugarcane Modeling: South African Sugarcane Research Institute, 2008. 34p.

SINGELS, A.; INMAN-BAMBER, N.G. Modelling genetic and environmental control of biomass partitioning at plant and phytomer level of sugarcane grown in controlled environments. **Crop Pasture Science**, v. 62, p. 66-81, 2011.

SINGH, S.; REDDY, M.S. Effect of inhibition of flowering on improvement of cane yield and juice quality under Coimbatore conditions. **Journal of Agricultural Science**, 87, p. 375-380, 1976.

SINGH, S.; SRIVASTAVA, K.K. Inhibition of flowering with gramoxone and reglone sprays. **Proceedings of the Sugar Technologist Association of India**, 40, p. A65–A71, 1974.

SNEATH, P.H.; SOKAL, R.R. **Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W.H. Freeman, 1973. 573 p.

SMITH, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 98, p. 97-260, 2006.

SMITH, B. Tassel control in drip irrigated fields at Wailuku Sugar Company. **Report Hawaii Sugar Technologists**, v. 36, p. 81-83, 1977.

SOLOMON, S. et al. Post-harvest deterioration of sugarcane and chemical methods to minimize sucrose losses. **Sugar Tech**, v. 8, p. 74-78, 2006.

STATSOFT. **STATISTICA v.9 (data analysis software system)**. Tulsa, 2010.

STEHLER, H. The principal agronomic aspects of the flowering of sugar cane; growth, methods of cultivation, maturity, deterioration after arrowing, rippen point of cutting. In: BRITISH WEST INDICES SUGAR TECHNOLOGY. **Proceedings...** Barbados: BWIST, 1955. p. 49-62.

STEVENSON, G.C. Flowering in sugarcane. In: **Genetics and Breeding of Sugarcane**. Longmans, Cambridge University Press: London. 1965, p. 72-97.

STEWART, E.R.; FREEBAIRN, H.T. Ethylene, seed germination, and epinasty. **Plant Physiology**, v. 44, p. 955-958, 1969.

SUGUITANI, C. **Entendendo o crescimento e produção da cana-de-açúcar: avaliação do modelo Mosicas**. 2006. 60 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

TAMMISOLA, J. Towards much more efficient biofuel crops - can sugarcane pave the way? **GM Crops**, v.1, p.181-198, 2010.

TAVARES, A.C.S. **Sensibilidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ao excesso de água no solo**. 2009. 220 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centertown: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.

VAN DEN BERG, M.; BURROUGH, P.A.; DRIESSEN, P.M. Uncertainties in the appraisal of water availability and consequences for simulated sugarcane yield potentials in São Paulo State, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 81, p. 43-55, 2000.

VAN DILLEWIJN, C. **Botany of Sugarcane**. Waltham, Mass: Chronica Botanica, 1952. 371p.

VERRET, J.A. the effect of heat on the germination of the sugarcane cuttings. **Haw. Plant. Rec.**, v.31, p.112-115, 1927.

VIANA, R.S. **Aplicação de maturadores químicos no final de safra, associada à eliminação de soqueira em área de reforma do canavial**. 2007. 46 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

VIANNA, M.S.; SENTELHAS, P.C. Simulação do risco de deficit hídrico em regiões de expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.49, n.4, p. 237-246, 2014.

VIJAYASARADY, N.; NARASIMHAN, R. Control of flowering of sugarcane. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 8, p. 371–401, 1954.

VIVEIROS, V.C.A. et al. Efecto de la edad de la plnata y de diferentes tratamientos fotoinductivos en la floracion de la caña de azúcar (*Saccharum ssp.*). **Acta Agronomica**, v.41, n.1/4, p.37-45, 1991.

WACLAWOVSKY, A.J.; SATO, P.M.; LEMBKE, C.G.; MOORE, P.H.; SOUZA, G.M. Sugarcane for bioenergy production: an assessment of yield and regulation of sucrose content. **Plant Biotechnology Journal**, Oxford, p. 263-276, 2010.

WALKER, D.I.T.; MACCOLL, D.; RAO, P.S. Aspects of the use of *Saccharum spontaneum* in the West Indies programme. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 16, p. 291-303, 2017.

WALTER, A., GALDOS, M., SCARPARE, F., LEAL, M., SEABRA, J., DA CUNHA, M., PICOLI, M. AND DE OLIVEIRA, C. Brazilian sugarcane ethanol: developments so far and challenges for the future. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment**, v. 3, n. 1, p.70-92, 2014.

WHITBREAD, MW. Selection of late season varieties under conditions of heavy flowering at Dwangwa, Malawi. **Proc S Afr Sug Technol Ass**, v. 65, p. 109-112, 1991.

WRAY, L. **The practical sugar planter; a complete account of the cultivation and manufacture of the sugar-cane, according to the latest and most improved process**. Londres: Andesite Press, 2017. 502p.

YANG, S.J.; CHEN, J.B. Germination response of sugarcane cultivars to soil moisture and temperature. In: **Proc. ISSCT Congress**, v. 17, Manila, Phillippinas, p. 30-36, 1980.

YAO, R.L., LI, Y.R.; ZHANG, G.R.; YANG, L.T. Endogenous hormone levels at technical maturing stage of sugarcane. **Sugar Tech**, v. 4, p. 14-18, 2002.

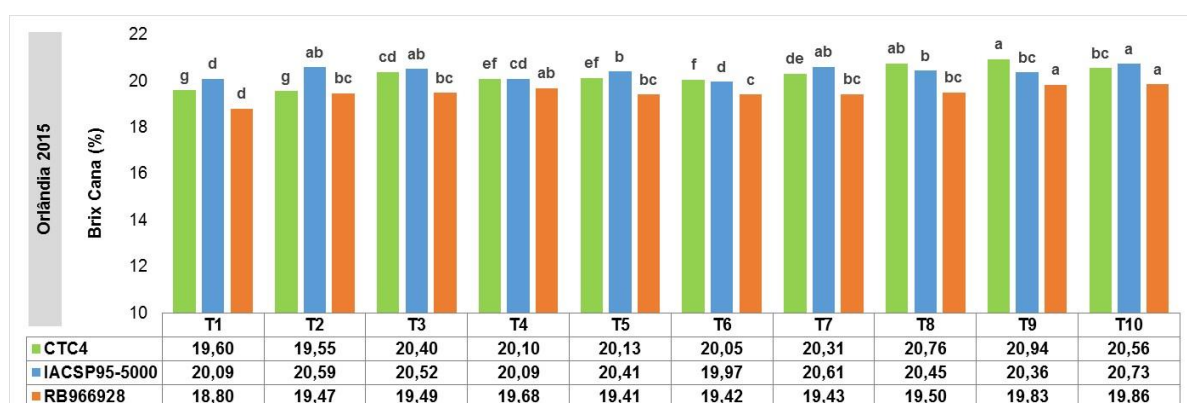
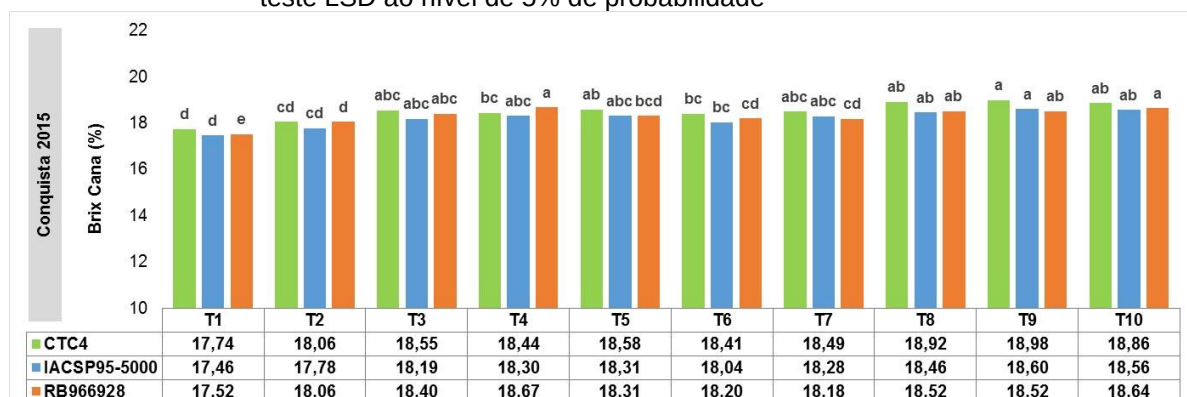
YEU, W.K. Studies on flowering of sugar cane in the South of Haiwan, China. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., 1980, Manila. **Anais...** Makati: Metro Manila, 1980. p.1301-1306.

WU, K. C., YE, Y. P., LI, Y. R., LI, Y. J.; YANG, L. T. Effects of spraying ethephon on the canopy structure and the physiological indexes for drought resistance in sugarcane. **Southwest China Journal of Agricultural Sciences**, v. 17, p. 724-729, 2004.

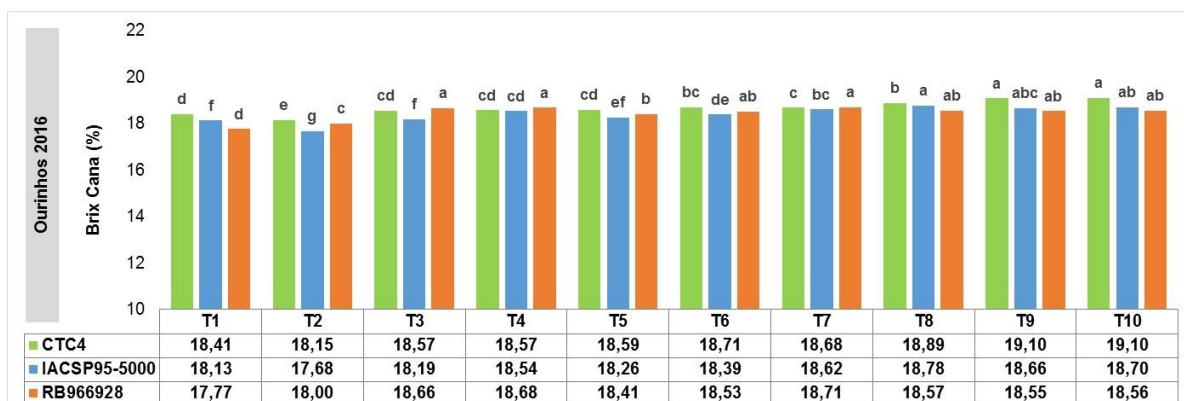
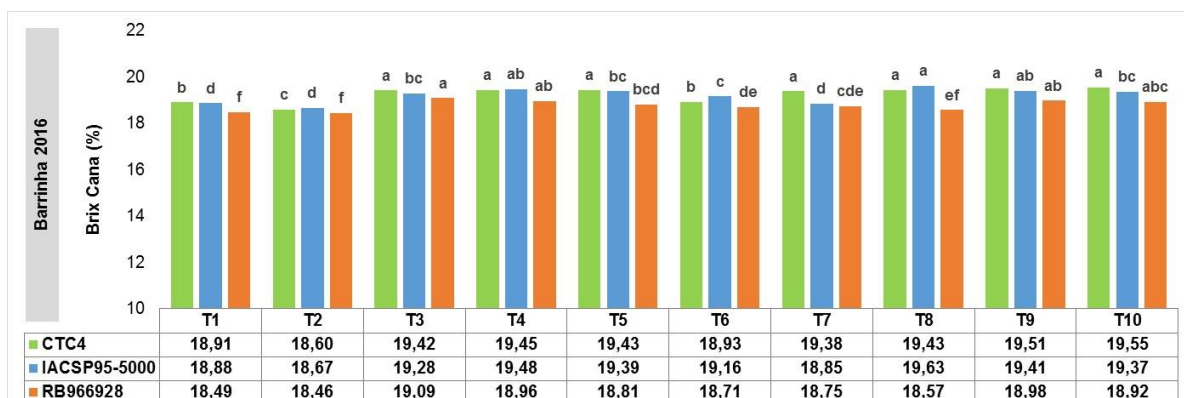
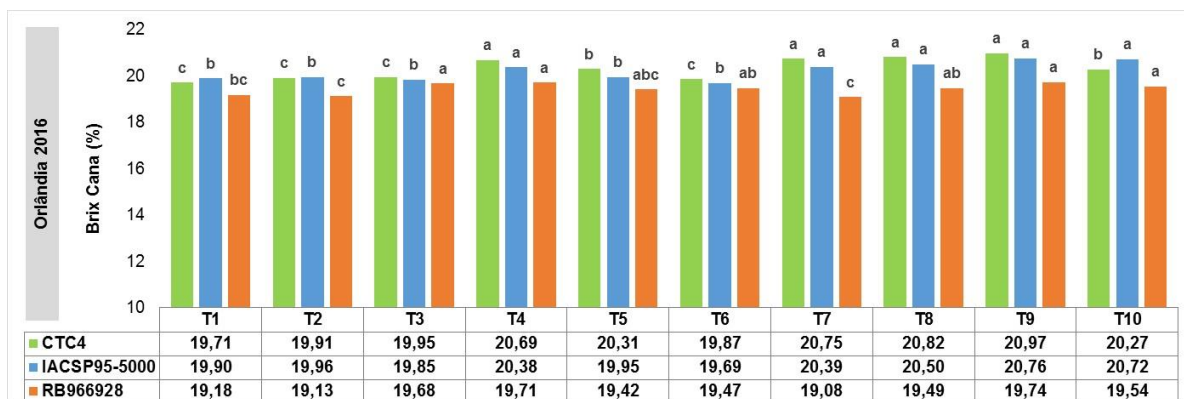
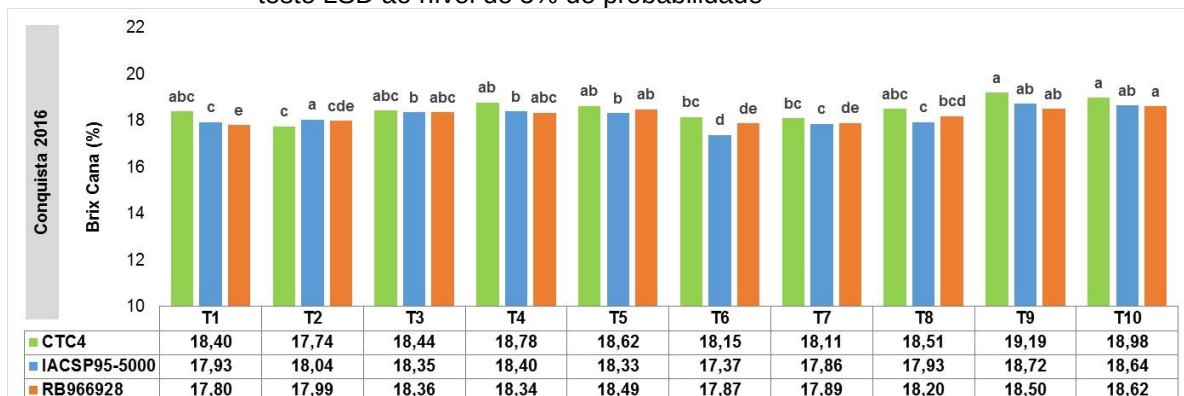
ZHOU, M.M.; SINGELS, A. ; SAVAGE, M.J. Physiological Parameters for Modelling Differences in Canopy Development between Sugarcane Cultivars, in **Proceedings of the South African Sugar Technologists Association**, 2003, lxxvii,p. 610 621

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA - UDOP. **Valores de ATR e Preço da Tonelada de Cana-de-açúcar - CONSECANA-SP do Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf>. Acesso em: 01 maio 2017.

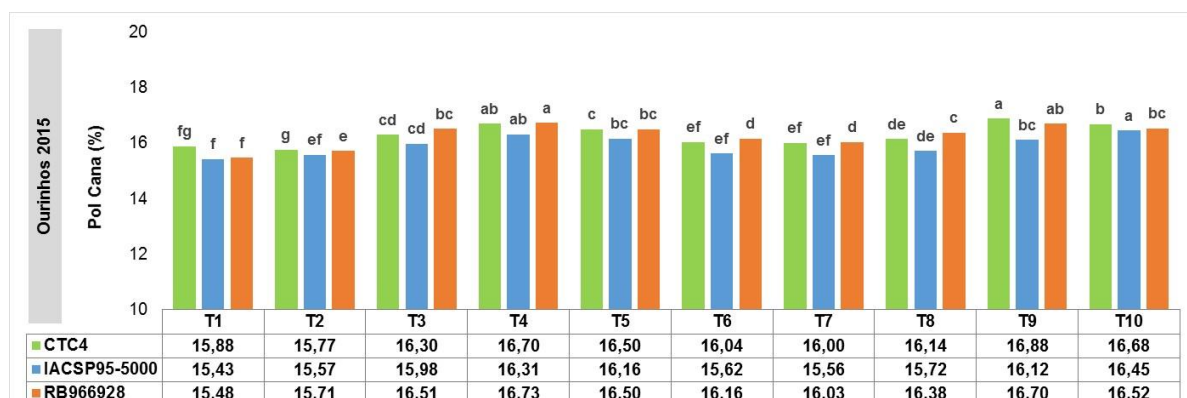
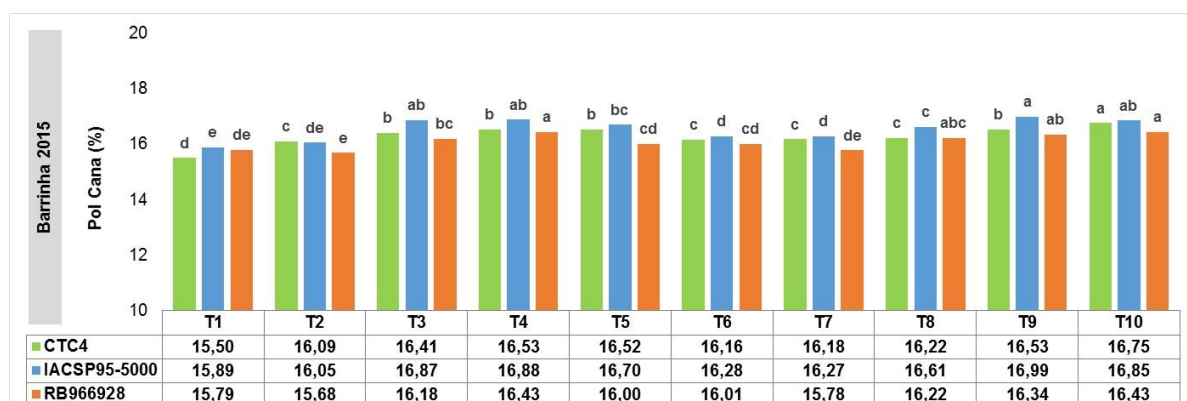
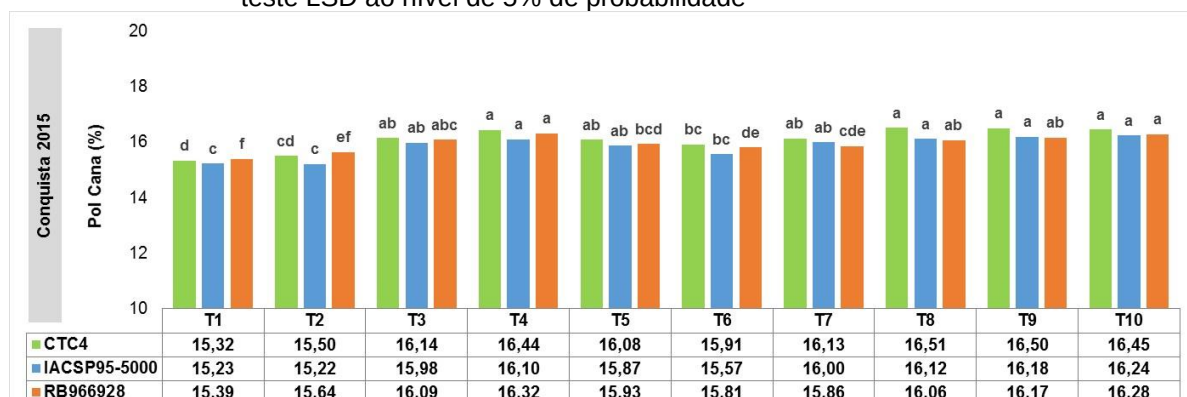
APÊNDICE A – Valores de Brix Cana (%) observados nas cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlandia e Conquista em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



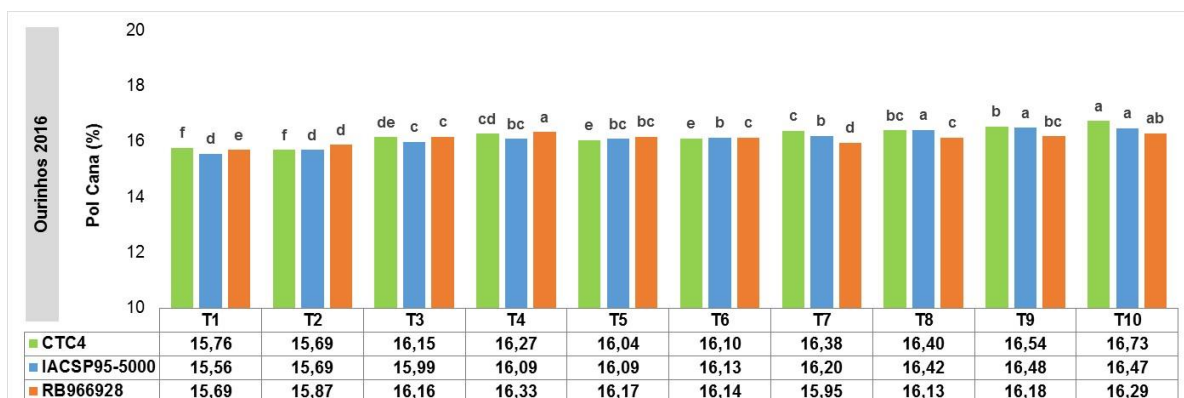
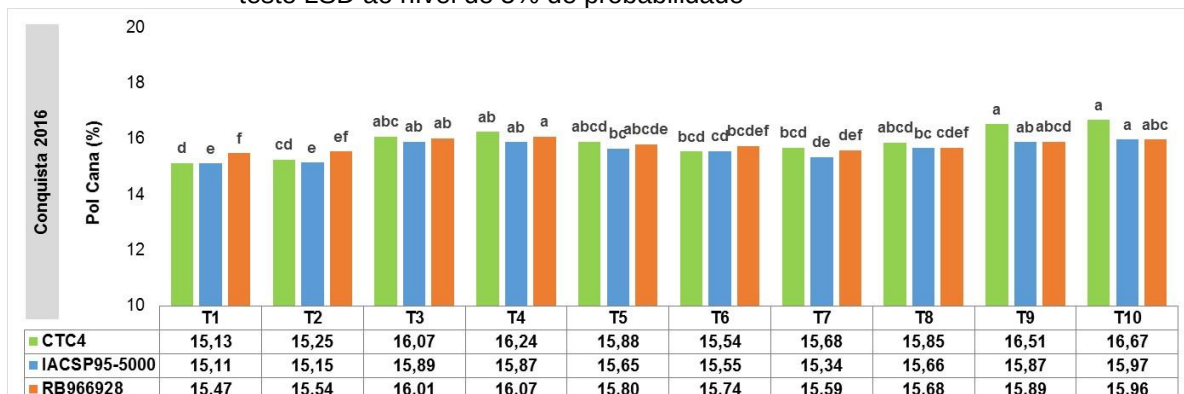
APÊNDICE A – Valores de Brix Cana (%) observados nas cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



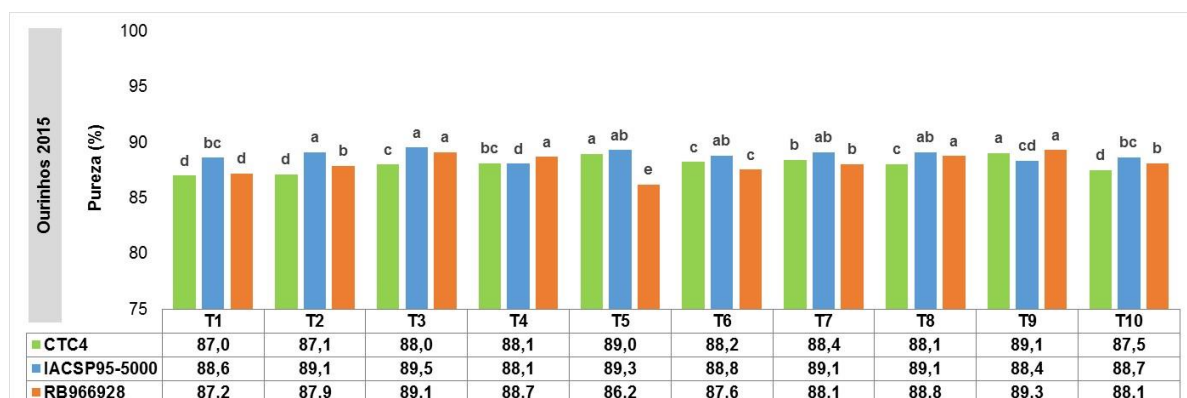
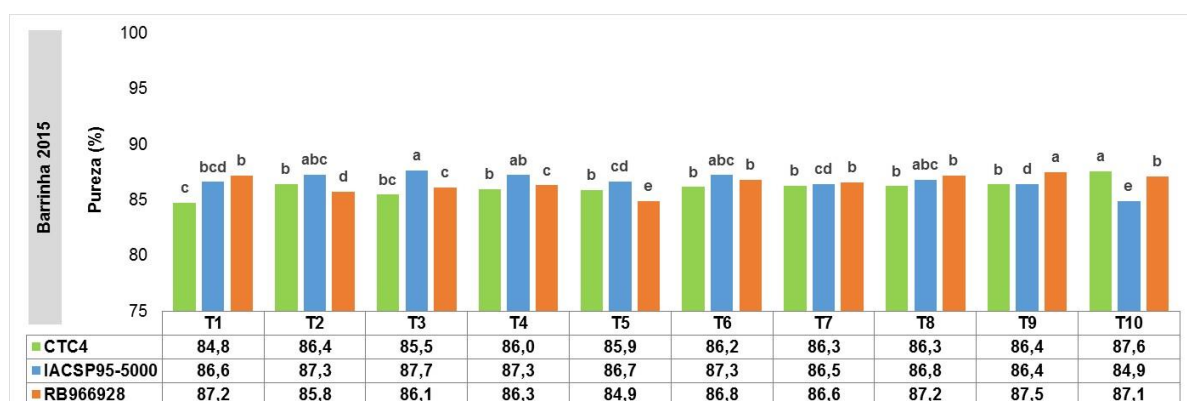
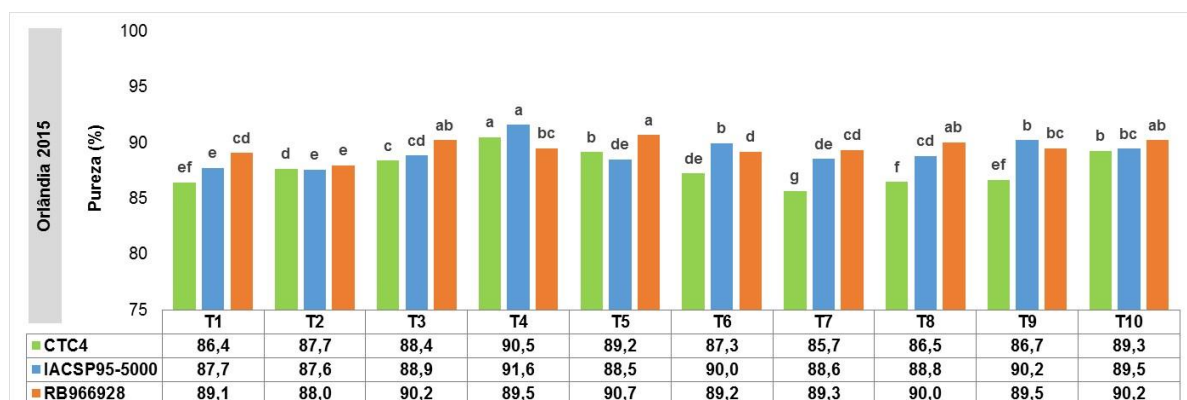
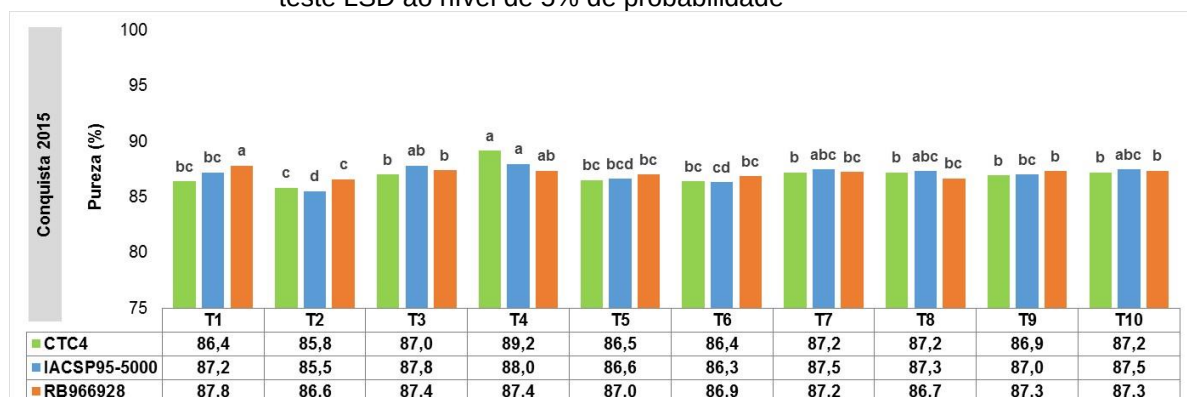
APÊNDICE B – Valores de Pol Cana (%) observados nas cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



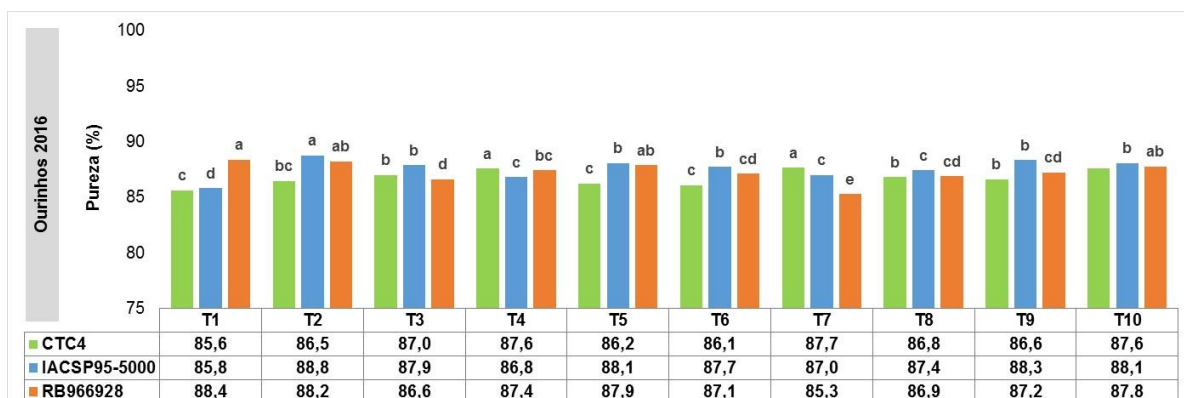
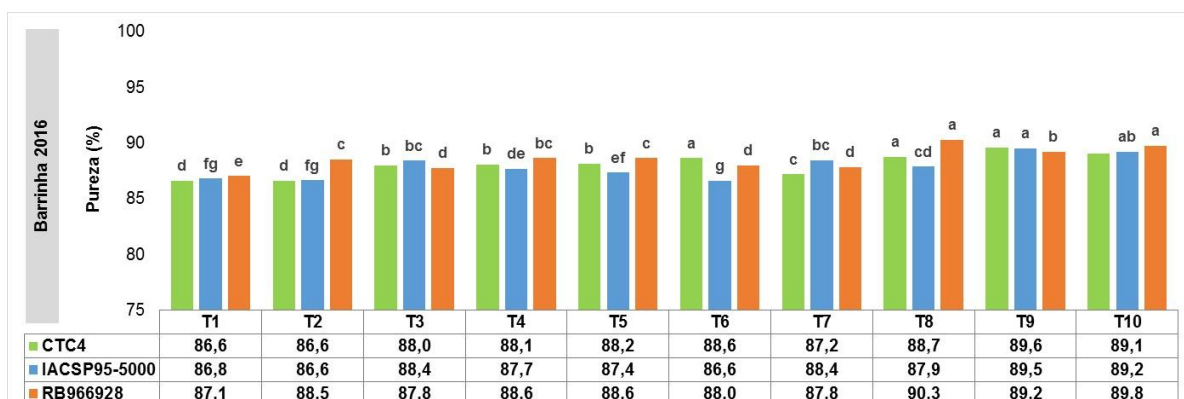
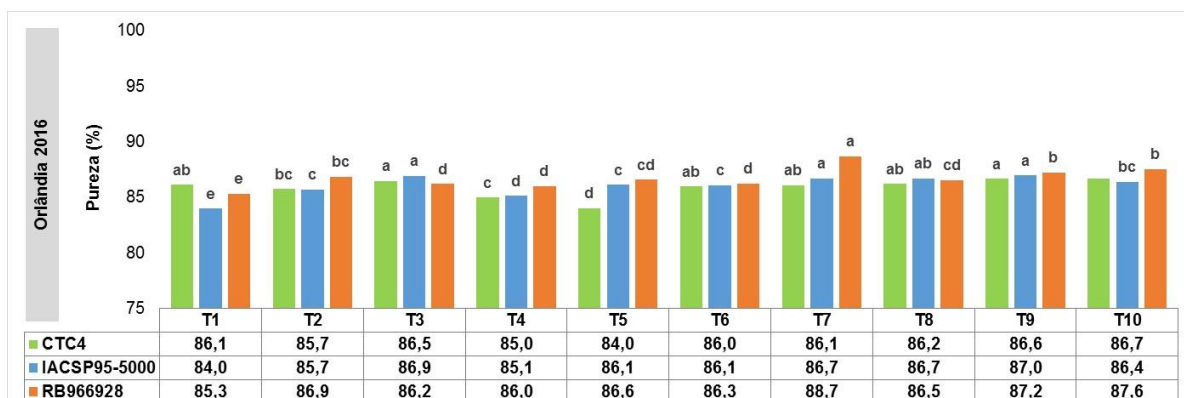
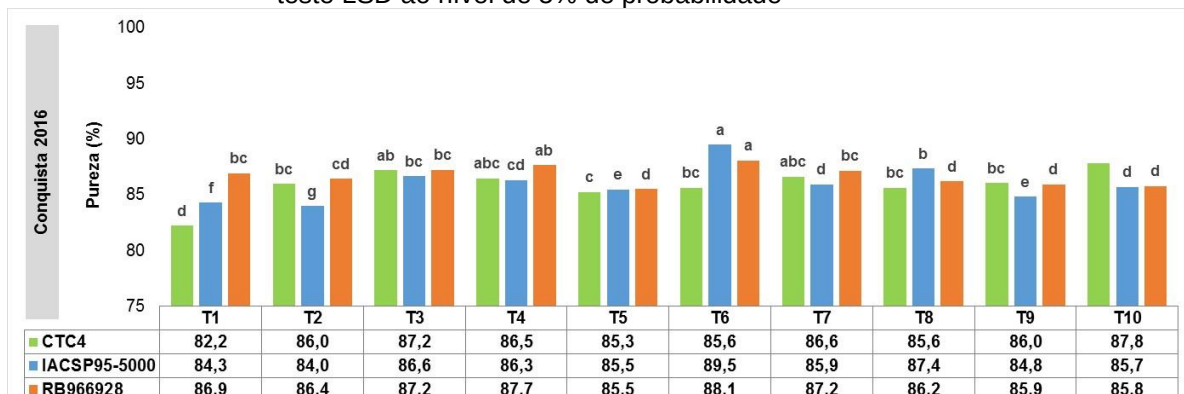
APÊNDICE B – Valores de Pol Cana (%) observados nas cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlandia e Conquista em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



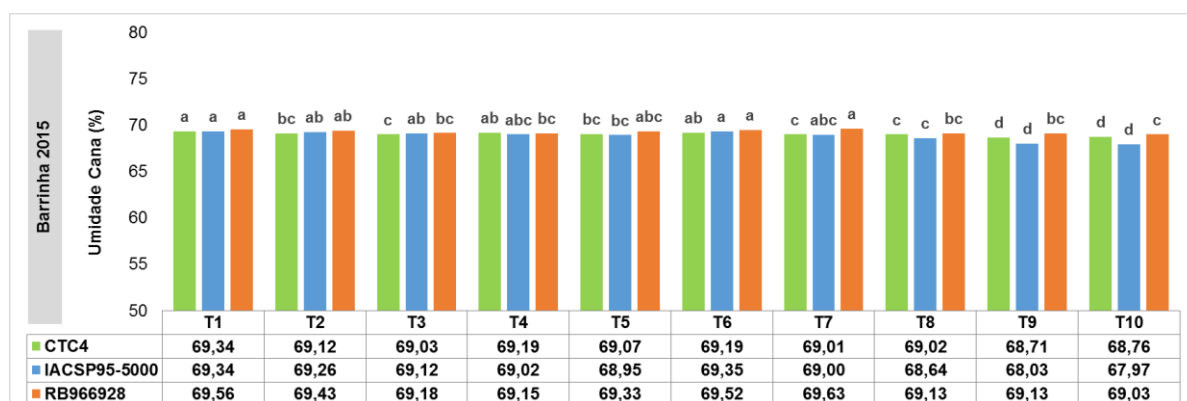
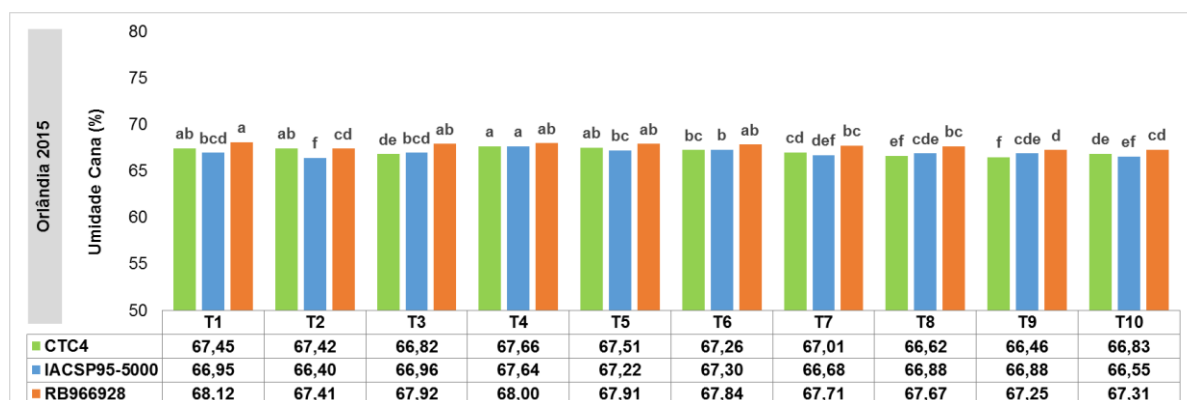
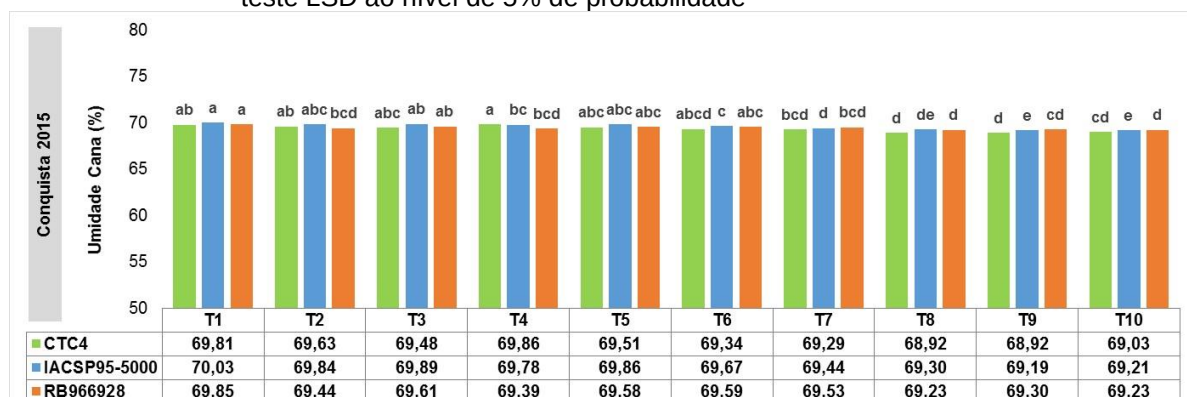
APÊNDICE C – Valores de Pureza (%) observados nas cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



APÊNDICE C – Valores de Pureza (%) observados nas cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlandia e Conquista em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



APÊNDICE D – Valores de Umidade da cana (%) observados nas cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista em 2015. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade



APÊNDICE D – Valores de Umidade da cana (%) observados nas cultivares CTC4, IACSP95-5000 e RB966928, nas regiões de Ourinhos, Barrinha, Orlândia e Conquista em 2016. Médias seguidas pela mesma letra, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de 5% de probabilidade

