

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**  
**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DETERMINAÇÃO DOS PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA DE  
PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA CANA-ENERGIA**

**João Eduardo Brandão Boneti**  
**Engenheiro Agrônomo**

**2021**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DETERMINAÇÃO DOS PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA DE  
PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA CANA-ENERGIA**

**João Eduardo Brandão Boneti**

**Orientador: Dr. Carlos Alberto Mathias Azania  
Co-orientadora: Mariluce Pascoina Nepomuceno**

**Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,  
Campus de Jaboticabal, como parte das  
exigências para a obtenção do título de  
Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)**

**2021**

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B712d | <p>Boneti, João Eduardo Brandão</p> <p>Determinação dos períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da cana-energia / João Eduardo Brandão Boneti. -- Jaboticabal, 2021</p> <p>37 p.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal</p> <p>Orientador: Carlos Alberto Mathias Azania</p> <p>Coorientadora: Mariluce Pascoina Nepomuceno</p> <p>1. Saccharum spp.. 2. Períodos de controle. 3. Competição. 4. Comunidade infestante. I. Título.</p> |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DETERMINAÇÃO DOS PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA CANA ENERGIA

AUTOR: JOÃO EDUARDO BRANDÃO BONETI

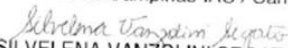
ORIENTADOR: CARLOS ALBERTO MATHIAS AZANIA

COORDENADORA: MARILUCE PASCOINA NEPOMUCENO

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



Pesquisador Dr. CARLOS ALBERTO MATHIAS AZANIA (Participação Virtual)  
Instituto Agronômico de Campinas-IAC / Campinas/SP



Profa. Dra. SILVEIRA VANZOLINI SEGATO (Participação Virtual)  
Faculdade Dr. Francisco Maeda (FAFRAM) / Ituverava/SP



Prof. Dr. PEDRO LUIS DA COSTA AGUIAR ALVES (Participação Virtual)  
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 25 de janeiro de 2021

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**João Eduardo Brandão Boneti** – nascido em São Joaquim da Barra, Estado de São Paulo, Brasil, aos 12 de outubro de 1986. Graduiu-se em Engenharia Agrônômica pela Faculdade Dr. Francisco Maeda, Campus de Ituverava, São Paulo (Fafram), no ano de 2014. Em 2018, ingressou no curso de Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Jaboticabal, São Paulo (UNESP/FCAV)

“O universo ajuda-nos sempre a lutar pelos nossos sonhos, por mais idiotas que possam parecer. Porque são os nossos sonhos, e só nós sabemos quanto custa sonhá-los. ”

Paulo Coelho

A meus avôs Valdemar Boneti (*in memorian*), Ângela Boneti (*in memorian*) e Antonieta Brandão (*in memorian*), meus pais Valter Boneti e Maria Aparecida Brandão Boneti, ao meu irmão Valter, a todos que de alguma forma contribuíram para a construção desse trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me guiar e orientar em todos momentos de minha vida, por sempre me proporcionar força e saúde e por me oferecer oportunidades ímpares.

À minha família, principalmente a meus pais, Valter Boneti e Maria Aparecida Brandão Boneti que sempre sonharam meus sonhos e me incentivaram a conquistá-los.

Ao meu irmão, Valter, pelo companheirismo e à minha cunhada Glenda, pelo apoio.

Aos meus avós Ângela Boneti e Antonieta Brandão (*in memorian*) e Valdemar Boneti e Sebastião (*in memorian*) que sempre se orgulharam pela pessoa que me tornei.

Ao Dr. Carlos Azania por aceitar orientar-me, pela disponibilidade, dedicação, paciência e ensinamentos.

À Dra. Mariluce Nepomuceno, por aceitar coorientar-me, pelo incentivo e pelas tardes de sábados que disponibilizou para nossas essenciais conversas.

Aos meus colegas do laboratório de matologia do IAC – Centro Cana/RP, Ana Rosália, Lucas Cirilo, Vitor Bidóia, Renata Brugneroto, Venilton, Matheus Siqueira, Alexandre (Grilo) e a todos que passaram pelo laboratório, meu muito obrigado.

Aos meus amigos pela compreensão, apoio e conversas.

Ao Instituto Agrônomo/Centro de Cana pelo apoio em infraestrutura e aos funcionários pela atenção que disponibilizaram ao longo de nossa convivência e por dividirem comigo as experiências de campo que tornaram mais tranquilo o desenvolvimento dos trabalhos.

À Dra. Leticia Dezem, pelo apoio, por acreditar, me mostrar onde posso chegar, pelas conversas.

Aos Pesquisadores do Centro de Cana, em especial ao Dr. Júlio Garcia pelas conversas e apoio.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), pelo embasamento teórico e científico fornecido a mim durante toda a minha formação acadêmica.

À Fundag (Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola), pela concessão da bolsa durante a jornada na minha estadia no Centro de Cana.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

**Muito Obrigado!**

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| RESUMO.....                                                                                                                                                                     | iii |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                                                  | iv  |
| 1.INTRODUÇÃO .....                                                                                                                                                              | 1   |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....                                                                                                                                                  | 3   |
| 2.1. Cana-de-açúcar ( <i>Saccharum</i> spp.).....                                                                                                                               | 3   |
| 2.2. A matriz energética brasileira e o melhoramento genético da cana-de-açúcar ....                                                                                            | 4   |
| 2.3. Cana-energia.....                                                                                                                                                          | 5   |
| 2.4. Períodos de interferência de plantas daninhas em cana-de-açúcar.....                                                                                                       | 6   |
| 2.5. Espécies alvo do estudo.....                                                                                                                                               | 7   |
| 2.5.1. <i>Panicum maximum</i> Jacq. ....                                                                                                                                        | 7   |
| 2.5.2. <i>Urochloa decumbens</i> (Stap) R. D. Webster .....                                                                                                                     | 8   |
| 2.5.3. <i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb. ....                                                                                                                                  | 9   |
| 3. OBJETIVO.....                                                                                                                                                                | 9   |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS .....                                                                                                                                                     | 10  |
| 4.1. Caracterização da área experimental.....                                                                                                                                   | 10  |
| 4.2. Cultivar de cana-energia empregada .....                                                                                                                                   | 11  |
| 4.3. Preparo da área experimental .....                                                                                                                                         | 12  |
| 4.4. Atributos avaliados .....                                                                                                                                                  | 13  |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                                                                                                 | 16  |
| 5.1. Levantamento Fitossociológico .....                                                                                                                                        | 16  |
| 5.2. Interferência das Plantas Daninhas no Desenvolvimento da Cana-Energia .....                                                                                                | 21  |
| 5.3. Períodos de Interferência das Plantas Daninhas em Cana-energia em função da Estimativa de Produtividade de colmos ( $t\ ha^{-1}$ ) e de Fibra ( $t\ fibra\ ha^{-1}$ )..... | 25  |
| 6. CONCLUSÕES .....                                                                                                                                                             | 28  |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                                                                                                              | 29  |

## Determinação dos períodos de interferência de plantas daninhas no cultivo de cana-energia

**RESUMO** - No Brasil, a produção do etanol a partir da celulose das plantas (etanol 2G) depende da produtividade da cana-energia, a qual tem sido impactada pela interferência das plantas daninhas. Neste contexto, objetivou-se determinar os períodos de interferência das plantas daninhas na cana-energia, cultivar Vertix 8 (VX12-0277), considerando-se o impacto na qualidade das fibras e na produtividade final dos colmos. No campo, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com 16 tratamentos em quatro repetições, sendo as parcelas constituídas por 9 m de largura (6 linhas) e 6 m de comprimento. Os tratamentos foram constituídos por períodos de controle e convivência de plantas daninhas com a cultura da cana-energia: 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 e 300 dias após o plantio. Realizou-se o levantamento fitossociológico da área experimental encontrando-se o predomínio das espécies *Panicum maximum*, *Urochloa decumbens* e *Merremia aegyptia*. Ao final dos 300 dias, utilizando-se da análise de regressão conforme o modelo sigmoidal de Boltzmann e considerando a tolerância de perda de 5% nas variáveis consideradas, concluiu-se para a produtividade dos colmos ( $t\ ha^{-1}$ ) o PAI é de 31 DAE, o PTPI de 106 DAE e o PCPI de 75 DAE. Ainda, conclui-se para produtividade de fibra ( $t\ ha^{-1}$ ) o PAI de 40 DAE, o PTPI de 102 DAE e o PCPI foi de 62 DAE. Por fim, concluiu-se que a interferência das plantas daninhas reduziu em até 92% na produtividade de colmos ( $t\ ha^{-1}$ ) e em até 91,5% na produtividade de fibra ( $t\ ha^{-1}$ ).

**“Palavras-chave”:** *Saccharum* spp., períodos de controle, competição, comunidade infestante.

## Determination of weeds interference periods in the energy cane cultivation

**ABSTRACT** – In Brazil, the production of ethanol from plant cellulose (2G ethanol) depends on the productivity of energy cane, which has been impacted by weed interference. In this context, it aimed at periods of weed interference in energy cane, cultivating Vertix 8 (VX12-0277), considering the impact on fiber quality and productivity on the final stalk productivity. In the field, a randomized block design with 16 treatments in four replications was used, with the plots being 9 m wide (6 lines) and 6 m long. The treatments consisted of periods of control and coexistence of weeds with the cultivation of energy cane: 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 and 300 days after planting. A phytosociological survey of the experimental area was carried out, with the predominance of *Panicum maximum*, *Urochloa decumbens* and *Merremia aegyptia* species. At the end of the 300 days, using regression analysis according to the Boltzmann sigmoidal model and considering the loss tolerance of 5% in the considered variables, conclude for energy cane stalk productivity ( $\text{t ha}^{-1}$ ), the PPWI was 31 DAE, the TPIP was 106 DAE and the CPWI was 75 DAE. Still, it is concluded for productivity of tons of fiber per hectare of energy cane ( $\text{t ha}^{-1}$ ) the PPWI of 40 DAE, the TPIP of 102 DAE and the CPWI was of 62 DAE. Finally, it was concluded that weed interference reduced up to 92% in stalk productivity ( $\text{t ha}^{-1}$ ) and up to 91.5% in fiber productivity ( $\text{t ha}^{-1}$ ).

**“Keywords”:** *Saccharum* spp., control periods, weed competition, weed infestation.

## 1.INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira sustenta-se em fontes renováveis de energia como a produção de etanol e a cogeração de energia elétrica, utilizando-se da cana-de-açúcar como matéria-prima. Entretanto, recentemente, a cana-energia também tem sido utilizada no processo de produção do etanol 2G, devido à maior quantidade de fibra em sua composição (Kim e Day, 2011) e elevada produtividade agrícola (Carvalho-Netto et al., 2014).

Para Silveira et al. (2015a e 2015b) tais características podem estar atreladas aos genes de *Saccharum spontaneum* e *Saccharum robustum* adquiridos no processo de melhoramento vegetal, os quais conferem o rápido perfilhamento e crescimento dos colmos. Mas, mesmo com seu desenvolvimento vigoroso, tem-se observado em campo que a competição imposta pelas plantas daninhas têm reduzido sua produtividade.

A literatura é escassa quanto aos estudos de interferência entre plantas daninhas e cana-energia. Mas, em cana-de-açúcar é conhecido que espécies como *Urochloa decumbens* e *Panicum maximum* impactam o desenvolvimento da cultura até o total sombreamento do solo pelo dossel das plantas (Ferreira et al., 2019; Viciado et al, 2019). Ao contrário, *Ipomoea hederifolia* e *Merremia aegyptia* se desenvolvem no canavial mesmo após o total sombreamento do solo (Azania et al., 2002; Souza et al., 2020) e interferem na produtividade da cultura (Bressanin et al., 2016; Piza; Nepomuceno; Alves, 2016), além de interferirem no processo de colheita mecanizada.

Assim como em cana-de-açúcar, canaviais cultivados com cana-energia também podem ser impactados pela interferência das plantas daninhas durante todo ciclo. Para identificar tais períodos, Pitelli e Durigan (1984) propõem a segmentação do ciclo das culturas em período anterior a interferência (PAI), crítico à interferência (PC) e total de prevenção à interferência (PTPI).

A adoção de tais períodos permite que as plantas daninhas sejam controladas antes que prejudiquem o desenvolvimento da cultura. Como exemplo, em cana-de-açúcar, Amaral et al. (2018), ao estudarem os períodos de interferência de plantas daninhas, no sistema de mudas pré-brotadas, com predomínio das espécies *Merremia aegyptia*, *U. decumbens* e *Nicandra physaloides*, constataram que para não ocorrer

interferência na produtividade de colmos, há a necessidade de controlar as plantas daninhas entre o 19 e 195º dias após o plantio (DAP). Kuva et al. (2003) ao estudarem tais períodos em cana-de-açúcar por plantio tradicional de colmos, observaram em área de prevalência de *U. decumbens* e *P. maximum*, a necessidade de controle dessas plantas daninhas entre 74 e 127 DAP. Na soqueira da cultura, Bressanin et al. (2016), em área com infestação de *Mucuna aterrima*, constataram necessidade de manejo entre o 50º e 188º DAP. Contudo, quanto à cana-energia, há carência de estudos científicos relatando os períodos de interferência de plantas daninhas.

Dessa forma, a aplicação dos estudos de períodos de convivência e competição entre plantas daninhas e cana-energia também poderão direcionar o exato momento de intervir com o manejo. Pois, em função do rápido fechamento do dossel, que é característica da cana-energia, pode-se haver uma modificação nos períodos de interferência das plantas daninhas que hoje já é consolidado na literatura para cana-de-açúcar. Diante da problemática apresentada, objetivou-se determinar os períodos de interferência das plantas daninhas na cana-energia, cultivar Vertex 8 (VX12-0277), considerando-se o impacto na porcentagem das fibras e na produtividade dos colmos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

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

A cana-de-açúcar possui como centro de origem a ilha da Nova Guiné, na Oceania, tendo sua expansão ocorrida através da migração da população local até atingir a Ásia, posteriormente levada à Europa durante as cruzadas e, com as viagens espanholas e portuguesas, atingiram as Américas (Figueiredo, 2008).

A cana-de-açúcar, conhecida atualmente, é pertencente ao gênero *Saccharum*, que por sua vez, é evoluída de outros diferentes gêneros (Mukherjee, 1957; Daniels et al., 1975). Tal evolução é conhecida como "complexo *Saccharum*" que possui como ancestralidade os gêneros *Miscanthus* e *Erianthus*.

Nos programas de melhoramento genético atuais, estes gêneros, ainda são empregados para o desenvolvimento de híbridos cultivados, devido possuírem características de alta produtividade e teor de fibra, touceiras com grande quantidade de colmos, resistência a seca e pragas, além de sua adaptabilidade a climas temperados, que são qualidades desejadas pelos melhoristas e produtores (Besse; McIntyre; Berding, 1997; Besse e McIntyre, 1999; Scally; Hodgkinson; Jones, 2000).

A cana-de-açúcar é classificada na fisiologia como uma planta C4 e, por esse motivo, possui elevada taxa fotossintética e alta produção de biomassa devido a sua eficácia no uso do CO<sub>2</sub> atmosférico (Taiz et al., 2017). Como resultado seu processo fotossintético apresenta elevada produção de açúcares redutores (glicose e frutose) que são acumulados nos tecidos dos colmos maduros na forma complexada de sacarose (Mutton e Mutton, 2015).

Para o Brasil, a cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância produtiva, o que permite ao país ser o maior produtor mundial da cultura e maior exportador de açúcar, além de se posicionar como segundo maior produtor de etanol no mundo. Segundo dados fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020), na safra 2019/2020 foram produzidas 642,7 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, as quais possibilitaram extrair 29,8 milhões de toneladas de açúcar e 34 bilhões de litros de etanol.

## **2.2. A matriz energética brasileira e o melhoramento genético da cana-de-açúcar**

A alta capacidade da cultura em produzir biomassa a destaca como a principal alternativa para ampliação da produção de energia, ainda com a vantagem de reduzir a emissão de gases do efeito estufa à atmosfera. O interesse em produzir cultivares de culturas energéticas de elevada produção de biomassa tem potencializado pesquisas no mundo, em busca de alternativas de cultivo que foquem na sustentabilidade e na alteração da matriz energética global que é o petróleo (McKendry, 2002).

A matriz energética brasileira no ano 2019 consumiu 294 Mtep (tonelada equivalente de petróleo), das quais 46,1% foram oriundas de fontes de energias renováveis (18% participação de derivados da cana-de-açúcar, 12,4% hidráulica, 8,7% de lenha e carvão vegetal e 7,0% de outras renováveis) e 53,9% de energia não renováveis (34,4% de petróleo e seus derivados, 12,2% de gás natural, 5,3% de carvão mineral e seus derivados e 1,4% de nuclear), segundo dados do MME (2020).

Nesse cenário, os programas de melhoramento genético no Brasil, antes apenas direcionados na obtenção de cultivares de cana-de-açúcar com elevada produção de sacarose no caldo (Rossetto, 2012), passaram também a selecionar cultivares que permitem explorar o potencial energético. Com isso, a partir de 2010, o Brasil passou a ter disponibilizado cultivares que atendam maior produção de açúcares e etanol, bem como, cultivares com elevado teor de fibra e produção de biomassa (Silveira et al., 2015b; Ramos et al., 2017).

As cultivares de alta produção de biomassa e elevado teor de fibras são denominadas de cana-energia. Tal material tem se destacado no mercado brasileiro, uma vez que permite explorar o uso de terras agrícolas menos favoráveis, devido suas características de rusticidade (menor demanda nutricional, tolerância ao estresse hídrico e elevadas temperaturas etc.), conforme exposto por McKendry (2002) e Wacławovsky et al. (2010).

### 2.3. Cana-energia

As cultivares de cana-energia apresentam elevada produtividade (superiores a 200 t ha<sup>-1</sup>) e em seus tecidos vegetais células com abundância de lignina e celulose. (Sun e Chen, 2002; Girio et al., 2010; Kim e Day, 2011; Silveira, 2014). As cultivares atuais são híbridos derivados das espécies *Saccharum officinarum* e *Saccharum spontaneum* (Matsuoka et al., 2014).

A espécie *S. officinarum* tem relevância como espécie, embora apresente menor tolerância aos agentes externos (pragas, fertilidade inadequada, estresse hídrico etc.), possuem elevado acúmulo de sacarose. Em contrapartida, tem-se a espécie *S. spontaneum*, que possui material mais adaptados à ambientes restritivos. São tolerantes ao frio e seca, mais eficientes na utilização de nutrientes, possuem capacidade de rebrota e perfilhamento e maior teor de fibra. Geralmente, apresentam também resistência às doenças e pragas e menor acúmulo de sacarose (Alvim, 2015).

No mercado brasileiro, as cultivares de cana-energia reúnem as características de menor exigência nutricional e hídrica, além do melhor potencial produtivo (Barbosa, 2014) com capacidade em produzir mais fibra e menos sacarose (Hill et al., 2006; Johnson et al., 2007). A cana-energia apresenta produtividade acima da tradicional cana-de-açúcar, com números superiores a 250 t ha<sup>-1</sup> e com percentual de fibra entre 28 a 30% de fibra. Comparativo à cana-de-açúcar, cuja produtividade permanece até 120 t ha<sup>-1</sup> (primeira colheita) e com percentual de fibras máximo de 13% (Violante, 2012).

O cultivo da cana-energia no Brasil está em consonância com o interesse mundial em aumentar as fontes de energias renováveis e, com isso, reduzir a dependência das sociedades sobre o petróleo (Kohlhepp, 2010). A produção de etanol brasileiro, calcado nas matérias-primas da cana-de-açúcar (método de fermentação) e cana-energia (método enzimático – 2G) proporciona ao país a oportunidade de ampliar a obtenção do produto (Silva, 2010; Alvim, 2015).

Entretanto, a disponibilidade de etanol depende do sucesso de cultivo da cana-energia e cana-de-açúcar. No campo, a interferência das plantas daninhas pode inviabilizar o desenvolvimento de ambos os canaviais.

Na cana-de-açúcar a interferência das plantas daninhas durante todo ciclo da cultura (12 meses) proporciona até 81% de prejuízos na produtividade de colmos (Kuva et al., 2001; Kuva et al., 2003) e 100% no sistema mudas pré-brotadas (Amaral et al., 2018). Para Christoffoleti e Victoria (1996), quanto maior a densidade da comunidade infestante, maior é a quantidade de indivíduos que disputam os mesmos recursos do meio e mais intensa é a competição com a cultura. Assim como em cana-de-açúcar, as plantas daninhas também causam prejuízos à cana-energia, porém, tais estudos precisam ser desenvolvidos.

Todavia, a cana-energia precisará ser também tolerante aos herbicidas utilizados no setor sucroenergético, uma vez, que o método químico prevalece sobre os demais. Nesse sentido, Chaves (2018), caracterizou as cultivares Vertix 2 e Vertix 8 e o clone VX12-1658 de cana-energia como seletivas aos herbicidas amicarbazone ( $1050 \text{ g ha}^{-1}$ ), clomazone ( $900 \text{ g ha}^{-1}$ ), imazapyr ( $500 \text{ g ha}^{-1}$ ), mesotrione ( $192 \text{ g ha}^{-1}$ ), s-metolachlor ( $1920 \text{ g ha}^{-1}$ ), sulfentrazone ( $800 \text{ g ha}^{-1}$ ) e tebuthiuron ( $1000 \text{ g ha}^{-1}$ ), que são produtos fitossanitários registrados para cana-de-açúcar tradicional.

#### **2.4. Períodos de interferência de plantas daninhas em cana-de-açúcar**

A competição é a forma mais conhecida de interferência direta promovida pelas plantas daninhas às culturas agrícolas. Como os recursos são limitados, na maioria das vezes, a maior competição no ambiente é por luz, espaço, nutrientes e água (Concenço et al., 2014). Para entender mais adequadamente a relação entre a interferência das plantas daninhas e as culturas agrícolas, Pitelli e Durigan (1984) propuseram a metodologia dos períodos de convivência e controle. Os autores apresentaram três períodos importantes de convivência a serem analisados: período total de prevenção a interferência (PTPI), período anterior a interferência (PAI) e período crítico de prevenção a interferência (PCPI).

Para o conceito de PAI a interferência das plantas daninhas não deverá resultar em perdas de produtividades consideráveis nem danos econômicos ao produtor. O PCPI é empregado como medida de tomada de decisão para início do controle das plantas daninhas, resultando em sua remoção no apropriado momento (Rajcan e

Swanton, 2001; Knezevic et al., 2002). O PTPI é a soma de ambos os períodos PAI e PCPTI (Kouamé et al., 2014) e sugere um período de tempo que a cultura deve ser mantida na ausência das plantas daninhas.

A duração do período de convivência entre as plantas e o momento em que a competição é estabelecida são dependentes das condições edafoclimáticas, técnicas de manejo, da densidade e distribuição das plantas daninhas. Todas resultarão em diferentes respostas das culturas as interferências promovidas pelas plantas daninhas (Xiao-Yan et al., 2015).

Atualmente, existem muitos estudos referentes ao PCPI em cana-de-açúcar (Blaco; Oliveira; Coleti, 1981; Kuva et al., 2003; Kouamé et al., 2014; Otero; Duchrow; Havranek, 2016), em sistemas de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (Amaral et al., 2019), contudo ainda se faz necessários estudos relacionados ao PCPI e as interferências promovidas pelas plantas daninhas em cana-energia.

## **2.5. Espécies alvo do estudo**

### **2.5.1. *Panicum maximum* Jacq.**

*Panicum maximum* é uma planta conhecida popularmente como capim-colonião e com centro de origem na África. É pertencente à família Poaceae e possui como principais características sua perenidade e seu porte robusto, sua capacidade de produção de grandes touceiras que podem atingir entre 1 a 2 metros de altura, colmos com densa pilosidade, apresentar rizomas e se propagar através de sementes e rizomas (Lorenzi, 2017).

É uma planta com ciclo metabólico C4 e que se adapta muito bem aos ambientes tropicais, apresentando uma faixa de temperatura de crescimento ideal entre 30 a 40°C (Yamori; Hikosaka; Way, 2014). De acordo com Correia, Gomes e Perussi (2012), o *P. maximum* representa impacto ao desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar seja no plantio ou soqueiras.

Por ser uma planta extremamente vigorosa e interferir negativamente sobre a cultura, seu controle inadequado pode resultar em perdas de até 40% na

produtividade de colmos na cana-de-açúcar (Kuva et al., 2003; Lorenzi, 2014). Melo et al. (2013), por sua vez, ressalva que o *P. maximum* pode reduzir a longevidade do canavial, principalmente quando associada a outras gramíneas, como no caso da *Urochloa decumbens*.

### **2.5.2. *Urochloa decumbens* (Stap) R. D. Webster**

*Urochloa decumbens* é uma planta conhecida popularmente como capim-braquiária e com centro de origem africano. Pertence à família Poaceae, é uma planta perene, de porte ereto, rizomatosa e estolonífera, produz touceiras entre 30 a 100 cm de altura, é fortemente cespitosa e se reproduz por rizomas, estolões ou sementes (Lorenzi, 2017).

É uma planta que se adapta a solos restritivos e de baixa fertilidade e ainda produz biomassa vegetal ao longo do ano (Carvalho et al., 2011; Garcia et al., 2014). Em razão de sua agressividade e resistência a seca, destaca-se como espécie daninha impactante às culturas semi-perenes e perenes (Jakelaitis et al., 2004). Para cana-de-açúcar foi relatada por Correia e Durigan (2004) que a *U. decumbens* infesta cana-planta e soqueiras. Os autores comentaram que em soqueiras a espécie tem a densidade populacional reduzida devido a presença da palha remanescente da última colheita, porém, ainda em número suficiente para promover prejuízos.

De acordo com Kuva et al. (2001) a *U. decumbens* inicia seu processo de germinação em campo, sob cultura de cana-de-açúcar, aos 35 dias após a semeadura, o que favorece a competição com a cultura em seus estágios mais juvenis. Se deixada ao livre desenvolvimento pode resultar em perdas de até 82% de produtividade.

### **2.5.3. *Merremia aegyptia* (L.) Urb.**

*Merremia aegyptia* (L.) Urb. pertence à família Convolvulacea e é conhecida popularmente como corda-de-viola (Kissmann e Groth, 1999). É uma espécie que tem se destacado nos canaviais brasileiros como planta daninha, devido conseguirem emergir em condições de escuro. Mesmo com o fechamento do dossel da cultura e o sombreamento das entrelinhas (Bidóia, 2019) ou pela cobertura de palha deixada pela cana-soca (Kuva et al., 2007). Acrescenta-se ainda a desuniformidade na distribuição espacial ao longo do ciclo da cultura em função aos novos fluxos de emergência que são contínuos e escalonados (Bidóia, 2019).

O hábito trepador da espécie é outra problemática, pois, devido enrolarem-se aos colmos da cana-de-açúcar comprometem a absorção de luz e a formação de sacarose. Também prejudicam o rendimento operacional da colheita, uma vez que, sua massa vegetal promove o travamento das partes internas da colhedora (Azania et al., 2011).

## **3. OBJETIVO**

Determinar os períodos de interferência das plantas daninhas na cana-energia, cultivar Vertix 8 (VX12-0277), considerando-se o impacto na produtividade final de colmos e fibra ( $t\ ha^{-1}$ ).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em área experimental do Instituto Agronômico (IAC)/Centro de Cana, localizado no município de Ribeirão Preto, Brasil (21° 12' 32" S e 47° 52' 50" W). O clima do local é tipo Cwa de acordo com a classificação de Koppen é caracterizado por verões quentes (> 22°C) e chuvosos e invernos frios (temperaturas mínimas entre -3 a 18°C) e secos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Dados mensais de precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média (°C) no período de 01/08/2018 à 31/08/2019. Instituto Agronômico/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2018/2019.

| Ano  | Meses     | Precipitação (mm) | Temperatura média (°C) |
|------|-----------|-------------------|------------------------|
| 2018 | Agosto    | 28,5              | 21,6                   |
|      | Setembro  | 64,4              | 24,2                   |
|      | Outubro   | 277,9             | 25,2                   |
|      | Novembro  | 212,4             | 24,7                   |
|      | Dezembro  | 89,2              | 26,2                   |
| 2019 | Janeiro   | 81,9              | 27                     |
|      | Fevereiro | 321,0             | 25,9                   |
|      | Março     | 145,4             | 25,5                   |
|      | Abril     | 134,5             | 24,7                   |
|      | Maio      | 34,4              | 22,8                   |
|      | Junho     | 7,6               | 21,0                   |
|      | Julho     | 17,9              | 19,9                   |
|      | Agosto    | 14,8              | 22,0                   |

Fonte: CIIAGRO/ Instituto Agronômico/Centro Avançado de Pesquisa de Cana, Ribeirão Preto, SP. Dados amostrados diariamente às 07:00hs.

O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa (517, 150 e 333 g kg<sup>-1</sup> de argila, areia e silte, respectivamente) cujas características químicas podem ser observadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Resultado da análise química do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm. Instituto Agrônomo/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2018/2019.

| <b>Características Analisadas</b>                | <b>antes da calagem</b> |
|--------------------------------------------------|-------------------------|
| Acidez (pH em $\text{CaCl}_2$ )                  | 4,9                     |
| Matéria orgânica ( $\text{g dm}^{-3}$ )          | 31                      |
| Fósforo ( $\text{mg dm}^{-3}$ )                  | 16                      |
| Potássio ( $\text{mmolc dm}^{-3}$ )              | 4,12                    |
| Cálcio ( $\text{mmolc dm}^{-3}$ )                | 36,93                   |
| Magnésio ( $\text{mmolc dm}^{-3}$ )              | 13,05                   |
| Hidrogênio + Alumínio ( $\text{mmolc dm}^{-3}$ ) | 37                      |
| Soma de bases ( $\text{mmolc dm}^{-3}$ )         | 54,10                   |
| CTC ( $\text{mmolc dm}^{-3}$ )                   | 91,10                   |
| Saturação de Bases (V%)                          | 59,39                   |

Fonte: DMLab; Ribeirão Preto.

#### 4.2. Cultivar de cana-energia empregada

Utilizou-se a cultivar de cana-energia Vertix 8 (VX12-0277), que possui crescimento ereto, alta intensidade de perfilhamento, difícil despalha, internódios de comprimento e diâmetro médio, além do formato cilíndrico. Suas gemas apresentarem formato triangular, folhas com pontas curvas e de largura estreita, as aurículas são dentóide e assimétricas e de tamanho pequeno (Chaves, 2018).

Também apresenta brotação de soqueira excelente com elevado número de perfilho, que na fase adulta apresentam teor de fibra de até 30% (Violante, 2012). A longevidade das soqueiras é obtida porque a cultivar é adaptada a colheita mecanizada, ocorrendo menor arranquio de plantas. Nesse processo a tolerância a pragas e doenças contribui com a longevidade e são importantes para a cana-de-açúcar ter considerável potencial cultivo em ambientes restritivos, ou seja, ambientes secos e de menor fertilidade (Johnson et al., 2007).

### 4.3. Preparo da área experimental

Inicialmente, a soqueira de cana-de-açúcar anterior foi dessecada com glyphosate ( $1800 \text{ g ha}^{-1}$ ), acrescido calcário ( $1000 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e o solo preparado com subsolador e grade. Transcorrido o período de reação do calcário (40 dias), no dia 27/09/2018 abriu-se os sulcos de plantio (1,50 m de espaçamento e 0,35 m de profundidade), distribuiu-se  $550 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo mineral (08-28-16), plantou-se colmos de cana-energia da cultivar Vertix 8 (VX12-0277). Foram utilizadas quantidade de colmos suficiente para proporcionar densidade aproximada de  $15 \text{ gemas m}^{-1}$ , sendo os colmos oriundos de viveiro de mudas com 10 meses de idade. Seguiu-se com a aplicação do inseticida Tiametoxam + Lambda-Cialotrina ( $0,282 + 0,212 \text{ kg ha}^{-1}$ ) sobre os colmos e sua cobertura com aproximadamente 20 cm de solo.

Na sequência, demarcou-se a área experimental utilizando-se do delineamento em blocos casualizados com 16 tratamentos em quatro repetições. Cada parcela foi constituída por seis linhas de cana-energia com seis metros de comprimentos ( $54 \text{ m}^2$ ), porém, as quatro linhas centrais foram tidas como úteis às avaliações ( $36 \text{ m}^2$ ).

Em todas as parcelas foram semeadas à lanço nas entrelinhas da área total da parcela, em 27/09/2018, as plantas daninhas *Ipomoea hederifolia* (2 g), *Merremia aegyptia* (2 g), *Panicum maximum* (1 g) e *Urochloa decumbens* (1 g). Imediatamente após a semeadura alocou-se os tratamentos, constituídos pelos diferentes períodos de controle e convivência, todos iniciados após o plantio da cana-energia e a semeadura das plantas daninhas (pré-emergência total das plantas). Tanto para o período de controle quanto para o período de convivência das plantas daninhas, estes foram: 0-30, 0-60, 0-90, 0-120, 0-150, 0-180, 0-240 e 0-300 dias após a emergência da cultura.

No primeiro grupo de tratamentos (períodos de controle) as plantas daninhas foram capinadas dentro de cada período pré-estabelecido e depois deixado a livre infestação até colheita aos 300 dias após plantio. No segundo grupo de tratamentos (períodos de convivência) as plantas daninhas não foram capinadas durante os períodos pré-estabelecidos e depois mantidos capinados até colheita aos 300 dias (Tabela 3).

**Tabela 3.** Tratamentos utilizados para determinação dos períodos críticos de interferência de plantas daninhas, em número de dias, em cana-energia cultivar Vertix 8 (VX12-0277). Instituto Agronômico/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2018.

| Períodos           | Tratamento | Períodos de controle<br>(Dias após emergência) | Períodos de convivência<br>(Dias após emergência) |
|--------------------|------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Controle</b>    | 1          | 0 – 30                                         | 30 - colheita-                                    |
|                    | 2          | 0 – 60                                         | 60 - colheita-                                    |
|                    | 3          | 0 – 90                                         | 90 - colheita                                     |
|                    | 4          | 0 – 120                                        | 120 - colheita                                    |
|                    | 5          | 0 – 150                                        | 150 - colheita                                    |
|                    | 6          | 0 – 180                                        | 180 – colheita                                    |
|                    | 7          | 0 – 240                                        | 240 - colheita                                    |
|                    | 8          | 0 – 300                                        | 300 - colheita                                    |
| <b>Convivência</b> | 9          | 30 - colheita-                                 | 0 – 30                                            |
|                    | 10         | 60 - colheita-                                 | 0 – 60                                            |
|                    | 11         | 90 - colheita                                  | 0 – 90                                            |
|                    | 12         | 120 - colheita                                 | 0 – 120                                           |
|                    | 13         | 150 - colheita                                 | 0 – 150                                           |
|                    | 14         | 180 – colheita                                 | 0 – 180                                           |
|                    | 15         | 240 - colheita                                 | 0 – 240                                           |
|                    | 16         | 300 - colheita                                 | 0 – 300                                           |

#### 4.4. Atributos avaliados

Fez-se o levantamento fitossociológico para identificar e quantificar as espécies de plantas daninhas. No primeiro grupo (período de controle) o levantamento foi feito apenas na ocasião da colheita, enquanto no segundo grupo (períodos de convivência) foi feito ao final de cada período.

Utilizou-se de quadrados vazados com dimensões de 0,5 m (0,25 m<sup>2</sup>) que foram lançados quatro vezes ao acaso na área útil de cada parcela. As plantas daninhas presentes na demarcação foram cortadas rente ao solo, identificadas, quantificadas e suas partes aéreas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até massa constante e obtida sua matéria seca.

Com os resultados obtidos através dos dados dos lançamentos dos quadrados vasados, calcularam-se os índices fitossociológicos para cada tratamento, segundo metodologia estabelecida por Müeller-Dombois e Ellenberg (1974). Dentre os quais

destaca-se o parâmetro Importância Relativa (IR), que retrata a contribuição de cada espécie para as perdas na produtividade e nas demais variáveis analisadas.

Aos 300 dias após o plantio, mediu-se a altura (cm), estande (colmos  $\text{m}^{-1}$ ), diâmetro (cm) dos colmos, aferiu-se o percentual de fibra (%) e realizou-se a estimativa de produtividade de colmos ( $\text{t ha}^{-1}$ ) e de produtividade de fibra ( $\text{t ha}^{-1}$ ) de cana-energia. Para cada parcela, escolheu-se ao acaso dez colmos e obteve-se a altura ao medir o comprimento da base até a última folha completamente desenvolvida (Folha +1), enquanto o diâmetro foi obtido medindo-se o terço-médio dos colmos. O estande foi obtido pela contagem de todos os colmos em duas linhas de cana-energia na área útil de cada parcela. A produtividade da cultura foi estimada de acordo com a metodologia proposta por Landell e Bressiani (2010), que considera a altura, diâmetro e estande dos colmos, a fibra (%), segundo Consecana (2015) e a estimativa de produtividade de fibra foi obtida multiplicando-se a estimativa de produtividade de colmos da cultura pela fibra (%) encontrada.

Os dados de altura, estande, diâmetro dos colmos, estimativa de produtividade de colmos e produtividade de fibra da cana-energia nos períodos de convivência e controle da comunidade de plantas daninhas, foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F conforme o delineamento proposto e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para definição do PAI, PCPI e PTPI foram utilizados os dados de estimativa de produtividade de colmos ( $\text{t ha}^{-1}$ ) e estimativa de produtividade de fibra ( $\text{t ha}^{-1}$ ) que foram analisados em dois blocos, separando-se os dados dos períodos de controle dos dados dos períodos de convivência, sendo todos submetidos à análise de regressão conforme o modelo sigmoidal de Boltzmann, adaptado por Kuva et al. (2000):  $Y = (A1-A2)/(1+e^{(X-X0)/dx})+A2$ .

Na equação, Y é o parâmetro avaliado em cana-de-açúcar (estimativa de produtividade de colmo e estimativa de produtividade de fibra de cana-energia) em função dos períodos de controle ou de convivência; X é o limite superior do período de controle ou de convivência (dias); A1 é a produção máxima obtida nas parcelas mantidas no limpo durante todo o ciclo ( $\text{t ha}^{-1}$ ); A2 é a produção mínima obtida nas parcelas mantidas no mato durante todo o ciclo ( $\text{t ha}^{-1}$ ); (A1 – A2) é a perda de produção ( $\text{t ha}^{-1}$ ); X0 é o limite superior do período de controle ou de convivência, que

corresponde ao valor intermediário entre a produção máxima e mínima e  $dx$ , o parâmetro que indica velocidade de perda ou ganho de produção ( $\tan \alpha$  no ponto  $X_0$ ).

Os dados de PAI, PCPI e PTPI foram analisados utilizando-se o software Origin Pro versão 9.0, de propriedade da Origin Lab. Os limites dos períodos de interferência foram determinados, tolerando-se 5% de redução para estimativa de produtividade de colmos e de fibra ( $\text{t ha}^{-1}$ ) no valor do parâmetro avaliado em relação ao tratamento mantido na ausência.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Levantamento Fitossociológico

No decorrer do período experimental foram registradas temperatura média de 23°C e precipitação de 1303 mm (Tabela 1), o que proporcionou crescimento vigoroso das plantas daninhas. Durante os levantamentos fitossociológicos realizados nas parcelas experimentais de cana-energia, ao longo de todo período, foram encontradas e identificadas 21 espécies de plantas daninhas, pertencentes a nove famílias (Tabela 4).

**Tabela 4.** Espécies de plantas daninhas, organizadas por família, presentes em todos períodos avaliados no tratamento cultivado sem capina (convivência). Instituto Agrônomo/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2018.

| Família        | Nome científico                                      | Código |
|----------------|------------------------------------------------------|--------|
| Amaranthaceae  | <i>Amaranthus deflexus</i> L.                        | AMADE  |
| Asteraceae     | <i>Ageratum conyzoides</i> L.                        | AGECO  |
| Commelinaceae  | <i>Commelina bengalensis</i> L.                      | COMBE  |
| Convolvulaceae | <i>Ipomoea grandifolia</i> (Dammer) O'Donell         | IAQGR  |
|                | <i>Ipomoea hederifolia</i> L.                        | IPOHF  |
|                | <i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth                         | IPONI  |
|                | <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth                    | PHBPU  |
|                | <i>Ipomoea quamoclit</i> L.                          | IPOQU  |
|                | <i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urban                  | IPOPE  |
| Curcubitaceae  | <i>Mormodica charantia</i> L.                        | MOMCH  |
| Fabaceae       | <i>Senna occidentalis</i> (L.) H. S. Irwin & Barneby | CASOB  |
| Malvaceae      | <i>Sida glaziovii</i> K. Schum.                      | SIDGZ  |
| Poaceae        | <i>Cenchrus echinatus</i> L.                         | CCHEC  |
|                | <i>Cenchrus echinatus</i> L.                         | CCHEC  |
|                | <i>Digitaria horizontalis</i> Willd.                 | DIGHO  |
|                | <i>Digitaria horizontalis</i> Willd.                 | DIGHO  |
|                | <i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde                | DIGIN  |
|                | <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn                   | ELEIN  |
|                | <i>Urochloa plantaginea</i> (Link) R. D. Webster     | BRAPL  |
|                | <i>Urochloa decumbens</i> (Stap) R. D. Webster       | BRADC  |
| Portulacaceae  | <i>Portulaca oleracea</i> L.                         | POROL  |

A família Poaceae foi a que mais se destacou com oito espécies, seguida da família Convolvulaceae com seis espécies. Na última avaliação, que ocorreu aos 300 DAE, nas parcelas em convivência das plantas daninhas (sem capina) foram encontradas e identificadas apenas três espécies, *Merremia aegyptia* (L.)

Urban, *Panicum maximum* Jacq. e *Urochloa decumbens* (Stap) R. D. Webster, com destaque para *P. maximum* que apresentou maior densidade de plantas e maior biomassa.

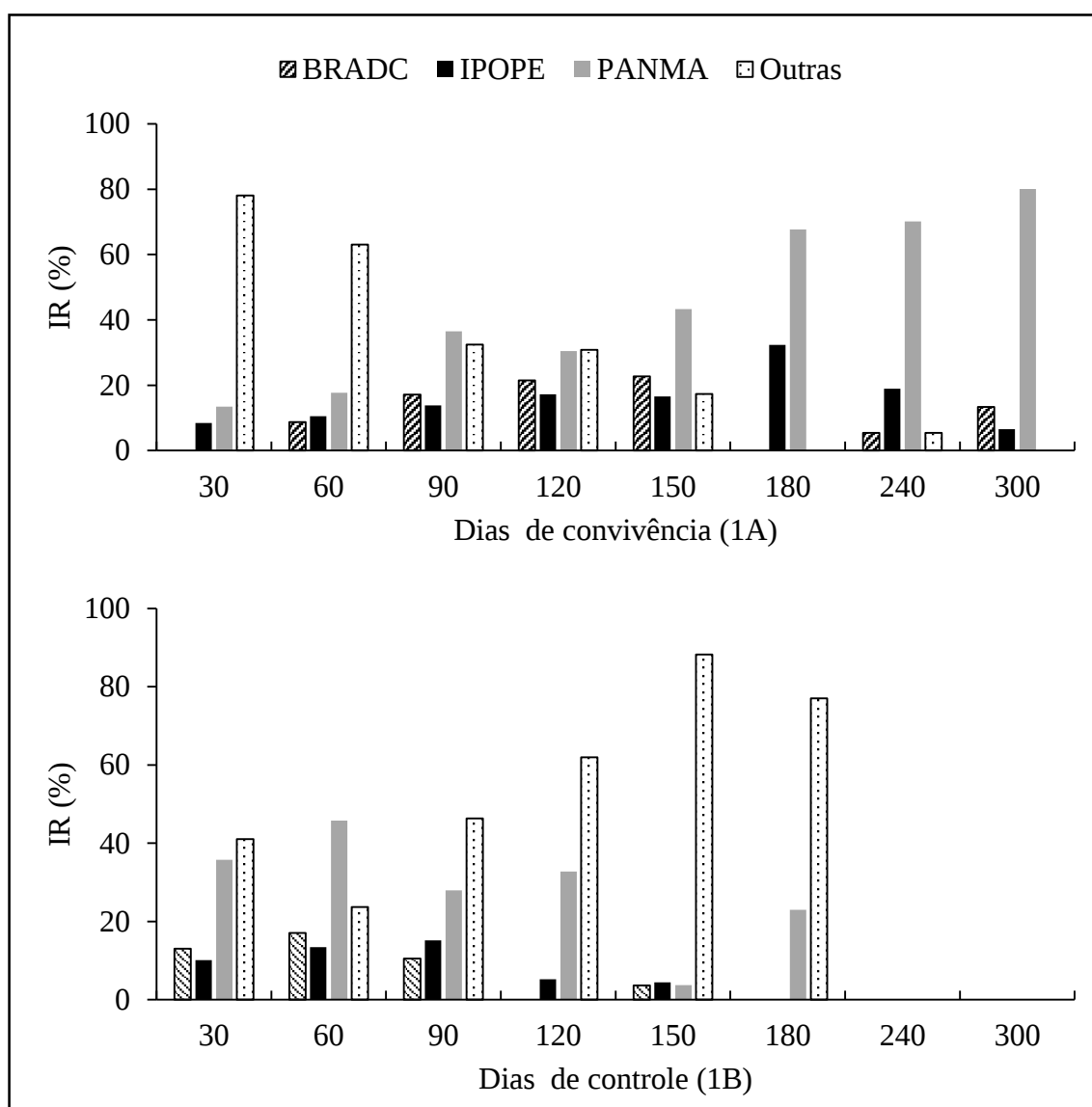
Considerando todas as avaliações realizadas nas parcelas, em convivência, as plantas daninhas que apresentaram maior importância relativa (IR) respectivamente foram *M. aegyptia*, *P. maximum* e *U. decumbens* (Figura 1A). A soma da IR das outras populações de plantas daninhas com menor incidência na área foi superior a IR dessas citadas apenas aos 30 e 60 DAE, tendo aos 90 DAE já a prevalência de *P. maximum* que persistiu até os 300 DAE.

De acordo com a Figura 1A, observou-se que houve crescimento de *U. decumbens* até 150 DAE seguido de ausência aos 180 DAE e um novo surgimento da planta aos 240 DAE, seguido de aumento na última avaliação (300 DAE). Tal comportamento pode ser explicado em função do ciclo fenológico da planta, que apresenta seu desenvolvimento total entre 90 e 120 DAE de suas plântulas, e posteriormente entra em processo de senescência (Crispim; Branco, 2002). Mas também, pode-se explicar uma redução da planta daninha em função do sombreamento promovido pela cultura e demais plantas ali presentes, uma vez que, de acordo com Paciullo et al. (2007), com a redução gradual da luminosidade incidente sobre a planta há redução do perfilhamento.

Aos 240 DAE a presença de *U. decumbens* pode ser explicado a possível rebrota das plantas que senesceram ou à um novo fluxo de emergência de sementes anteriormente dormentes, uma vez que ela é uma planta que apresenta alta plasticidade fenotípica às mudanças de sombreamento e de condições climáticas, assim elevando sua eficiência na utilização da luminosidade em condições de restrição luminosa (Paciullo et al., 2007; Paciullo et al., 2011).

Também foi observado predomínio de *P. maximum* nas parcelas em que não houve controle das plantas daninhas no período de 150 a 300 DAE (Figura 1A). A IR é um indicador de adaptabilidade da planta daninha ao ambiente, ou seja, seu valor elevado reflete nas características de distribuição espacial da espécie na área, de seu potencial de crescimento inicial rápido, de sua alta eficiência fotossintética e produção de biomassa e de sua capacidade de supressão diante das demais espécies, inclusive sobre a cultura (Concenço et al., 2013), tendo o maior IR no presente experimento para o *P. maximum*.

Também foi observado predomínio de *P. maximum* nas parcelas em que houve controle das plantas daninhas do período 30 a 180 DAE (Figura 1B).



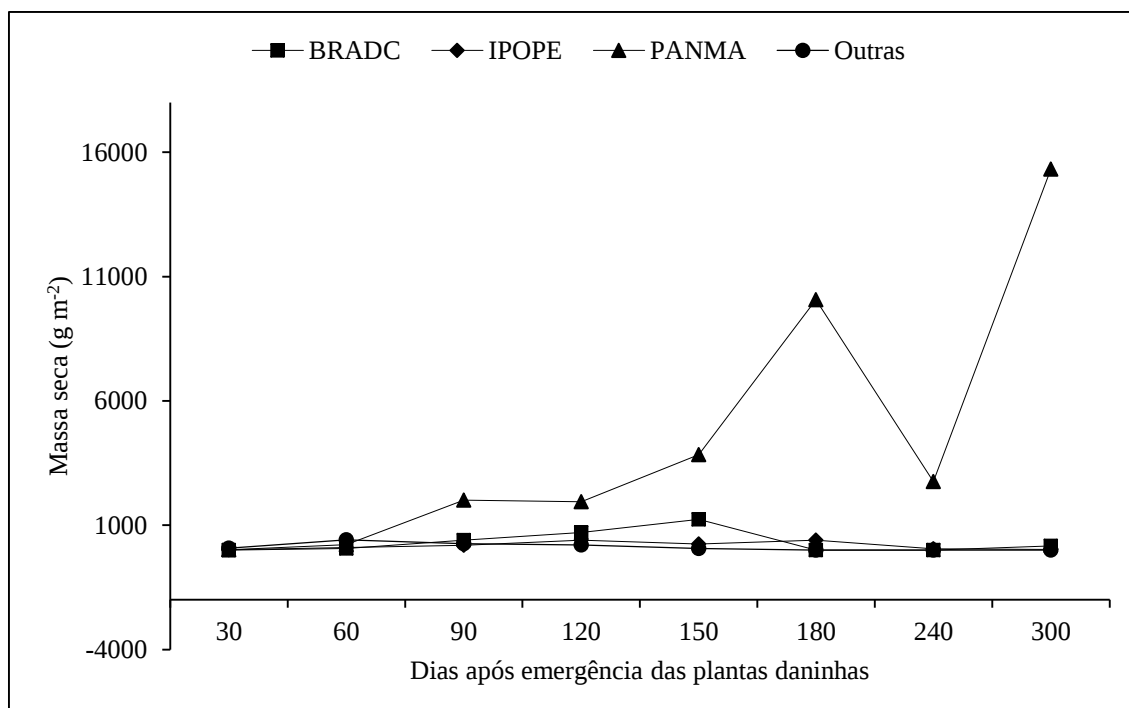
**Figura 1.** Importância relativa (IR) das principais espécies presentes na comunidade de plantas daninhas da cana-energia. 1.A. Dias de convivência e 1.B. Dias de controle. BRADC - *Urochloa decumbens*, IPOPE - *Merremia aegyptia*, PANMA - *Panicum maximum* e Outras – demais plantas daninhas. Instituto Agrônomo/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2018. Instituto Agrônomo/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2018.

Embora as temperaturas médias encontradas no experimento (Tabela 1) terem sido inferiores a faixa ideal para *P. maximum* (Yamori; Hikosaka; Way, 2014; Prado et al., 2016) essa espécie foi a de maior expressão (Figura 1A e Figura 1B).

No presente estudo, na Figura 1A, as plantas de *P. maximum* apresentaram IR crescente ao longo das avaliações, ou seja, é notável o aumento da IR dos 30 aos 180 DAE, estabilização de 180 a 240 DAE e um novo aumento aos 300 DAE, evidenciando a instalação e permanência da planta daninha sobre a cultura. Os presentes dados corroboram aos de Dinardo et al. (2003), que observaram que *P. maximum* apresenta crescimento exponencial de biomassa da parte aérea em cerca de 110 DAE das plântulas e que entre 110 e 190 DAE o acúmulo de biomassa na parte aérea mantém-se constante, o qual é revertido nesse período ao aumento de biomassa da região radicular, para possível instalação da planta, provavelmente por ter o hábito perene.

Pôde-se notar no presente estudo que *P. maximum* foi a planta com maior agressividade competitiva associada à *M. aegyptia* e *U. decumbens* (Figura 1). Apesar de *M. aegyptia* ser uma planta com hábito trepador e conseguir se enrolar ou sobressair-se às demais plantas, em função de suas gavinhas proporcionarem apoio e direcionamento em busca de luz, pode-se supor que o escalonamento na germinação de suas sementes possa ter feito com que ela se tornasse uma planta de pouca representatividade no presente estudo.

As espécies *M. aegyptia* e *P. maximum* representaram os maiores problemas nos períodos de convivência, com destaque para *P. maximum* que atingiu nas avaliações de 180, 240 e 300 DAE os maiores índices de massa seca  $m^{-2}$  obtendo cerca de 10; 2,8 e 15,5 kg, respectivamente (Figura 2). Assim, pôde-se observar a agressividade da espécie sobre a cultura. Haag, Bose e Andrade (1967), observaram que a partir dos 56 DAE das plântulas de *P. maximum* há um rápido crescimento da espécie, pôde-se observar no presente experimento que mesmo após os 150 DAE da cana-energia, ainda houve um elevado acúmulo biomassa da planta daninha.



**Figura 2.** Acúmulo de massa seca das plantas daninhas ( $\text{g m}^{-2}$ ) aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 240 e 300 dias após emergência das plantas daninhas. Instituto Agrônômico/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2018.

De acordo com Santos (2014), condições de sombreamento sobre *U. decumbens*, resulta na redução de taxas transpiratórias, o que contribui na redução dos teores com médias de matéria seca, seguido claramente da própria condição fenológica da planta (Paciullo et al., 2011), informações que corroboram ao verificado no presente estudo (Figura 2).

## 5.2. Interferência das Plantas Daninhas no Desenvolvimento da Cana-Energia

A convivência das plantas daninhas com as plantas de cana-energia não causou reduções na altura, no diâmetro do colmo e no estande da cultura nos períodos iniciais de seu crescimento, que compreendeu os períodos de 0 até 90 DAE (Tabela 5). A partir dos 90 DAE foi observada uma redução progressiva nessas características em função do aumento temporal de convivência entre cultura e plantas daninhas. Foram encontrados os menores valores dessas variáveis aos 180, 240 e 300 DAE, sendo, respectivamente, para altura reduções aproximadas de 88%, 83% e 77%, para o diâmetro reduções de 46, 60 e 72% e para o estande reduções de 77, 87 e 87%.

**Tabela 5.** Efeitos dos períodos de convivência da comunidade de plantas daninhas sobre a altura, diâmetro, estande, fibra, estimativa de produtividade de colmos e de produtividade de fibra de cana-energia, avaliados aos 300 DAE. Instituto Agrônomo/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2018.

| Dias de convivência | Altura<br>cm | Diâmetro<br>cm | Estande<br>plantas m <sup>-1</sup> | Fibra<br>% | Estimativa de Produtividade  |                             |
|---------------------|--------------|----------------|------------------------------------|------------|------------------------------|-----------------------------|
|                     |              |                |                                    |            | Colmos<br>t ha <sup>-1</sup> | Fibra<br>t ha <sup>-1</sup> |
| 0                   | 301,96 a     | 1,41 a         | 29,50 a                            | 23,36 d    | 111,78 a                     | 26,00 a                     |
| 30                  | 302,72 a     | 1,42 a         | 25,41 a                            | 23,81 cd   | 94,22 a                      | 22,44 a                     |
| 60                  | 276,93 a     | 1,40 a         | 27,10 a                            | 23,90 bcd  | 81,11 a                      | 19,25 a                     |
| 90                  | 180,62 b     | 1,29 ab        | 18,62 b                            | 23,74 cd   | 38,00 b                      | 8,74 b                      |
| 120                 | 116,77 b     | 1,15 abc       | 14,63 b                            | 28,54 a    | 11,00 bc                     | 3,14 bc                     |
| 150                 | 96,66 cd     | 1,00 abcd      | 14,41 b                            | 27,02 ab   | 13,5 bc                      | 3,65 bc                     |
| 180                 | 33,93 cde    | 0,76 bcd       | 6,75 c                             | 26,25 abcd | 1,83 c                       | 0,48 c                      |
| 240                 | 51,12 e      | 0,56 cd        | 3,94 c                             | 27,91 abc  | 4,16 c                       | 1,14 c                      |
| 300                 | 70,47 de     | 0,39 d         | 3,75 c                             | 25,40 abcd | 8,89 bc                      | 2,22 bc                     |
| F                   | 128,08**     | 8,39**         | 62,14**                            | 7,68**     | 42,55**                      | 42,22**                     |
| CV (%)              | 12,18        | 25,66          | 15,70                              | 5,23       | 32,81                        | 32,09                       |
| DMS (5%)            | 46,58        | 0,64           | 6,04                               | 3,200      | 31,94                        | 7,46                        |

\*\* significativo no nível de probabilidade de 1% pelo teste F. As médias seguidas pela mesma letra em uma coluna não diferem entre si no nível de probabilidade de 5% pelo teste de Tukey (p>0,05).

De acordo com o evidenciado na Tabela 5, têm-se com o aumento dos períodos de convivência um aumento no percentual de fibra da cana-energia, que chegou ao maior valor aos 120 DAE, cerca de 22% comparados a 0 DAE. Nota-se que estatisticamente aos 0, 30, 60, 90, 180 e 300 DAE não diferem entre si estatisticamente, o maior percentual de fibra foi encontrado aos 120 DAE, como mencionado anteriormente, e não diferiu dos valores encontrados aos 150, 180, 240 e 300 DAE.

De acordo com Sakihama e Yamasaki (2002) e Fujii e Hiradate (2007), em condições de estresse biótico ou abiótico, há maior formação de compostos fenólicos na planta. Dentre tais polifenóis, encontram-se as ligninas e os taninos que atuam como antioxidantes diante de situações de estresses hídricos, alelopáticos resultantes de competição intraespecífica planta-planta, ou ainda, estresses nutricionais ou por formação de compostos com  $Al^{3+}$  presente no solo e na planta (Pastori; Mullineaux; Foyer, 2000; Gao et al., 2006; Sekowski et al., 2014). Por sua vez, a lignina e o tanino são depositados nas paredes celulares como resposta da produção destes metabólitos secundários (Moura et al., 2010; Taiz et al., 2017). As informações apresentadas pelos autores corroboram aos dados obtidos, uma vez que foi observado que o aumento da convivência da cana-energia com as plantas daninhas, contribuiu no maior acúmulo de fibra (%), Tabela 5.

A produtividade de colmos por hectare ( $t\ ha^{-1}$ ), Tabela 5, diminuiu de acordo com o aumento do período de convivência, com reduções de até 98% aos 180 DAE, esses resultados provavelmente são consequência da competição entre a cultura e as plantas daninhas, principalmente pelos recursos do meio como água, nutrientes, luz, entre outros. Apesar de que para o produtor o importante na cana-energia seja a produção de fibra pela cultura, quando há baixa produtividade de colmos, mesmo com o aumento do percentual de fibras, também é evidente a redução da produtividade de fibras por hectare (toneladas de fibra por hectare).

Verifica-se na Tabela 5 que a produtividade de fibra  $ha^{-1}$  decresceu em função do período de convívio com as plantas daninhas. Quando não houve interferência negativa das plantas daninhas houve produção de  $26\ t\ ha^{-1}$  de fibra e em convivência foram observadas reduções de até 98% (300 DAE).

Para os tratamentos de períodos de controle, Tabela 6, quando as plantas de cana-energia foram mantidas sem plantas daninhas a partir dos 90 DAE, não foram identificadas interferências negativas na altura e estande da cultura, contudo no período anterior foi detectado comprometimento para essas variáveis. Quando mantida 30 e 60 DAE em convivência com as plantas daninhas houve redução de cerca de 35% para ambos os períodos. O diâmetro do colmo só foi afetado quando houve convivência com as plantas daninhas durante todo ciclo da cultura, ou seja, 300 dias.

**Tabela 6.** Efeitos dos períodos de controle da comunidade de plantas daninhas sobre a altura, diâmetro, estande, fibra, estimativa de produtividade de colmos e de produtividade de fibra de cana-energia, avaliados aos 300 DAE. Instituto Agrônômico/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2018.

| Dias de controle | Altura    | Diâmetro | Estande                 | Fibra     | Estimativa de Produtividade |                    |
|------------------|-----------|----------|-------------------------|-----------|-----------------------------|--------------------|
|                  |           |          |                         |           | Colmos                      | Fibra              |
|                  | cm        | cm       | plantas m <sup>-1</sup> | %         | t ha <sup>-1</sup>          | t ha <sup>-1</sup> |
| 0                | 70,47 d   | 0,39 b   | 3,75 c                  | 25,40 a   | 8,89 d                      | 2,22d              |
| 30               | 247,06 bc | 1,41 a   | 19,12 b                 | 23,25 abc | 43,33 cd                    | 10,10 cd           |
| 60               | 238,02 b  | 1,36 a   | 18,97 b                 | 24,82 ab  | 54,83 bc                    | 13,52 bc           |
| 90               | 297,45 a  | 1,44 a   | 25,22 ab                | 23,33 abc | 87,33 ab                    | 20,32 ab           |
| 120              | 296,56 a  | 1,39 a   | 25,97 ab                | 22,30 c   | 88,16 ab                    | 19,73 abc          |
| 150              | 304,41 a  | 1,48 a   | 29,72 a                 | 23,71 abc | 90,67 ab                    | 21,51 ab           |
| 180              | 301,21 a  | 1,41 a   | 26,28 ab                | 23,02 bc  | 90,22 ab                    | 20,81 ab           |
| 240              | 305,14 a  | 1,40 a   | 25,81 ab                | 22,99 bc  | 114,00 a                    | 26,18 a            |
| 300              | 301,96 a  | 1,41 a   | 29,50 a                 | 23,36 abc | 111,78 a                    | 26,00 a            |
| F                | 44,99**   | 8,08**   | 24,36**                 | 4,62**    | 17,07**                     | 15,08**            |
| CV (%)           | 8,73      | 11,52    | 14,36                   | 3,80      | 21,70                       | 22,63              |
| DMS (5%)         | 55,07     | 0,37     | 7,85                    | 2,151     | 39,95                       | 9,69               |

\*\* significativo no nível de probabilidade de 1% pelo teste F. As médias seguidas pela mesma letra em uma coluna não diferem entre si no nível de probabilidade de 5% pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

De acordo com a Tabela 6, têm-se com o aumento dos períodos de controle uma redução no percentual de fibra presente na cana-energia. Estatisticamente, aos 0, 30, 60, 90, 150 e 300 DAE não houve diferença no incremento. Enquanto que aos 120, 180 e 240 DAE diferiu-se dos citados anteriormente, mas entre si, mantiveram semelhança estatística.

Aos 0 DAE, ou seja, quando não houve controle das plantas daninhas, foi observado maior percentual de acúmulo de fibra, seguido de 60DAE (Tabela 6). Já os menores acúmulos foram aos 120 e 240 DAE, que comparados ao 0 DAE sofreram reduções de aproximadamente 12 e 9,5% da fibra (%) presente. Os dados de fibra (%) da Tabela 6, convergem às informações de fibra (%) encontrados na Tabela 5.

Ainda, pode-se observar na Tabela 6, que a produtividade de colmos e de fibra (t ha<sup>-1</sup>) aumentaram conforme maiores foram os períodos de controle, ou seja, período em que a cultura permaneceu no limpo. É notável que as plantas daninhas interferem negativamente no desenvolvimento da cana-energia, podendo no presente estudo resultar em perdas de até 92% da produtividade de colmos (t ha<sup>-1</sup>) e de 91,5% na produtividade de fibra (t ha<sup>-1</sup>).

Assim como foi observado por Correia, Gomes e Perussi (2012), Kuva et al. (2003) e Lorenzi (2014), pode ocorrer perdas de produtividade de colmos de cana-de-açúcar de até 40% na presença de *P. maximum*. Apesar do presente estudo ter encontrado perdas percentuais de produtividade de colmos e fibra superior à dos autores citados, fica evidente o impacto negativo que *P. maximum* pode representar à cultura da cana-de-açúcar e cana-energia.

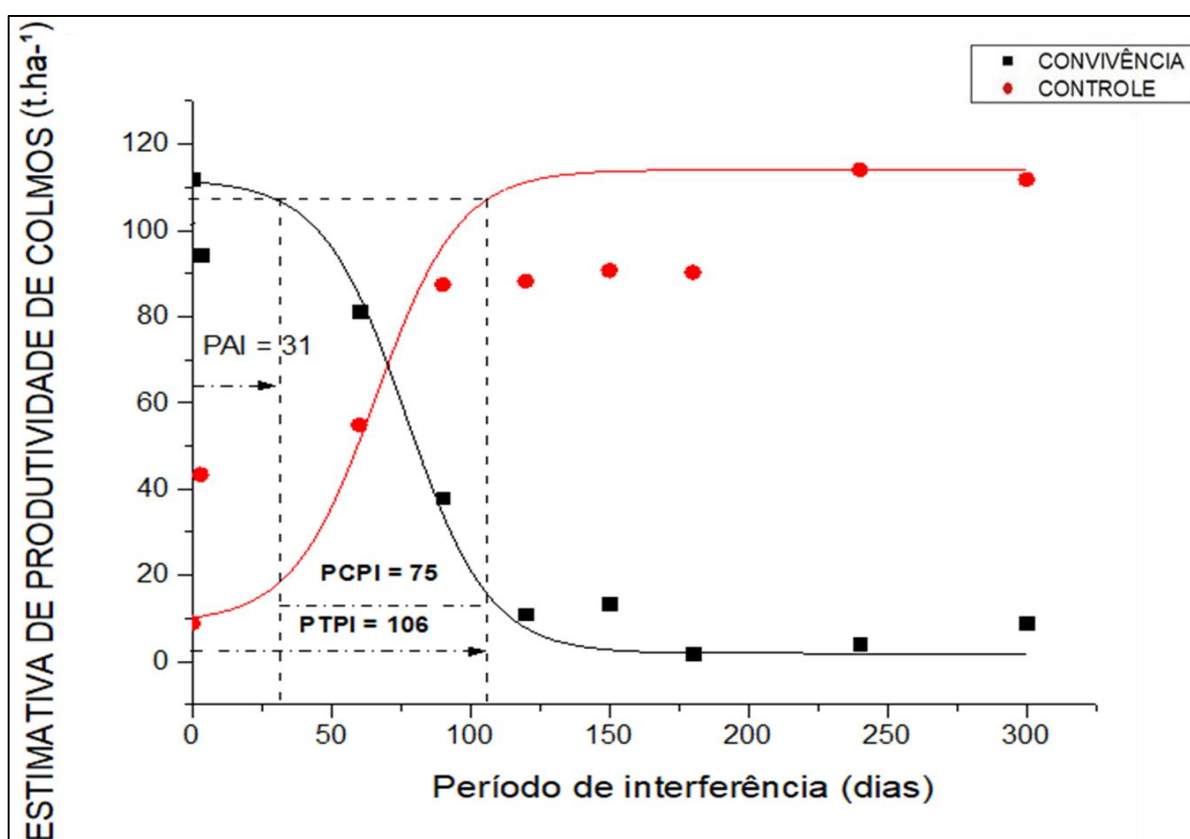
Em convivência com as plantas daninhas Kouamé et al. (2014), verificaram reduções de produtividade de colmos de cana-de-açúcar entre 50% e 61%, em área com predomínio das espécies *Trianthema portulacastrum* L., *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton, *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd., *Cyperus rotundus* L., *Brachiaria lata* (Schum.) C.E. Hubb, *Trianthema portulacastrum* L., *Mimosa pudica* L., *Brachiaria* Griseb., *Croton hirtus* L'Hér., *Spermacoce ruelliae* DC., *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd. e *Ipomoea heterotricha* Didr.

Durigan, Timossi e Leite (2004) e Nawaz et al. (2015), em áreas com predominância de *C. rotundus* e outras, observaram reduções entre 30 a 60%. Takim et al. (2014), em áreas de predominância de *R. cochinchinensis*, *P. maximum*, *Imperata cylindrica* L., *Panicum repens* L., *Cynodon dactylon* L. e *C. rotundus* L., observaram reduções de 66% na produtividade de colmos de cana-de-açúcar. Apesar dos estudos apresentados destes autores não se tratarem de cana-energia e sim de cana convencional, os dados percentuais aproximam-se aos esses resultados encontrados nesse experimento.

### 5.3. Períodos de Interferência das Plantas Daninhas em Cana-energia em função da Estimativa de Produtividade de colmos ( $t\ ha^{-1}$ ) e de Fibra ( $t\ fibra\ ha^{-1}$ )

Para a estimativa de produtividade de colmos de cana-energia ( $t\ ha^{-1}$ ), considerando uma perda de rendimento aceitável de 10% da cultura, o PAI foi estimado em 31 DAE, o PTPI estimado foi de 106 DAE e o PCPI foi de 75 dias (de 32 a 185 DAE). Após os 106 DAE em convivência com as plantas daninhas a perda de produtividade chegou a reduções de até 98,36%, aos 180 DAE, atingindo aos 300 DAE à 92% de queda de produtividade (Figura 3).

Quanto a produtividade de colmos de cana-energia ( $t\ ha^{-1}$ ), quanto maior foi o período de convivência entre as espécies, maior foi a queda de produtividade. Em contrapartida, conforme maior o período de controle das plantas daninhas, maior apresentou-se a produtividade (Figura 3).

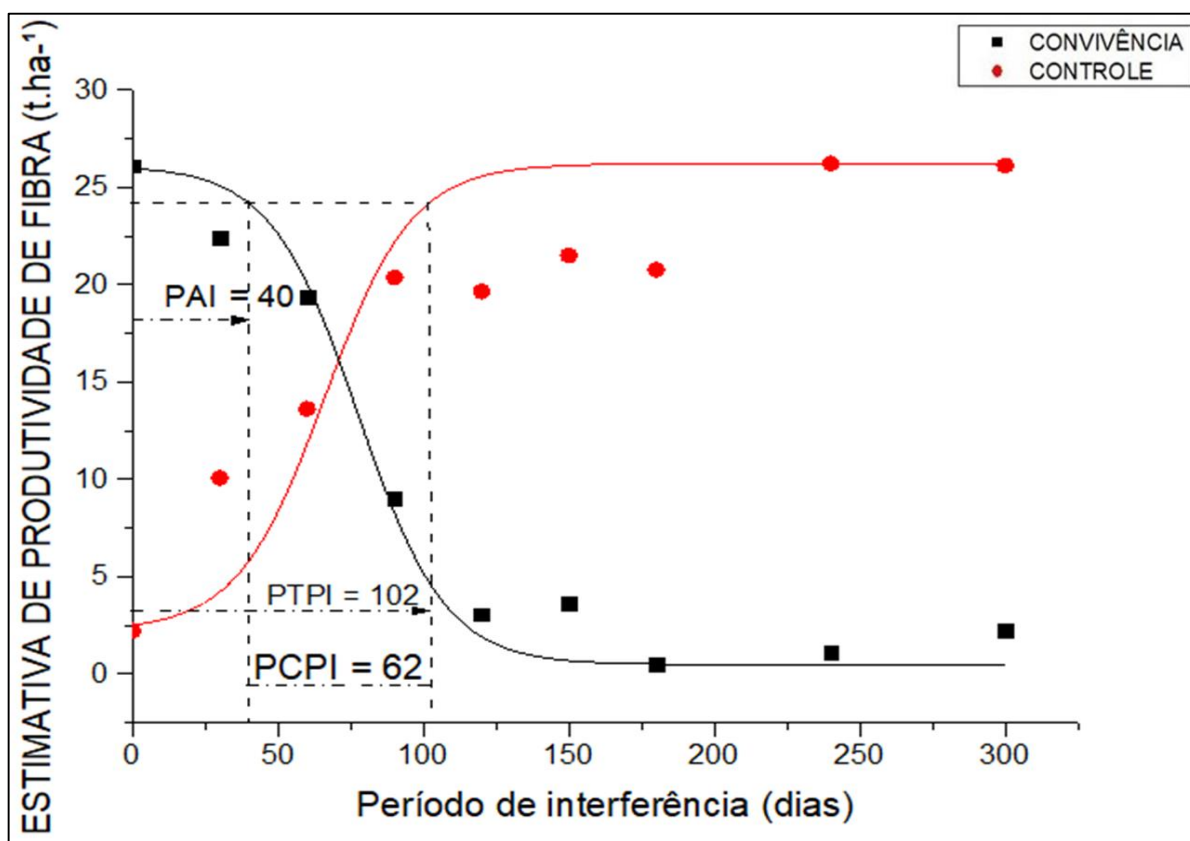


**Figura 3.** Período crítico de prevenção de interferências (PCPI), período total de prevenção de interferências (PTPI) e período anterior da interferência (PAI), em função da produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ), assumindo uma redução de 5% no rendimento da cultura da cana-energia, de acordo com critérios de gestão com controle e convivência

de plantas daninhas. Convivência de plantas daninhas:  $y = 1,83 - 109,95 / 1 + (e^{(x - 76,91) / 15})$ ,  $R^2 = 0,52$ ; Controle de plantas daninhas:  $y = 114 - 105,11 / 1 + (e^{(x + 66,10) / 15})$ ,  $R^2 = 0,95$ . Instituto Agronômico/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2018.

Analisando a produtividade de toneladas de fibra por hectare de cana-energia ( $t\ ha^{-1}$ ), é observado, assim como ocorreu para a produtividade de colmos, um aumento da quantidade de fibra por hectare quando o período de controle das plantas daninhas aumentou (Figura 4).

Tendo como base uma perda aceitável de 5% da cultura, têm-se para tonelada de fibra por hectare, o PAI de 40 DAE, o PTPI de 102 DAE e o PCPI de 62 DAE. Após os 102 DAE em convivência com as plantas daninhas a perda de produtividade de fibras ( $t\ ha^{-1}$ ) chegou a reduções de até 98%, aos 180 DAE e aos 300 DAE à 91% (Figura 4).



**Figura 4.** Período crítico de prevenção de interferências (PCPI), período total de prevenção de interferências (PTPI) e período anterior da interferência (PAI), em função do da produtividade de fibra por hectare ( $t\ ha^{-1}$ ), assumindo uma redução de 5% no rendimento da cultura da cana-energia, de acordo com critérios de gestão com controle e convivência de plantas daninhas. Convivência de plantas daninhas:  $y =$

$26,21 - 23,97 / 1 + (e^{(x - 66,08) / 15})$ ,  $R^2 = 0,58$ ; Controle de plantas daninhas:  $y = 0,48 - 25,63 / 1 + (e^{(x + 77,63) / 15})$ ,  $R^2 = 0,96$ . Instituto Agrônomo/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2018.

Kouamé et al. (2014), em estudos na África, com infestações predominantes de gramíneas, considerando perdas de produtividade em cana-de-açúcar com 5% de perdas sendo consideradas, encontraram o PAI de 28 dias, o PTPI de 191 dias e o PCPI de 135 dias, considerando as perdas de produtividade de 10% identificaram o PAI de 30 dias, o PTPI de 142 dias e o PCPI de 82 dias. Tais dados corroboram aos encontrados no presente estudo para a produtividade de colmos (Figura 3).

Para cana convencional, Kuva et al. (2003) em experimentos no Brasil, com predomínio de *P. maximum*, admitindo perdas de até 5% na produtividade de cana-de-açúcar, verificaram o PAI de 74 dias, PTPI de 127 dias e PCPI de 53 dias. Kuva et al. (2001), em área de predominância de *U. decumbens* em cana-de-açúcar convencional identificaram o PAI de 89 dias, PTPI de 138 dias e PCPI de 49 dias.

Comparados aos PAI encontrado nesta pesquisa, tem-se para cana-energia, um PAI inferior ao encontrado por Kuva et al. (2003), devido ao fechamento do dossel de cana-energia ser mais rápido ao de cana-de-açúcar convencional, pois a cana-energia apresenta perfilhamento e número de folhas superior ao de cana-de-açúcar (Kunz et al., 2007), o que resulta em um menor período de convivência e interferência das plantas daninhas.

Quando analisadas a produtividade de colmos de cana-energia (Figura 3) e produtividade de fibra (Figura 4), os valores de PAI assemelham-se aos encontrados no rendimento (Figura 5), contudo tanto os valores de PTPI quanto de PCPI são bem menores aos da análise de rendimento, evidenciando que o tempo de fechamento do dossel da cultura, que é mais rápido de que o de cultivo de cana convencional, é decisivo no momento do controle das plantas daninhas, principalmente quando há dominância de *P. maximum*.

Comparativamente os períodos para as duas variáveis analisadas apresentaram PAI, PCPI e PTPI com diferentes valores. Assim, considerando o menor período para o melhor momento de tomada de decisão e recomendação técnica para controle das plantas daninhas, recomenda-se utilizar os dados de períodos críticos encontrados para produtividade de colmos (Figura 3).

## 6. CONCLUSÕES

Considerando-se uma comunidade infestante de plantas daninhas com predomínio das espécies *Merremia aegyptia*, *Panicum maximum* e *Urochloa decumbens*, com destaque para *P. maximum*, determinou-se:

- a. Para a produtividade de colmos de cana-energia ( $\text{t ha}^{-1}$ ) o PAI foi de 31 DAE, o PTPI de 106 DAE e o PCPI de 75 DAE;
- b. Para a produtividade de fibra por hectare ( $\text{t ha}^{-1}$ ), têm-se o PAI de 40 DAE, o PTPI foi de 102 DAE e o PCPI foi de 62 DAE;
- c. Houve perdas de até 92% na produtividade de colmos ( $\text{t ha}^{-1}$ ) e de 91,5% na produtividade de fibra ( $\text{t ha}^{-1}$ ).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvim RK (2015) **Seleção de progênies de cruzamentos entre *Saccharum spontaneum* e cana-de-açúcar para a produção de bioenergia**. 55 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - UNESP, Jaboticabal.

Amaral FCR (2018) **Períodos de interferência de plantas daninhas na cana-de-açúcar cultivada em sistema de mudas pré-brotadas**. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas.

Amaral FCR, Nepomuceno MP, Chaves ARCS, Carlin SD, Azania CAM (2019) Weed interference periods in pre-sprouted sugarcane seedlings. **Planta Daninha** 37: e019203772.

Azania AAPM, Azania CAM, Gravena R, Pavani MCMD, Pitelli RA (2002) Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na emergência de espécies de plantas daninhas da família *Convolvulaceae*. **Planta Daninha** 20: 207-212.

Azania CAM, Filho CPF, Galon L, Vidal RA, Procópio S (2011) Fundamentos do manejo químico de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar. In: Vidal, R.A (Eds.) **Teoria e prática do manejo de infestantes na cultura da cana-de-açúcar no Brasil**. Porto Alegre: Evangrafic, p. 61-97.

Barbosa GVDS (2014) **Contribuição do melhoramento genético da cana-de-açúcar para a agroindústria de Alagoas**. 113 f. Tese (Doutorado em produção vegetal) - UFPR, Curitiba.

Besse P, McIntyre LC (1999). Chromosome in situ hybridisation of ribosomal DNA in *Erianthus* sect. *Ripidium* species with varying chromosome numbers confirms  $x = 10$  in *Erianthus* sect. *Ripidium*. **Genome** 42: 270–273.

Besse P, McIntyre LC, Berding N (1997). Characterisation of *Erianthus* sect. *Ripidium* and *Saccharum* germplasm (Andropogoneae - Saccharinae) using RFLP markers. **Euphytica** 93: 283–292.

Bidóia VS (2019) **Estratégias de manejo químico para controle de *Mucuna aterrima*, *Ricinus communis*, *Merremia aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* e sua seletividade no plantio da cana-de-açúcar**. 72f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – UNESP, Jaboticabal.

Blaco GH, Oliveira AD, Coleti JT (1981) Competição entre plantas daninhas e a cultura da cana-de-açúcar. II. Período de competição produzido por uma comunidade natural de mato, com predomínio de gramíneas, em cultura de ano. III. Influência da competição na nutrição da cana-de-açúcar. **O Biólogo** 47: 77-88.

Bressanin FN, Neto NJ, Nepomuceno MP, Alves PLCA, Carrega WC (2016) Interference periods of velvet bean in sugarcane. **Ciência Rural** 46:1329-1336.

Carvalho AJ, Carneiro JES, Ferreira LR, Cecon PR, Santos MV (2011) Efeito da época de semeadura de *Brachiaria decumbens* e de dessecantes em pré-colheita sobre o rendimento de grãos do feijoeiro e a biomassa forrageira em cultivo consorciado. **Ciênc. Agrotec.** 35: 893-899.

Carvalho-Netto OV, Bressiani JA, Soriano HL, Fiori CS, Santos JM, Barbosa GVS, Xavier MA, Landell MGA, Pereira GAG (2014) The potential of the energy cane as the main biomass crop for the cellulosic industry. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture** 1: 1-20.

Chaves ARCS (2018) **Seletividade de herbicida no cultivo da cana-energia**. 37f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – UNESP, Jaboticabal.

Christoffoleti PJ, Victoria Filho R (1996) Efeitos da densidade e proporção de plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.) em competição. **Planta Daninha** 14:42-47.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (2020) **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, v. 6, safra 2019/20, n. 4, quarto levantamento 2020, p. 1-57. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 07 nov. 2020.

Concenção G et al. (2014) Ciência das plantas daninhas: histórico, biologia, ecologia e fisiologia. In: Monquero PA (Ed.). **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: Editora Rima: SBCPD, p.1-29.

Concenção G, Cecon G, Correia IVT, Leite LF, Alves VB (2013). Ocorrência de espécies daninhas em função de sucessões de cultivo. **Planta Daninha** 31: 359-368.

CONSECANA. Conselho de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo (2015) **Manual de instruções do CONSECANA**. São Paulo: CONSECANA, 80 p.

Correia NM, Durigan JC (2004) Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta daninha** 22: 11-17.

Correia NM, Gomes LP, Perussi FJ (2012) Control of *Brachiaria decumbens* and *Panicum maximum* by S-metolachlor as influenced by the occurrence of rain and amount of sugarcane straw on the soil. **Acta Sci. Agron.** 34: 379-387.

Crispim SMA, Branco OD (2002) **Aspectos gerais das braquiárias e suas características na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 25p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 33).

Daniels J, Smith P, Paton N, Williams CA (1975) The origin of the genus *Saccharum*. **Sugarcane Breeding News** 36:24–39.

Dinardo W, Toledo REB, Alves PLCA, Pitelli RA (2003) Efeito da densidade de plantas de *Panicum maximum* Jacq. sobre o crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis** 64: 59-68.

Durigan JC, Timossi PC, Leite GJ (2004) Controle químico da tiririca (*Cyperus rotundus*), com e sem cobertura do solo pela palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha** 22: 127-135.

Ferreira EA, Paiva MCG, Pereira GAM, Oliveira MC, Silva EB (2019) Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do milho submetida à aplicação de doses de nitrogênio. **Revista de Agricultura Neotropical** 6: 109-116.

Figueiredo P (2008). Breve histórico da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. In: Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACM, Landell MGA (Eds.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 31-43.

Fujii Y, Hiradate S (2007) **Allelopathy: new concepts & methodology**. Enfield: Science Publishers, 382p.

Gao X, Zou C, Wang L, Zhang F. (2006). Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. **Journal of Plant Nutrition** 29: 1637-1647.

Garcia J, Euclides VPB, Alcalde CR, Difante GS, Medeiros SR (2014) Consumo, tempo de pastejo e desempenho de novilhos suplementados em pastos de *Brachiaria decumbens*, durante o período seco. **Semina: Ciências Agrárias** 35: 2095-2106.

Girio FM et al. (2010) Hemicelluloses for fuel ethanol: a review. **Bioresource Technology**. 101: 4775-4800.

Haag HP, Bose MLV, Andrade RG (1967) Absorção dos macronutrientes pelos capins colônia, gordura jaraguá, napier e pangola. **Anais da E.S.A. "Luis Queiroz"** XXIV: 177-188.

Hill J, Nelson E, Tilman D, Polasky S, Tiffany D (2006) Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 103:11206-11210.

Jakelaitis A, Silva AA, Ferreira LR, Silva AF, Freitas FCL (2004) Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha** 22: 553-560.

Johnson JM-F, Coleman MD, Gesh R, Jaradat A, Mitchell R, Reicosky D, Wilhelm WW (2007) Biomass-bioenergycrops in the United States: a changing paradigm. **The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology** 1:1-28.

Kim M, Day DF (2011) Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar mills. **Journal of industrial microbiology & biotechnology** 38: 803-807.

Kissmann KG, Groth D (1999) **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF, Tomo II, 978 p.

Knezevic SZ, Evans SP, Van Acker RC, Lindquist JL (2002) Critical period for weed control: the concept and data analysis. **Weed Sci** 50:773–786.

Kohlhepp G (2010) Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil **Estudos Avançados** 24: 223-253.

Kouamé KBJ, Orega YB, Touré YA, Abo K (2014) Determination of critical period for weed control in intensive and non-intensive sugarcane (*Saccharum officinarum* L., Poaceae) production systems in center Côte d'Ivoire. **Int. J. Biol. Chem. Sci.** 8: 2244-2257.

Kuva MA, Gravena R, Pitelli RA, Christoffoleti PJ, Alves PLCA (2003). Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim colônia (*Panicum maximum*). **Planta Daninha** 21: 37-44.

Kuva MA, Gravena R, Pitelli RA, Christoffoleti PJ, Alves PLCA (2001). Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: II - capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha** 19: 323-330.

Kuva MA, Pitelli RA, Christoffoleti PJ, Alves PLCA (2000). Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – Tiririca. **Planta Daninha** 18: 241-251.

Kuva MA, Pitelli RA, Salgado TP, Alves PLCA (2007) Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha** 25: 501-511.

Kunz JH et al (2007) Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa agropecuária brasileira** 42: 1511-1520.

Landell MGA, Bressiani JA (2010) Melhoramento genético, caracterização e manejo varietal. In: Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACM, Landell MGA **Cana-de-açúcar** Campinas: Instituto Agrônômico, p.101-56.

Lorenzi H (2014) **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 384p.

Lorenzi H (2017) **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum.

Matsuoka S et al. (2014) Energy cane: its concept, development, characteristics, and prospects. **Advances in Botany** 2014: 1-13.

Mckendry P (2002) Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Biores. Technol.** 83: 37-46.

Melo EB, Silva AAP, Oliveira Neto AM, Guerra N, Vilar CC, Bottega EL, Maciel CDG (2013) Alternativas para a catação química de touceiras de capim-colonião e capim-braquiária em cana-soca. **Revista Brasileira de Herbicidas** 12: 307-317.

MME. Ministério de Minas e Energia (2020) **Resenha energética brasileira: ano base 2019**, edição de 30 de maio de 2020, p. 1-30. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/36208/948169/Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+-+edi%C3%A7%C3%A3o+2020/ab9143cc-b702-3700-d83a-65e76dc87a9e>>. Acesso em: 07 nov. 2020.

Moura JCMS, Bonine CAV, Viana JOF, Dornelas MC, Mazzafera P (2010). Abiotic and biotic stresses and changes in the lignin content and composition in plants. **Journal of integrative plant biology** 52: 360-376.

Müeller-Dombois D, Ellenberg H (1974) **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. New York: J Wiley & Sons, 547 p.

Mukherjee SK (1957) Origin and distribution of *Saccharum*. **Botanical Gazette** 119:55–61.

Mutton MA, Mutton MJR (2015) Fisiologia da maturação e maturadores em cana-de-açúcar. In: Silva FC, Alves BJR, Freitas PL (Eds.) **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. Brasília: Embrapa, p. 222-287.

Nawaz M, Khan S, Chatta M, Khan M, Bilal M (2015). Effect of sowing techniques and weed crop competition periods on the performance of spring planted sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Int J Mod Agric** 4: 49-50.

Odero DC, Duchrow M, Havranek N (2016) Critical Timing of Fall Panicum (*Panicum dichotomiflorum*) Removal in Sugarcane. **Weed Technology** 30: 13-20.

Paciullo DSC et al. (2007) Morfofisiologia e valor nutritivo do capim braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesq. Agropec. Bras.** 42: 573-579.

Paciullo DSC et al. (2011) Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesq. Agropec. Bras.** 46: 1176-1183.

Pastori G, Mullineaux P, Foyer CH (2000) Post transcriptional regulation prevents accumulation of glutathione reductase protein and activity in the bundle sheath cells of maize. Implication on the sensitivity of maize to low temperatures. **Plant Physiology** 122: 667-675.

Pitelli RA, Durigan JC (1984) Terminologia para períodos de controle e convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 37.

Piza CST, Nepomuceno MP, Alves PLCA (2016) Period prior to interference of morning glory in sugarcane. **Científica, Jaboticabal** 44: 543-548.

Prado CHBA, Camargo-Bortolin LHG, Castro É, Martinez CA (2016). Leaf dynamics of *Panicum maximum* under future climatic changes. **PLoS One** 11: e0149620.

Rajcan I, Swanton CJ (2001) Understanding maize–weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Res** 71:139–150

Ramos RS, Brasileiro BP, Silveira LCI, Kist V, Peternelli LA, Barbosa MHP (2017) Selection of parents, families and clones to obtain energy cane. **Agronomy Journal** 109:1-7.

Rossetto RA (2012) A bioenergia, a cana-energia e outras culturas energéticas. **Pesquisa & Tecnologia** 9: 1-6.

Santos CG (2014) Avaliação de gramíneas forrageiras tropicais em diferentes níveis de sombreamento. **Revista Científica de Produção Animal** 16: 68-78.

Sasaki M, Yamamoto Y, Matsumoto H (1996) Lignin deposition induced by aluminium in wheat (*Triticum aestivum*) roots. **Physiologia Plantarum** 96: 193-198.

Scally L, Hodkinson T, Jones MB (2000) Origin and taxonomy of *Miscanthus*. In: Jones MB, Walsh, M. (Ed.) **Miscanthus: for energy and fibre**. Dublin: James & James, p 1-12.

Sekowski S, Ionov M, Kaszuba M, Mavlyanov S, Bryszewska M, Zamaraeva M (2014) Biophysical studies of interaction between hydrolysable tannins isolated from *Oenothera gigas* and *Geranium sanguineum* with human serum albumin. **Colloids Surf B Biointerfaces** 123: 623-628.

Silva NLC (2010) **Produção de bioetanol de segunda geração a partir de biomassa residual da indústria de celulose**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – UFRJ, Rio de Janeiro.

Silveira LCI (2014) **Melhoramento genético da cana-de-açúcar para obtenção de cana-energia**. 84f. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Silveira LCI, Brasileiro BP, Kist V, Daros E, Peternelli LA (2015a) Genetic diversity and coefficient of kinship among potential genitors for obtaining cultivars of energy cane. **Revista Ciência Agronômica** 46: 358-368.

Silveira LCI, Brasileiro BP, Kist V, Weber H, Daros E, Peternelli LA, Barbosa MHP (2015b) Selection strategy in families of energy cane based on biomass production and quality traits. **Euphytica** 204: 443-455.

Souza MF et al. (2020) Soil water availability alter the weed community and its interference on onion crops. **Scientia Horticulturae** 272: e109573.

Sun Y, Cheng JY (2002) Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. **Bioresource Technology** 83:1-11.

Taiz L, Zeiger E, Møller IA, Murphy A (2017) Fotossíntese: Reações de Carboxilação. In: Taiz L, Zeiger E, Møller IA, Murphy A (Eds.) **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, p. 203-244.

Takim FO, Fadayomi O, Alabi MA, Olawuyi OJ (2014). Impact of natural weed infestation on the performance of selected sugarcane varieties in the southern Guinea savanna of Nigeria. **Eth J Env Studies Manag** 7: 279-288.

Viciedo DO, Prado RM, Martínez CA, Marisad EH, Piccolo C (2019) Short-term warming and water stress affect *Panicum maximum* Jacq. stoichiometric homeostasis and biomass production. **Science of The Total Environment** 681: 267-274.

Violante MHSR (2012) **Potencial de produção de cana-de-açúcar em áreas agrícolas marginais no Brasil**. 112f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – FGV EESP, São Paulo.

Waclawovsky AJ, Sato PM, Lembke CG, Moore PH, Souza GM (2010) Sugarcane for bioenergy production: an assessment of yield and regulation of sucrose content. **Plant Biotechnology Journal** 8: 263-276.

Xiao-Yan MA, Han-Wen WU, Wei-Li J, Ya-Jie MA, Yan MA. (2015). Goosegrass (*Eleusine indica*) density effects on cotton (*Gossypium hirsutum*). **Journal of Integrative Agriculture** 14: 1778-1785.

Yamori W, Hikosaka K, Way DA (2014) Temperature response of photosynthesis in C3, C4, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. **Photosynth. Res.** 119: 101–117.