

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

**SELETIVIDADE DE HERBICIDA NO CULTIVO
DA CANA ENERGIA**

**Ana Rosália Calixto da Silva Chaves
Engenheira Agrônoma**

2018

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

**SELETIVIDADE DE HERBICIDA NO CULTIVO
DA CANA ENERGIA**

Ana Rosália Calixto da Silva Chaves

Orientador: Dr. Carlos Alberto Mathias Azania

Co-orientador: Prof. Dr. Silvano Bianco

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

2018

Chaves, Ana Rosália Calixto da Silva

C512 Seletividade de herbicidas no cultivo da cana energia / Ana
s Rosália Calixto da Silva Chaves. – – Jaboticabal, 2018
 x, 37 p. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018

Orientador: Carlos Alberto Mathias Azania

Coorientador: Silvano Bianco

Banca examinadora: Mariluce Nepomuceno, Jose Claudionir
Carvalho

Bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Manejo. 3. *Saccharum spp.* I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 632.954:633.61

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: SELETIVIDADE DE HERBICIDA NO CULTIVO DA CANA ENERGIA

AUTORA: ANA ROSÁLIA CALIXTO DA SILVA CHAVES

ORIENTADOR: CARLOS ALBERTO MATHIAS AZANIA

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

Azania

Pesquisador Dr. CARLOS ALBERTO MATHIAS AZANIA
Centro de Cana-de-açúcar / IAC / Campinas/SP

Carvalho

Pesquisador Dr. JOSÉ CLAUDIONIR CARVALHO
Vygna Brasil / São Paulo/SP

mariluce nepomuceno

Pós-doutoranda MARILUCE PASCOINA NEPOMUCENO
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 29 de junho de 2018

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Ana Rosália Calixto da S. Chaves – nascida em Sertãozinho, Estado de São Paulo, Brasil, aos 04 de agosto de 1989. Graduiu-se em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), no ano de 2013. Atuou em pesquisa na área de fitotecnia, com a cultura do café. Desde 2014 atua em pesquisa na área da Ciência das Plantas Daninhas, principalmente na área de sensibilidade de cana-de-açúcar a herbicidas. Nos últimos anos tem participado de eventos científicos nacionais na sua área de atuação, seja na condição de palestrante ou na sua organização. A autora também publicou artigos científicos em revistas nacionais.

EPÍGRAFE

“O Senhor é meu pastor, nada me faltará”.

Salmo 22

DEDICATÓRIA

**A minha família, em especial
aos meus pais Lúcia e Odair, e
a minha irmã Fernanda pelo
amor incondicional e apoio.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me presentear com uma vida maravilhosa me fornecendo sempre força e saúde e a Nossa senhora pela intercessão nos momentos de necessidade.

A toda minha família, principalmente aos meus pais, Odair Alves Chaves e Lúcia R. Calixto da S. Chaves que sonharam o meu sonho e investiram na minha formação pessoal e acadêmica, acreditando na minha capacidade, além de toda compreensão, carinho, atenção e muito amor despendidos a mim que com certeza foram imprescindíveis para a minha caminhada.

A minha irmã, Fernanda Calixto da S. Chaves pelo amor e companheirismo fazendo com que meus dias se tornem mais agradáveis e felizes, aliviando os momentos de estresse e cansaço.

Aos meus tios, tias, primos e primas que acreditaram, me incentivaram e me ajudaram nos momentos de nervosismo e angústia.

Ao meu namorado Fábio, pela paciência, amor e compreensão em tantos momentos complicados.

Ao Dr. Carlos Azania pela dedicação, atenção e orientação, além dos memoráveis ensinamentos relacionados à vida profissional e pessoal.

Ao Dr. Silvano Bianco pela co-orientação, bem como pelos conhecimentos passados a mim neste período que serão de grande valia na minha vida profissional.

Ao Dr. Pedro, que foi a pessoa que me abriu as portas para o mestrado e que tanto me ajudou nessa caminhada difícil, com seus conselhos e ajudas de um verdadeiro amigo.

A Dra. Mariluce, minha inspiração, que me incentivou a fazer agronomia e me apresentou ao mundo da cana-de-açúcar, herbicidas e plantas daninhas.

Ao Dr. José Bressiane, pela grande ajuda no que se diz respeito a cultura da cana energia.

Aos meus amigos do LAPDA que tanto me ensinaram no tempo que antecedeu a minha chegada ao IAC em especial Andreisa, Anne, Antonio, Bruninha, Cassia, Isa Marcela, Izabella, Jucileia, Livia, Marilu, Martins, Mirela, Neriane, Pedro, Willians.

Aos meus amigos do laboratório de matologia do IAC que foram imprescindíveis para a realização deste trabalho Alexandre, João Boneti, Lucas, Renata, Venilton e Vitor.

Aos funcionários da fazenda experimental do Centro de Cana do IAC, principalmente o pessoal do campo, Pardinho, Bigode, Euclides, Jair, Dila, Antenor e Oséias 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.

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

Aos membros da banca Dr. José Claudionir Carvalho e a Dra. Mariluce Nepomuceno pela excelente contribuição para a versão final desta dissertação.

Agradeço em especial ao meu pai, Odair Alves Chaves, que tanto sonhou com esse dia e que não estará aqui pessoalmente para ganhar um abraço e ouvir o meu muito obrigada.

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

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Cana energia.....	3
2.2 Interferência e manejo de plantas daninhas.....	4
2.3 Seletividade.....	7
3. OBJETIVO.....	8
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
4.1 Caracterização da área experimental.....	8
4.2 Práticas culturais.....	9
4.3 Cultivares utilizadas.....	10
4.4 Tratamentos utilizados.....	11
4.4.1 Descrição dos herbicidas.....	12
4.5 Delineamento experimental e estatístico.....	15
4.6 Tecnologia de aplicação.....	16
4.7 Atributos avaliados.....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	18
6. CONCLUSÕES.....	31
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

SELETIVIDADE DE HERBICIDA NO CULTIVO DA CANA ENERGIA

RESUMO – A cana energia constitui a matéria-prima usada na produção do etanol segunda geração, mas tem apresentado pouca tolerância aos herbicidas. Assim, objetivou-se estudar no clone (VX12-1658) e nas cultivares Vertix 2 e Vertix 8 de cana-energia, a seletividade de diferentes manejos herbicidas aplicados sequencialmente antes do plantio (PPI: pré-plantio incorporado), após plantio (PRÉ: pré-emergência da cultura e plantas daninhas) e no fechamento da cultura (PÓS: pós emergência da cultura e pré-emergência das infestantes), avaliados por parâmetros fitotécnicos e isoenzimáticos. O experimento foi conduzido de agosto/2016 a agosto/2017 em Latossolo Vermelho de textura argilosa e em condições de campo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, com os tratamentos distribuídos em esquema de parcelas sub-divididas. Os 05 tratamentos herbicidas foram alocados nas parcelas (6 linhas x 18m x 1,50m) e as 03 cultivares de cana energia de uma mesma cultivar nas sub-parcelas (2 linhas x 18 m x 1,50 m). Os tratamentos herbicidas foram constituídos por T1- PRÉ: s-metolachlor (1920 g ha⁻¹) + sulfentrazone (800 g ha⁻¹) e PÓS: mesotrione (192 g ha⁻¹), T2- PRÉ: amicarbazone (1050 g ha⁻¹) + tebuthiuron (1000 g ha⁻¹) e PÓS: sulfentrazone (800 g ha⁻¹), T3- PPI: imazapyr (500 g ha⁻¹) + clomazone (900 g ha⁻¹) + PRÉ: sulfentrazone (800 g ha⁻¹) e PÓS: mesotrione (192 g ha⁻¹), T4- PPI: amicarbazone (1050 g ha⁻¹) + PRÉ: sulfentrazone (800 g ha⁻¹) e PÓS: amicarbazone (1050 g ha⁻¹) e T5: testemunha. A aplicação em PPI no T3 e T4, com antecedência de 69 e 28 dias respectivamente, foi tratorizada com volume de calda 200 L ha⁻¹ e para as demais aplicações utilizou-se do equipamento de pulverização costal pressurizado (CO₂), regulado a 30 psi de pressão e volume de calda de 242 L ha⁻¹. Foram avaliados em dias após plantio (DAP), os sintomas visuais de intoxicação (33, 62 e 91 DAP), índice de cor verde da folha (33, 62 e 91 DAP), fluorescência (33, 62 e 91 DAP), altura (33, 91, 182 e 285 DAP), estande (285 DAP), diâmetro (285 DAP) e produtividade (285 DAP), além do perfil isoenzimático da α -esterase (33 e 285 DAP). Ao considerar a recuperação dos sintomas de intoxicação e índice de cor verde da folha do início do ciclo, os valores de altura, estande, produtividade e qualidade tecnológica superiores a testemunha, bem como o perfil da α -esterase similar ao da testemunha, constatou-se que os tratamentos herbicidas foram seletivos para o clone VX12-1658 e as cultivares Vertix 2 e Vertix 8 de cana energia.

“ **Palavras-chave**”: cana-de-açúcar, manejo, *Saccharum spp.*, biomassa

HERBICIDE SELECTIVITY UPON THE ENERGY CANE

ABSTRACT – Energy cane constitutes the raw material used in second generation ethanol, but it has shown low tolerance for herbicides. Given this, it was aimed to study, upon clone (VX12-1658) and cultivars Vertex 2 and Vertex 8 of energy cane, the selectivity of different herbicide managements applied sequentially before planting (Preplant Incorporated – PPI), after planting (PRÉ – pre-emergence of crop and weeds) and upon the crop closure (PÓS – post-emergence of crops and pre-emergence of weeds), evaluated by phytotechnical and isoenzymatic characteristics. The experiment was conducted from August/2016 to August/2017 in an Oxisol with clayey texture and with field conditions. The experimental design was in casual blocks with three replications, with treatments distributed in sub-divided plots scheme. The 05 herbicide treatments were allocated upon the parcels (6 lines x 18m x 1.50m) and the 03 cultivars of energy cane of the same cultivar in the sub-plots (2 lines x 18m x 1.50m). Herbicide treatments were consisted of T1 – PRÉ: S-metolachlor (1920 g ha⁻¹) + sulfentrazone (800 g ha⁻¹) and PÓS: mesotrione (192 g ha⁻¹), T2 – PRÉ: amicarbazone (1050 g ha⁻¹) + tebuthiuron (1000 g ha⁻¹) and PÓS: sulfentrazone (800 g ha⁻¹), T3 – PPI: imazapyr (500 g ha⁻¹) + clomazone (900 g ha⁻¹) + PRÉ: sulfentrazone (800 g ha⁻¹) and PÓS: mesotrione (192 g ha⁻¹), T4 – PPI: amicarbazone (1050 g ha⁻¹) + PRÉ: sulfentrazone (800 g ha⁻¹) and PÓS: amicarbazone (1050 g ha⁻¹), and T5: control plot. Application in PPI upon T3 and T4, with an antecedence of 60 and 20 days, respectively, was tractor based with 200 L ha⁻¹ spray mixture deposition and the remaining applications were performed with a costal sprayer with constant pressure (CO₂), regulated in 30 psi pressure and spray mixture deposition of 242 L ha⁻¹. Were evaluated, in days after planting (DAP), the intoxication symptoms (33, 62 and 91 DAP), height (33, 91, 182 and 285 DAP), plant stand (285 DAP) and productivity (285 DAP), as well as the isoenzymatic profile of α -esterase (33 and 285 DAP). Considering the recovering of intoxication symptoms and leaves green color rate index rates from the beginning of the experiment, the values of height, stand, productivity and technological quality superior to the control plot, as well as the α -esterase profile similar to the control plot, it is established that the herbicide treatments were selective for clone VX12-1658 and cultivars Vertex 2 and Vertex 8 of energy cane.

“Keywords”: sugar cane, management, *Saccharum spp.*, biomass

1.INTRODUÇÃO

A crescente dependência mundial pela energia acelerou o uso das fontes energéticas, particularmente as de origem fósseis. Como consequência, ocorreram mudanças significativas no clima, em detrimento da concentração de CO₂ na atmosfera, o que impulsionou a crescente e atual demanda por fontes de energias alternativas, a exemplo do vento, movimento das marés, luz solar e biomassa. As fontes de energia alternativa podem proporcionar maior segurança energética, diminuir a poluição atmosférica e reduzir o acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera (LYND et al., 1991).

A biomassa sempre foi uma fonte importante de energia para a humanidade e atualmente é responsável por aproximadamente 10 a 14% do fornecimento de energia no mundo (KAYGUSUZ E TÜRKER, 2002; GROSS et al., 2003; PARIKKA, 2004). Somente nos Estados Unidos da América 5% da energia utilizada no país é de fonte renovável, sendo que 53% dessa energia é oriunda de biomassa (EIA, 2009).

Essas fontes de energia, principalmente a biomassa, são atraentes devido ao seu balanço neutro em carbono, além de ser alternativa renovável na produção de combustíveis e em substituição aos de origem fóssil, atualmente utilizadas (SCHELL et al., 2004). A tecnologia de produção de etanol, a partir da cana-de-açúcar, fortemente implantada no Brasil em meados dos anos 70, chamou a atenção mundial quanto ao uso de fonte renovável para produção de energia (MENDONÇA, 2008). Atualmente, outras fontes de energia renovável, a partir de plantas não alimentares, tem sido implantadas para produção de combustíveis em larga escala (LIN; TANAKA, 2006). No entanto, os custos de produção e a seleção de espécies vegetais são importantes preocupações (CARDINALE et al., 2007).

Assim, melhorar e selecionar plantas com capacidade de acumular massa vegetal e com características de rusticidade, para cultivo em terras agrícolas, em condições edafoclimáticas desfavoráveis é fundamental à produção de biocombustíveis celulósicos. As plantas perenes, particularmente da família Poaceae, são comumente consideradas como potenciais matérias-primas à produção de energia e fibra. Estas plantas possuem maior concentração de celulose e lignina do que espécies anuais (DIEN et al., 2006). Também são caracterizadas por

apresentarem umidade baixa no final do seu ciclo de crescimento, alta eficiência de uso de água e nutrientes, além da tolerância a pragas e doenças (TAIZ & ZEIGER, 2004). Outra vantagem é que por serem plantas de ciclo fotossintético C4, são conversores mais eficientes de luz, água e nutrientes em biomassa do que as espécies de ciclo C3 (WIEDENFELD, 2000).

A produção de cana energia é uma opção para geração de energia “limpa”. Além da produção de energia, produzida pela queima de suas fibras com consequente geração de vapor e energia, outra vantagem é a geração do etanol, que é produzido a partir da quebra de sua celulose por enzimas específicas. A alta quantidade de biomassa presente na cana energia resulta em maiores quantidades do combustível.

Assim, como a cana-de-açúcar, a cana energia está sujeita às intempéries climáticas e aos tratos culturais que fomentam o desenvolvimento da planta. Para cana-de-açúcar, tratos culturais inadequados como o inadequado controle de plantas daninhas, pode ocasionar até 80% de perdas de produtividade (AZANIA et al., 2006), decréscimo da longevidade do canavial e dificuldade nas operações de colheita e transporte (KUYA et al., 2003). As perdas ocorridas podem ser não só quantitativas como também qualitativas, pois a interferência de plantas daninhas pode ocasionar alterações fisiológicas na cana-de-açúcar, reduzindo a qualidade da matéria-prima à produção de etanol e açúcar.

Em culturas como a cana-de-açúcar e a cana energia, nas quais as plantas daninhas devem ser controladas por um longo período de tempo, é importante a utilização de herbicidas aplicados em pré-emergência com prolongada ação residual (VELINI; NEGRISOLI, 2000; CARVALHO et al., 2005b). Essa prática permite o controle eficiente das plantas daninhas, impedindo os diferentes fluxos de emergência, durante o período crítico de competição (MILLER et al., 1995).

O manejo químico de plantas daninhas, além de ser eficaz na contenção da comunidade infestante no canavial, também precisa ser seletivo à cultura. Segundo Constantin (2001), a seletividade é a capacidade do herbicida em eliminar plantas daninhas em determinada cultura, sem reduzir sua produtividade. Essa é uma das principais características que devem ser observadas na escolha do herbicida. A cana energia é uma tecnologia relativamente nova, por isso a escassez de informações na literatura relacionados a seletividade de herbicidas.

Assim após observações em campos de seleção de cultivares, junto a programas de melhoramento em cana-de-açúcar, elaborou-se como hipótese que a cana energia é sensível à aplicação de herbicidas, porém, com tolerância diferenciada entre cultivares. Para testar a hipótese, objetivou-se estudar no clone (VX12-1658) e nas cultivares Vertix 2 e Vertix 8 de cana-energia, a seletividade de diferentes manejos herbicidas aplicados sequencialmente antes do plantio (PPI: pré-plantio incorporado), após plantio (PRÉ: pré-emergência da cultura e plantas daninhas e no fechamento da cultura (PÓS: pós emergência da cultura e pré-emergência das infestantes), avaliados por parâmetros fitotécnicos e isoenzimáticos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana energia

Saccharum spontaneum e *Saccharum officinarum* são duas das seis espécies do gênero *Saccharum* (DANIELS e ROACH, 1987). Soltwedel em Java e Harrison e Bovell em Barbados realizaram os primeiros esforços de hibridação envolvendo as espécies de *S. officinarum* (cana-de-açúcar) e *S. spontaneum* (cana-de-açúcar), esse cruzamento resultou em um híbrido (F1) mais robusto que o material parental. Apesar de vários estudos realizados com os híbridos somente em 2007 o L79-1002, um híbrido de *S. espontaneum* de alta fibra, foi lançado para energia nos EUA (BISCHOFF et al., 2008).

O conceito de "cana energia" foi proposto para distinguir principalmente diferentes sistemas de gestão de cana-de-açúcar. É importante observar que o aumento de biomassa não é puramente devido a maior lignocelulose, mas também a um número significativo maior de sólidos fermentáveis. Portanto os ganhos são possíveis na produção de biocombustíveis e na cogeração de eletricidade (ALEXANDER, 1985).

Segundo Roviero (2017), a produção de cana energia tem contribuído de forma crescente como mais uma opção de matéria-prima à geração de energia elétrica e produção de etanol. Atualmente as cultivares comerciais de cana energia são resultado do cruzamento de diferentes espécies ancestrais de cana-de-açúcar

(GRAMBIO, 2017), particularmente cultivares oriundas de *Saccharum spontaneum* (BISCHOFF, 2008).

Para os autores Kim e Day (2011) a cana energia é um híbrido de cana-de-açúcar comercial considerada selvagem e que foi criada para alto teor de fibras e baixa sacarose, apesar de ser do mesmo gênero da cana-de-açúcar apresenta maiores taxas de fibra, colmos mais finos e mais altos. A cana energia é mais tolerante ao frio contrário do presuposto por Prine (1991), requer menos entrada de fertilizantes e água e requer replantio apenas a cada 10 anos (SIERRA et al.,2008). Por ser uma planta perene, possui raízes profundas, com colmos de até 4m e folhas e bainhas com alto teor de carboidratos. A espessura da parede celular, a qualifica como substrato apropriado à produção de etanol (SASTRI and KAVATHEKAR, 1990).

Tilman (2009) acredita que o cultivo da cana energia pode ser conduzido sem o desmatamento de florestas naturais ou ocupação de terras agrícolas produtivas, pois são adaptadas a ambientes desfavoráveis de produção. Soma-se as características, seu potencial em reduzir gases do efeito estufa, ao mesmo tempo que é alternativa aos combustíveis fósseis.

A cana energia apresenta alta produção de biomassa e muitas vezes podem ser cultivadas em terras marginais (MCKENDRY, 2002; MCLAUGHLIN et al., 2002). Outras vantagens é o sequestro de carbono e o potencial para reduzir a erosão, se cultivada em áreas de declive (COSENTINO et al.,2004).

2.2 Interferência e manejo de plantas daninhas

As plantas daninhas exercem importante interferência na determinação do desenvolvimento das culturas, sendo consideradas um dos fatores abióticos mais críticos no processo produtivo da cana-de-açúcar (KUVA et al., 2003). O grau de interferência das plantas infestantes em uma cultura está relacionado ao ambiente (solo, clima e práticas de manejo adotadas), à cultura (espaçamento, densidade e cultivar) e à comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição), conforme Pitelli (1985).

A densidade de indivíduos destaca-se dentre os fatores mais importantes àqueles relacionados à comunidade infestante. Quanto maior a densidade da comunidade infestante, maior será a quantidade de indivíduos que disputam os

mesmos recursos do meio e mais intensa será a competição com a cultura (CHRISTOFFOLETI; VICTÓRIA FILHO, 1996). Sendo assim, mudanças relacionadas ao sistema de produção da cana-de-açúcar e também da cana energia impulsionam o estudo de grau de interferência de plantas daninhas, visando adequar as práticas de manejo para alcançar maior produtividade.

A interferência das plantas daninhas é responsável por até 80% das perdas de produção em canaviais tradicionais (AZANIA et al., 2006). A infestação das plantas prejudica o desenvolvimento e a produtividade da cana-de-açúcar, com reduções na quantidade e qualidade do produto colhido, diminui o número de cortes viáveis e aumenta os custos de produção, além de dificultar a colheita (PROCÓPIO et al., 2003).

O controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar deve ser realizado pela combinação de vários métodos, entre eles o mecânico, o cultural (espaçamento, densidade de plantio, cultivares de rápido crescimento) e o químico. Este último é mais utilizado devido a suas vantagens econômicas, rapidez na aplicação, flexibilidade quanto à época de aplicação e pode ser realizada a aplicação em etapas conforme a demanda de trabalho, ao maquinário e mão-de-obra disponíveis.

Através das pesquisas realizadas por Pitelli & Durigan (1984), o desenvolvimento de plantas daninhas em certos períodos do ciclo da cultura pode causar grandes prejuízos na produtividade. Esses períodos de convivência são divididos em período total de prevenção a interferência (PTPI), período anterior a interferência (PAI) e período crítico de prevenção a interferência (PCPI). Segundo os pesquisadores, se as plantas daninhas forem controladas somente durante o PCPI a cultura não terá a produtividade prejudicada. Entretanto, para garantir a produtividade e facilitar o manejo, os pesquisadores propõem controlar as plantas daninhas durante todo o PTPI que é formado pelo PAI + PCPI.

De acordo com Blaco et al. (1981), o PCPI da cana-planta está compreendido entre o 18° até o 66° dia após a emergência da cultura, posto que quando controlaram as plantas daninhas nesse período obtiveram produção máxima.

Os herbicidas recomendados à cana-de-açúcar, seja em aplicação em pré-emergência ou pós-emergência inicial, tem como destino o banco de sementes presente no solo (CHRISTOFFOLETI et al., 2009). A aplicação de herbicidas em pré-emergência, logo no início do ciclo da cultura, tem por objetivo eliminar as plantas

daninhas ainda na fase de plântula, propiciando à cultura emergir no limpo, sem interferência precoce das infestantes. Em áreas com cana-de-açúcar, em que as plantas daninhas devem ser controladas por longos períodos, é necessário a utilização de herbicidas com ação residual prolongada (VELINI; NEGRISOLI, 2000; CARVALHO et al., 2005b).

O controle químico é o método mais utilizado na cultura da cana-de-açúcar, em razão de existir grande número de ingredientes ativos eficientes registrados à cultura no Brasil. Além disso, é um método econômico e de alto rendimento, em comparação com outros. Como consequência, a cultura da cana-de-açúcar, tradicionalmente plantada em grandes áreas assimilou muito rápido esta tecnologia, sendo hoje a segunda cultura em consumo de herbicidas no Brasil (Procópio et al, 2004; Rossi 2004).

Segundo Azania (2004), o uso de herbicidas em pré ou pós-emergência, quando corretamente aplicados, é eficaz no controle das plantas daninhas. Os herbicidas, na sua maioria, utilizados na cultura da cana-de-açúcar, são seletivos, devido a aspectos de absorção foliar e à degradação do herbicida absorvido pela planta cultivada. Também proporcionam controle das plantas daninhas, na maioria dos casos, sem comprometer o desenvolvimento e produtividade da cultura.

Na cultura da cana-de-açúcar, existem diferentes modos de aplicação de herbicidas, por exemplo os aplicados em PPI- pré plantio incorporado ao solo, em pré emergência ou em pós-emergência da cultura. A aplicação em PPI é realizada antes do plantio da cultura e é feita uma incorporação a uma profundidade de até 10 cm no perfil do solo; essa incorporação tem o objetivo de reduzir perdas por volatilização e fotodegradação do herbicida aplicado. No manejo em pré-emergência, a aplicação é realizada logo após o plantio ou colheita da cultura, antes que ocorra a emergência das plantas daninhas e da cultura. Em pós-emergência, a aplicação é realizada após o plantio ou colheita e após a emergência da cultura (AZANIA; ROLIM; AZANIA, 2010).

Aplicações de herbicidas após a operação de “quebra-lombo” também são realizadas e esta operação nivela o sulco de plantio, para que a colhedora possa cortar os colmos o mais próximo possível do solo. Após essa operação é comum a aplicação de herbicidas seletivos para cultura da cana, em pré ou em pós emergência das plantas daninhas.

2.3 Seletividade

A seletividade é um pré-requisito para o uso de herbicidas, ou seja, é fundamental para o sucesso do controle químico de plantas daninhas. Seletividade pode ser definida como a capacidade de um herbicida em controlar plantas daninhas sem afetar as plantas de interesse, ou seja, sem reduzir a produtividade da cultura (OLIVEIRA Jr., 2011; VELINI et al., 2000). Esta característica é dependente de vários fatores como condições ambientais que precedem e sucedem a aplicação, as características intrínsecas do herbicida ou método de aplicação (dose, formulação, localização espacial ou temporal) e fatores relacionados às características das plantas (idade, cultivar, tamanho de sementes ou estrutura de propagação vegetativa), conforme Oliveira Jr. (2011).

A resposta a herbicidas é dependente da cultivar da cana-de-açúcar, tendo como consequências sintomas de fitotoxicidade, existindo cultivares de cana-de-açúcar suscetíveis, tolerantes e resistentes a um mesmo ingrediente ativo (ARÉVALO et al., 1998; AZANIA et al., 2004), que podem ocasionar redução da produtividade do canavial. Além disso, existem as “fito ocultas”, relatadas por Constantin (2001), que não mostram sintomas de fitointoxicação que não são detectados visualmente no campo, mas que comprometem a produtividade.

Dias (2014), relata que a seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência ocorre devido ao posicionamento destes no solo. As plantas daninhas que iniciam seu processo germinativo expondo suas raízes na região superficial do solo entram em contato com o herbicida, além das raízes das plantas cultivadas que se localizam abaixo da zona tratada (OLIVEIRA, 2001). Em alguns casos a cultura poderá entrar em contato com a região tratada com o herbicida, devido a elevada umidade no solo e pela lixiviação dos herbicidas (BARELA, 2005).

Cataneo e Carvalho (2008), afirmam que as culturas podem apresentar seletividade aos herbicidas, devido á rapidez de metabolização, por outro lado, nas plantas daninhas essas reações acontecem mais lentamente. O tipo de metabolização dos herbicidas pelas plantas cultivadas varia de acordo com as diferentes combinações da cultura com o herbicida (CARVALHO, 2004).

Para Silva et al. (2003), alguns herbicidas impactam negativamente a produtividade da cultura sem que necessariamente apresentem sintomas visualmente

detectáveis, da mesma forma que outros podem provocar severas injúrias sem que ocorra impacto significativo na produtividade. Por isso, em experimentos com seletividade de herbicidas recomenda-se avaliar além dos parâmetros fitotécnicos, alterações fisiológicas como quantidade total de clorofila e padrões de emissão de fluorescência, o que impacta diretamente na eficiência fotossintética da planta (BAKER, 2008).

De acordo com Velini (2000), o comportamento diferenciado de genótipos de cana-de-açúcar diante de diversos herbicidas associado ao estágio de desenvolvimento desta cultura, é um fator importante na tolerância de cultivares a herbicidas. Assim, com a utilização do método químico para o controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, existe a necessidade de avaliar melhor a tolerância de genótipos aos herbicidas, uma vez que cada cultivar pode variar com o produto usado, a dose, época de aplicação, manejo etc. (CARVALHO et al., 2009). E assim como a cana-de-açúcar convencional, a cana energia também necessita de estudos que comprovem a sensibilidade dessas plantas a herbicidas.

3. OBJETIVO

Estudar no clone (VX12-1658) e nas cultivares Vertex 2 e Vertex 8 de cana-energia, a seletividade de diferentes manejos herbicidas aplicados sequencialmente antes do plantio (PPI: pré-plantio incorporado), após plantio (PRÉ: pré-emergência da cultura e plantas daninhas e no fechamento da cultura (PÓS: pós emergência da cultura e pré-emergência das infestantes), avaliados por parâmetros fitotécnicos e isoenzimáticos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no Centro de Cana, Instituto Agrônomo, município de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, de agosto/2016 a agosto/2017. O

local, inserido em região de intenso cultivo de cana-de-açúcar no Brasil, está localizado entre as coordenadas 21° 12' 53,15" de latitude Sul e 47° 52' 46,89" de longitude oeste e a 666m de altitude em referência ao nível do mar. O solo é classificado como Latossolo Vermelho de classe textural argilosa, constituído por 558 g kg⁻¹ de argila, 308 g Kg⁻¹ de silte e 134 g Kg⁻¹ de areia.

O local ainda possui clima característico de verões quentes e úmidos e invernos secos e frios, considerado como tropical de altitude (Cwa), segundo a classificação de Köppen. Durante o período experimental registrou-se 1132,5 mm de chuva e 23°C de temperatura média (Tabela 1), o que condiz com a classificação de Köppen.

Tabela 1. Dados mensais de temperatura(°C) e precipitação pluviométricos médios (mm) no período experimental. Instituto Agronômico, Ribeirão Preto, SP, 2016/2017.

Ano	Meses	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)
2016	Agosto	35,7	20,9
	Setembro	20,1	22,8
	Outubro	98,8	24,6
	Novembro	227,3	23,9
	Dezembro	164,8	24,7
2017	Janeiro	232,2	24,7
	Fevereiro	97,2	25,4
	Março	84,8	24,8
	Abril	64,1	23,2
	Maio	91,7	21,5
	Junho	0,3	19,4
	Julho	0,0	18,4
	Agosto	15,5	21,8

Fonte: CIAGRO/Estação Climatológica do Centro de Cana IAC, Ribeirão Preto, SP. Dados amostrados diariamente às 07:00hs.

4.2 Práticas culturais

A área experimental utilizada à instalação do experimento estava em pousio e apresentava diversidade em número de espécies de plantas daninhas, sendo *Ipomoea sp.*, *Merremia aegyptia*, *Panicum maximum*, *Urochloa plantaginea* e *Digitaria horizontalis* as mais predominantes. Sobre a comunidade infestante estabelecida aplicou-se a dose de 2.480 g ha⁻¹ glyphosate para dessecação.

Uma vez dessecada a massa vegetal das plantas daninhas, foram aplicados 1,4 t ha⁻¹ de calcário dolomítico para correção da concentração hidrogeniônica (de acordo com análise solo preliminar), seguido de incorporação ao solo. Foram

realizadas uma subsolagem e duas gradagens para preparo do solo e após 60 dias, uma grade de nivelamento. Na sequência, fez-se nova caracterização química do solo, também na camada arável (20 cm), e os resultados podem ser observados na Tabela 2.

O plantio das cultivares de cana-energia, de acordo com o delineamento proposto, ocorreu em 13/10/2016. Para atender a necessidade nutricional mais próxima ao recomendado, utilizou-se como fonte de adubo a formulação 8-28-16 na proporção de 500 kg ha⁻¹. No sulco de plantio também aplicou-se 141 g L⁻¹ de tiametoxam e 106 g L⁻¹ de lambda-cialotrina, equivalente a 3,5 L ha⁻¹ de Engeo Pleno, para controle de pragas como cupim, broca-da-cana, cigarrinha das raízes, entre outras.

Tabela 2. Resultado da análise química do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm. Instituto Agronômico, Ribeirão Preto, SP, 2016/2017.

Características Analisadas	Valores
Acidez (pH em CaCl ₂)	4,8
Matéria orgânica (g dm ⁻³)	41
Fósforo (mg dm ⁻³)	16
Potássio (mmolc dm ⁻³)	2,22
Cálcio (mmolc dm ⁻³)	31,94
Magnésio (mmolc dm ⁻³)	11,72
Hidrogênio + Alumínio (mmolc dm ⁻³)	40
Soma de bases (mmolc dm ⁻³)	45,88
CTC (mmolc dm ⁻³)	85,88
Saturação de Bases (V%)	53,42

Fonte: DMLab; Ribeirão Preto.

4.3 Cultivares utilizadas

Utilizou-se um clone e duas cultivares de cana energia cedidas pela empresa Grambio. O clone utilizado foi o VX12-1658 e as cultivares foram a Vertex 2 (VX12-1744) e Vertex 8 (VX12-0277).

Tabela 3. Características dos materiais de cana energia utilizados no experimento. Instituto Agronômico, Ribeirão Preto, SP, 2016/2017.

Vertex 2	Vertex 8
Crescimento levemente decumbente	Crescimento ereto
Alta intensidade de perfilhamento	Alta intensidade de perfilhamento
Despalha fácil	Despalha difícil
Internódios de comprimento longo	Internódios de comprimento médio
Diâmetro fino a médio com formato conoidal	Diâmetro médio e formato cilíndrico
Gemas de formato obovada	Gemas de formato triangular
Folhas com arquitetura de pontas curvadas de largura estreita e tonalidade clara	Folhas com arquitetura de pontas curvas e de largura estreita
Aurículas dentóide assimétricas e de tamanho pequeno	Aurículas dentóide e assimétricas e de tamanho pequeno
Palmito (ponteiro) de comprimento curto	Palmito com comprimento médio

As características agronômicas mais relevantes da cultivar Vertex 2 e da Vertex 8 são o elevado potencial para produção de biomassa, produtividade duas vezes superior em relação a cultivares de cana-de-açúcar comerciais, excelente brotação de soqueira, alto teor de fibras, presença de rizomas, grande número de perfilhos. Também possui potencial para elevado número de colheitas, excelente adaptação a colheita mecanizada, resistente às principais doenças da cana-de-açúcar, maior tolerância a pragas importantes para a cana-de-açúcar e potencial para ser cultivada também em ambientes secos e de menor fertilidade.

O clone VX12-1658 ainda não possui todas as características botânicas e agronômicas definidas, fato que impede o acesso a literatura.

4.4 Tratamentos utilizados

Os tratamentos herbicidas utilizados foram constituídos por diferentes produtos comerciais e em 3 condições de aplicação (Tabela 4). As aplicações foram realizadas em (I) pré-plantio incorporado (PPI), (II) pós plantio com a cultura e as plantas daninhas em pré-emergência (PRE_{plantio}) e (III) pós plantio da cultura com as plantas daninhas e cultura em pós-emergência, ocasião denominada “quebra lombo” (QL).

Mesmo sem as plantas daninhas serem semeadas, devido ao experimento ter objetivo na seletividade dos tratamentos, a escolha dos herbicidas que constituíram cada programa de manejo, representado por um tratamento (Tabela 4), foi baseada em uma flora daninha hipotética.

Para o tratamento 1, a flora hipotética foi constituída por infestantes de folhas estreitas (Família Poaceae) como *Urochloa decumbens*, *Urochloa plantaginea*, *Digitaria horizontalis* e *Panicum maximum*; no tratamento 2 por plantas daninhas de folhas largas, tais como *Ipomoea* spp. e *Merremia aegyptia* (Família Convolvulaceae); no tratamento 3 por plantas daninhas de folhas largas e folhas estreitas, tais como *Cyperus rotundus* (Família Cyperaceae), *Cynodon dactylon* (Família Poaceae) e *Ipomoea* spp.; o tratamento 4 por folhas largas e estreitas, tais como *Mucuna aterrima*, *Ricinus communis*, *Panicum maximum* e *Urochloa decumbens*.

Tabela 4. Programas de tratamentos herbicidas utilizados no experimento. Instituto Agrônomo, Ribeirão Preto, SP, 2018.

	(I) PPI 04/08/2016 15/09/2016	(II) PRÉ _{plantio} 15/10/2016	(III) POS 22/12/2016
T1	--	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) sulfentrazone (800 g ha ⁻¹)	mesotrione (192 g ha ⁻¹)
T2	--	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹)	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹)
T3	imazapyr (500 g ha ⁻¹)*	clomazone (900 g ha ⁻¹) sulfentrazone (800 g ha ⁻¹)	mesotrione (192 g ha ⁻¹)
T4	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹)**	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹)	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹)
T5	testemunha capinada	testemunha capinada	testemunha capinada

*PPI: aplicado 60 dias antes do plantio e incorporado; **PPI: aplicado 20 dias antes do plantio e incorporado; PRE_{plantio}: aplicado após plantio em pré-emergência da cultura; PÓS_{QL}: aplicado após plantio, ocasião do nivelamento das entre-linhas e fechamento do canavial, quebra lombo;

4.4.1 Descrição dos herbicidas

As características dos herbicidas estudados, a exemplo do nome químico, nome e concentração do ingrediente ativo, classe toxicológica e ambiental, foram

obtidas nos registros de cada produto junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017).

O ingrediente ativo imazapyr utilizado foi da marca comercial Contain, comercializado pela BASF, formulação concentrado solúvel com 266,3 g L⁻¹ do ingrediente ativo, solubilidade em água de 11.272 mg/l e um kow de 1,3 (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011). É seletivo, sistêmico e pertence à classe toxicológica III, considerado medianamente tóxico ao homem. Recomendado para o controle de plantas daninhas antes do plantio da cultura da cana-de-açúcar. O ingrediente é absorvido e rapidamente translocado através do xilema e floema para as regiões meristemáticas da planta, onde se acumula. O herbicida possui atividade residual, proporcionando controle das plantas infestantes (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005), por isso sua aplicação foi realizada no pré plantio incorporado aos 69 dias antes do plantio.

O ingrediente ativo amicarbazone utilizado foi da marca comercial Dinamic, comercializado pela Arysta, formulação granulado dispersível com 700 g Kg⁻¹ do ingrediente, a molécula apresenta elevada solubilidade em água (4,6 g L⁻¹ a pH 4-9) e baixa pressão de vapor ($1,3 \times 10^{-6}$ Pa a 20 °C) (TOLEDO et al., 2004). A capacidade de adsorção, tem um valor variando entre 32,4 a 42,6 mg/g de solo e também é um dos fatores que imprimem ao produto uma baixa necessidade de umidade no solo para sua ação herbicida e sua fácil disponibilidade nos momentos em que as plantas daninhas encontram condições para germinar; no entanto, mesmo sendo mínimas essas condições, está disponível (GIMENES, 2004). O herbicida é sistêmico pré e pós emergente, pertence à classe toxicológica II, considerado altamente tóxico ao homem. Recomendado para o controle de plantas daninhas antes ou após o plantio da cultura da cana-de-açúcar. O amicarbazone é absorvido via radicular e foliar, inibe o fotossistema II e nas plantas sensíveis causa clorose e redução de crescimento (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005).

O ingrediente ativo s-metolachlor utilizado foi da marca comercial Dual Gold, comercializado pela Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, formulação concentrado emulsionável com 960 g L⁻¹ de ingrediente, solubilidade em água de 480 mg/l a 25°C e kow de 3,05 (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005). O produto é sistêmico pré e pós emergente, pertence à classe toxicológica I, considerado extremamente tóxico ao homem. Caracteriza-se pela ação principalmente sobre plantas daninhas de folhas

estreitas, com destaque para espécies anuais. O herbicida pode agir também sobre a trapoeraba e em algumas espécies de folhas largas, como o caruru. O ingrediente ativo s-metolachlor é eficaz na inibição do crescimento das plantas, através da absorção pelo coleótilo das gramíneas e hipocótilo das folhas largas. Um dos principais sintomas causado pelo herbicida sobre as plantas sensíveis é o intumescimento dos tecidos e o enrolamento do caulículo nas monocotiledôneas. Já nas folhas largas observa-se a clorose, necrose e morte da planta. Muitas plantas morrem antes de emergirem na superfície do solo.

O ingrediente ativo sulfentrazone utilizado foi da marca comercial Boral 500 SC, comercializado pela FMC Química do Brasil, formulação suspensão concentrada com 500 g L⁻¹ de ingrediente, possui solubilidade 110 ppm é indicado para períodos de primavera/verão, devida a distribuição de chuvas mais regulares que beneficia o posicionamento do herbicida no solo (RODRIGUES e ALMEIDA,2011). O koc de 90 permite a rápida dessorção dos colóides do solo para a solução do solo. O produto é seletivo, sistêmico e possui classe toxicológica III, considerado medianamente tóxico ao homem. Recomendado para o controle de plantas daninhas em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar e quanto ao comportamento na planta, a absorção é principalmente radicular e seu mecanismo de ação e sintomatologia é a inibição da PROTOX (PPO). Plantas suscetíveis emergem do solo tratado com sulfentrazone, tornando-se necróticas, morrendo em seguida quando expostas à luz (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005)

O ingrediente ativo tebuthiuron utilizado foi da marca comercial Combine 500 SC, comercializado pela Dow AgroSciences Industrial Ltda, formulação suspensão concentrada com 50% de ingrediente, seletivo de ação sistêmica, possui uma solubilidade em água de 2,57 g/l à 20°C e kow de 671. (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005). Pertence à classe toxicológica III, considerado medianamente tóxico ao homem. Recomendado para o controle de plantas infestantes na cultura da cana-de-açúcar (cana planta ou cana soca), aplicado em pré-emergência das plantas infestantes. O mecanismo de ação é inibir o fotossistema II, atuando na membrana do cloroplasto, onde ocorre a fase luminosa, mais especificamente no transporte de elétrons.

O ingrediente ativo clomazone utilizado foi da marca comercial FMC Química do Brasil, comercializado pela Gamit Star, formulação concentrado emulsionável com

80% de ingrediente, solubilidade em água de 1100 mg/l a 25°C e k_{ow} de 350. No interior da planta é translocado ascendente pelo xilema, para as folhas, e absorvido pelas raízes, pelo coleóptilo das gramíneas e hipocótilo das dicotiledôneas (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011). O produto é seletivo condicional, sistêmico e possui classe toxicológica III, considerado medianamente tóxico ao homem. Este é recomendado para o controle em pré-emergência das plantas daninhas e da cultura da cana-de-açúcar, com absorção pelas raízes.

O ingrediente ativo mesotrione utilizado foi da marca comercial Callisto, comercializado pela Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, formulação suspensão concentrada com 48% de ingrediente, solubilidade em água de 168,7 mg/l e pK_a de 3,07 (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005). É seletivo de ação sistêmica e pós emergente. Possui classe toxicológica III, considerado medianamente tóxico ao homem, além de classificação ambiental III, produto perigoso ao meio ambiente. Recomendado em aplicações nas modalidades de cana-planta e cana-soca, nos sistemas de colheita de cana com queima do canavial e de colheita mecanizada sem queima do canavial (conhecido também como colheita de cana crua). Contendo o ingrediente ativo mesotrione na sua formulação, caracteriza-se pelo amplo espectro de controle das plantas infestantes tais como corda-de-viola e o capim colchão que ocorrem na cultura da cana-de-açúcar.

Os programas de manejo de herbicidas aplicados em cada período do experimento estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Aplicação dos herbicidas em cada período do experimento. Instituto Agrônomo, Ribeirão Preto, SP, 2018.

Programas Herbicidas	PPI		PRE _{plântio}	POS _{QL}
	69 dias	28 dias	2 dias	69 dias
imazapyr	X			
amicarbazone		X	X	X
s-metolachlor			X	
sulfentrazone			X	X
tebuthiuron			X	
clomazone			X	
mesotrione				X

*PPI: pré plantio incorporado, dias antes do plantio; PRE_{PLANTIO}: aplicado após plantio em pré-emergência da cultura; POS_{QL}: aplicado após o plantio da cana energia, ocasião do nivelamento das entre-linhas, quebra lombo;

4.5 Delineamento experimental e estatístico

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, com os tratamentos distribuídos em esquema de parcelas sub-divididas. Os 05 tratamentos herbicidas foram alocados nas parcelas (6 linhas x 18m x 1,50m) e as 03 cultivares de cana-energia de uma mesma cultivar nas sub-parcelas (2 linhas x 18 m x 1,50 m). Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.6 Tecnologia de aplicação

As aplicações em PPI nos tratamentos T3 e T4, com antecedência de 69 e 28 dias respectivamente, foi tratorizada com volume de calda 200 L ha⁻¹. O trator utilizado foi um VALTRA 120 CV (BH145) com pulverizador de barra com 24 pontas tipo TTI110/02.

Para as demais aplicações, o equipamento de pulverização utilizado foi um costal pressurizado (CO₂), munido de barra com dois bicos modelo TT 110.02 VS, espaçados de 0,50 m, que quando regulado a 30 psi de pressão, proporcionou volume de calda equivalente a 242 L ha⁻¹.

As condições climáticas para as aplicações do experimento estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Condições climáticas durante o período experimental. Instituto Agrônomo, Ribeirão Preto, SP, 2018.

Data	Época de Aplicação	Condição do dia	Temperatura (°C)	Vento (Km h ⁻¹)	Nebulosidade (%)
04/08/2017	PPI*	Ensolarado	29,3	1,0 – 1,3	70
15/09/2017	PPI**	Nublado	30,3	6,3 – 6,8	70
15/10/2017	PRE _{plântio}	Ensolarado	28,3	4,1 – 4,7	10
22/12/2017	PÓS _{QL}	Ensolarado	29,0	1,4 – 3,4	10

*PPI: aplicado 69 dias antes do plantio e incorporado; **PPI: aplicado 28 dias antes do plantio e incorporado; PRE_{PLANTIO}: aplicado após plantio em pré-emergência da cultura; PÓS_{QL}: aplicado após plantio, ocasião do nivelamento das entre-linhas e fechamento do canavial, quebra lombo;

4.7 Atributos avaliados

A tolerância dos materiais de cana-energia aos herbicidas foi avaliada na área útil de cada sub-parcela, tratada com os herbicidas. As plantas daninhas foram controladas por capinas constantes durante o período experimental para evitar a

convivência estas e a cana energia. Assim, avaliou-se a área útil de cada sub-parcela tratada com herbicida e testemunha capinada:

a) Sintomas visuais de intoxicação (%) aos 33, 62 e 91 dias após o plantio (DAP), atribuindo, visualmente, notas percentuais de acordo com os sintomas de intoxicação na parte aérea das plantas de cana-de-açúcar. Na escala percentual utilizada, a variação ocorre de 0 a 100, sendo que 0% representa ausência de sintomas de intoxicação e 100% morte das plantas (ALAM,1974);

b) Clorofila total das folhas, expresso em Unidades SPAD, aos 33, 62 e 91 DAP. Utilizou-se do clorofilômetro de campo Modelo Spad 502 Minolta, no terço médio da folha +1 de 04 plantas escolhidas ao acaso;

c) Índice de fluorescência (Fv/Fm) aos 33, 62 e 91 DAP, através de fluorômetro portátil (modelo OPTICE SCIENCE), no terço médio da folha +1 de 04 plantas escolhidas ao acaso.

d) Altura (cm) aos 33, 91, 182 e 285 DAP, medindo-se a distância do solo até a lígula da última folha completamente desenvolvida de dez colmos escolhidos ao acaso;

e) Estande (colmos m⁻¹) aos 285 DAP, contando-se todos os colmos de 5 metros em cada linha da sub-parcela;

f) Diâmetro dos colmos (cm), aos 285 DAP, no terço médio de dez colmos escolhidos ao acaso na linha de cada sub-parcela, com auxílio de paquímetro;

g) Análise tecnológica, aos 285 DAP, analisou-se os teores de brix%caldo, pol%caldo, açúcares redutores%caldo e pureza%caldo, além da fibra%cana e açúcar total recuperado (ATR) em kg (t cana⁻¹), determinada segundo o sistema de pagamento de cana pelo teor de sacarose (CONSECANA, 2006). As amostras retiradas de cada parcela foram compostas pela coleta de dez colmos despontados sequencialmente na linha de cada sub-parcela;

h) A produtividade de colmos (t ha⁻¹), aos 285 DAP, foi estimada utilizando-se da metodologia biométrica, conforme LANDELL & BRESSIAN (2010) através da expressão:

$$\text{tonelada de cana hectare (TCH)} = [\text{diâmetro médio(cm)}]^2 \cdot \text{colmos (m)} \cdot \text{altura(cm)} \cdot 0,007854 / \text{espaçamento da cultura(m)}$$

i) Aos 62 e 285 dias após a aplicação, coletou-se amostras de folhas para posterior caracterização do perfil isoenzimático da α -esterase de acordo com Alfenas e Brune (2006).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os sintomas visuais de intoxicação observados aos 33, 62 e 91 DAP foram característicos pelo amarelecimento nas folhas, sendo ausentes aos 120 DAP (dados não apresentados) para os materiais de cana energia (Vertex 2, Vertex 8 e VX12-1658).

Particularmente na cultivar Vertex 8, os sintomas de fitointoxicação observados não superaram 16,67% (Tabela 7), o que na prática é considerado leve e de fácil recuperação. A diferença observada foi entre o tratamento 3 (16,67%) e a testemunha (0%), aos 62 DAP, porém com pouca importância prática. Os herbicidas utilizados nos diferentes manejos são inibidores da ALS (imazapyr), caroteno (clomazone e mesotrione), Protox (sulfentrazone), divisão celular (s-metolachlor) e Fotossistema II (amicarbazone e tebuthiuron).

Assim como na Vertex 8 e na pesquisa de Barela (2005), concluiu-se que os herbicidas sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), clomazone (1000 g i.a. ha⁻¹), metribuzin (1440 g i.a. ha⁻¹) e diuron + hexazinone (1066 g i.a. ha⁻¹ + 134 g i.a. ha⁻¹) em pré-emergência da cultura foram seletivos, pois acarretaram em sintomas de intoxicação inicial, mas não resultaram em perdas significativas ao final do experimento.

Os herbicidas inibidores de caroteno e do Fotossistema II são mais impactantes no sistema fotossintético, pois prejudicam a síntese de caroteno e a passagem de elétrons (VIDAL, 1997), podendo ser a causa do amarelecimento das folhas nos tratamentos. No clone VX12-1658, observou-se amarelecimento no tratamento 4 (Tabela 7), certamente devido a inibição dos elétrons no Fotossistema II. Entretanto, a diferença entre o tratamento 4 (11,67%) e a testemunha (0%) é considerado na prática como aceitável, de acordo com a tabela de Alam (1974).

Tabela 7. Sintoma de intoxicação das plantas de cana energia, cvs Vertix 2 e Vertix 8 e o clone VX12-1658, submetidas a tratamentos herbicidas e avaliadas aos 33, 62 e 91 DAP. Instituto Agrônomo, Ribeirão Preto, SP, 2018.

		Sintomas de intoxicação (%) - DAP		
Tratamentos		33	62	91
Vertix 8	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	10,00 a	10,00 b	--
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³			
	tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³	10,00 a	10,00 b	--
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴			
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹			
	clomazone (900 g ha ⁻¹) ³	10,00 a	16,67 a	--
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³			
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	10,00 a	10,00 b	--
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴			
	Testemunha	0,00 b	0,00 c	--
F tratamento	1,71*	64,00*	--	
Dms	0,10	3,64	--	
CV (%)	7,80	13,83	--	
VX12-1658	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	13,33 a	--	10,00 a
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³			
	tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³	13,33 a	--	10,00 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴			
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹			
	clomazone (900 g ha ⁻¹) ³	10,00 a	--	10,00 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³			
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	10,00 a	--	11,67 a
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴			
	Testemunha	0,00 b	--	0,00 b
F tratamento	9,00**	--	40,00**	
Dms	8,92	--	3,64	
CV (%)	33,88	--	15,49	
Vertix 2	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	13,33 a	--	--
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³			
	tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³	10,00 a	--	--
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴			
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹			
	clomazone (900 g ha ⁻¹) ³	15,00 a	--	--
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³			
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	15,00 a	--	--
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴			
	Testemunha	0,00 b	--	--
F tratamento	17,88**	--	--	
dms	7,28	--	--	
CV (%)	24,21	--	--	

DAP: dias após o plantio; 1: aplicado 69 dias antes do plantio e incorporado; 2: aplicado 28 dias antes do plantio e incorporado; 3: PRE_{PLANTIO}, aplicado após plantio em pré-emergência da cultura; 4: PÓS_{QL} aplicado após plantio, ocasião do nivelamento das entre-linhas e fechamento do canavial, quebra lombo; ns: não significativo; * significativo a 5%; --sem desdobramento estatístico; CV: coeficiente de variação; dms: diferença mínima significativa.

Na Vertix 2 os sintomas de fitointoxicação observados, foram maiores que na cultivar Vertix 8 e no clone Vx12-1658, porém ainda com notas atribuídas aceitáveis na prática. Como nos outros materiais, observou-se amarelecimento nas folhas e os tratamentos 3 e 4 (15,0%) apresentaram uma diferença maior da testemunha (0%). Segundo Velini (1993), 25 % na nota de fitointoxicação ainda é aceitável.

Os sintomas de fitointoxicação até os 92 DAP (Tabela 7) não foram suficientes para prejudicar o índice de cor verde da folha, pois não se observou valores menores que os tratamentos com herbicidas quando comparadas a testemunha. Apesar da descoloração presente nas folhas, o teor SPAD nas plantas tratadas com herbicidas foi similar a testemunha (Tabela 8). Silva et al. (2013), estudando a seletividade de herbicidas também observaram a não alteração do teor de cor verde da folha na cana-de-açúcar influenciadas por herbicidas.

Assim, não observou-se diferença significativa para qualquer um dos programas de herbicidas aplicados nos materiais de cana energia estudados.

De acordo com Priori *et al.* (2003) o índice de cor verde da folha está diretamente relacionada com a eficiência do processo de fotossíntese, há correlação positiva entre o conteúdo de clorofila e a fotossíntese líquida expressa em massa. Fleck et al. (2003) afirmam que a maior taxa de acúmulo líquido e elevada velocidade de crescimento em plantas estão relacionados a elevados teores de pigmentos nas folhas.

Tabela 8. Índice de cor verde das folhas- SPAD das plantas de cana energia, cvs Vertix 2 e Vertix 8 e o clone VX12-1658, submetidas a tratamentos herbicidas e avaliadas aos 33, 62 e 91 DAP. Instituto Agronômico, Ribeirão Preto-SP, 2018.

		Índice de cor verde da folha- SPAD (mg cm ⁻²) - DAP		
Tratamentos		33	62	91
Vertix 8	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	34,68 a	45,31 a	43,51 a
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³			
	tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³	34,02 a	44,88 a	39,03 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴			
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹			
	clomazone (900 g ha ⁻¹) ³	34,45 a	46,40 a	41,58 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³			
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	36,90 a	47,15 a	40,49 a
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴			
	Testemunha	33,10 a	49,08 a	41,29 a
F tratamento	0,83 ns	0,75 ns	0,33 ns	
Dms	7,52	9,39	13,89	
CV (%)	7,70	7,15	11,96	
VX12-1658	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	37,81 a	50,40 a	42,24 a
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³			
	tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³	36,95 a	50,32 a	41,67 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴			
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹			
	clomazone (900 g ha ⁻¹) ³	39,24 a	45,68 a	44,58 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³			
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	36,76 a	44,65 a	41,87 a
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴			
	Testemunha	35,64 a	45,48 a	42,68 a
F tratamento	2,31 ns	2,23 ns	0,71 ns	
Dms	4,30	9,20	6,75	
CV (%)	4,10	6,90	5,62	
Vertix 2	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	37,66 a	59,27 a	47,33 a
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³			
	tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³	38,76 a	54,21 a	47,85 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴			
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹			
	clomazone (900 g ha ⁻¹) ³	40,69 a	54,45 a	48,81 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³			
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	39,08 a	53,48 a	49,64 a
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴			
	Testemunha	39,27 a	50,99 a	49,12 a
F tratamento	0,25 ns	2,01 ns	0,17 ns	
Dms	10,68	10,37	11,28	
CV (%)	9,68	6,75	8,25	

DAP: dias após o plantio; 1: aplicado 69 dias antes do plantio e incorporado; 2: aplicado 28 dias antes do plantio e incorporado; 3: PRE_{PLANTIO}, aplicado após plantio em pré-emergência da cultura; 4: PÓS_{QL} aplicado após plantio, ocasião do nivelamento das entre-linhas e fechamento do canavial, quebra lombo; ns: não significativo; * significativo a 5%; --sem desdobramento estatístico; CV: coeficiente de variação; dms: diferença mínima significativa.

Como observado no índice de cor verde da folha, o índice de fluorescência (Fv/Fm) não foi prejudicado em qualquer um dos programas de herbicidas (Tabela 9). Resultado semelhante foi observado por Zera (2011), ao estudar a seletividade de herbicidas na cultivada cana-de-açúcar.

O valor da razão Fv/Fm é proporcional ao rendimento quântico da fase fotoquímica da fotossíntese (BUTLER & KITAJIMA, 1975). Zera et al. (2011), afirma que a fase fotoquímica compreende todas as reações químicas nos tilacóides dos cloroplastos na presença de luz.

Analisando a Tabela 9, observamos que tanto para as duas cultivares de cana energia assim como para o clone, os tratamentos com herbicidas não diferiram da testemunha para o índice de fluorescência. Por isso, estes não afetaram o índice de fluorescência das plantas de cana energia. Apenas aos 33 DAP constatamos uma pequena alteração, que ocorreu no tratamento 2 (amicarbazone + tebuthiuron + sufentrazone) em comparação com a testemunha e os demais tratamentos.

Uma hipótese que pode ser considerada é o mecanismo de ação dos herbicidas aplicados na pré emergência das plantas, o amicarbazone e o tebuthiuron atuam no fotossistema II; por isso encontrou-se uma leve diferença no índice da fluorescência no tratamento no qual foi aplicado esses dois ingredientes ativos.

O amicarbazone e o tebuthiuron são ingrediente ativos presentes em herbicidas inibidores do fotossistema II (FSII), eles são amplamente utilizados no manejo de plantas daninhas nas áreas de produção (DIAS et al., 2003). O uso de herbicidas inibidores do FSII provoca o bloqueio do fluxo de elétrons entre os fotossistemas na membrana dos tilacóides por ligarem-se ao sítio da quinona B (QB) da proteína D1 do FSII, impedindo a ligação da plastoquinona (VENTRELLA et al., 2010). Em decorrência do bloqueio do fluxo de elétrons, uma maior porção de energia de excitação absorvida pelos pigmentos foliares é dissipada como fluorescência (DAYAN & ZACCARO, 2012). Dessa forma, através do fluorômetro, é possível mensurar a taxa de fluorescência e, a partir deste parâmetro, determinar a taxa de transferência de elétrons no FSII (BAKER, 2008).

Tabela 9. Índice de fluorescência (Fv/Fm) das plantas de cana energia, cvs Vertex 2 e Vertex 8 e o clone VX12-1658, submetidas a tratamentos herbicidas e avaliadas aos 33, 62 e 91 DAP. Instituto Agrônômico, Ribeirão Preto-SP, 2018.

		Índice de fluorescência (Fv/Fm) - DAP		
Tratamentos		33	62	91
Vertex 8	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	0,76 a	0,73 a	0,76 a
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³			
	tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³	0,69 b	0,74 a	0,76 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴			
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹			
	clomazone (900 g ha ⁻¹) ³	0,76 a	0,71 a	0,78 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³			
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	0,75 a	0,70 a	0,76 a
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴			
	Testemunha	0,74 ab	0,73 a	0,75 a
F tratamento	7,86**	1,31 ns	0,47 ns	
Dms	0,05	0,06	0,08	
CV (%)	2,86	3,34	3,54	
VX12-1658	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	0,78 a	0,75 a	0,76 a
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³			
	tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³	0,74 a	0,72 a	0,77 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴			
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹			
	clomazone (900 g ha ⁻¹) ³	0,77 a	0,75 a	0,77 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³			
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	0,76 a	0,74 a	0,77 a
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴			
	Testemunha	0,78 a	0,73 a	0,77 a
F tratamento	1,96 ns	0,76 ns	0,82 ns	
Dms	0,05	0,08	0,01	
CV (%)	2,43	3,83	0,69	
Vertex 2	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	0,77 a	0,77 a	0,77 a
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³			
	tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³	0,75 a	0,78 a	0,75 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴			
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹			
	clomazone (900 g ha ⁻¹) ³	0,77 a	0,77 a	0,77 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³			
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴			
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²			
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	0,77 a	0,75 a	0,76 a
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴			
	Testemunha	0,78 a	0,77 a	0,74 a
F tratamento	2,58 ns	0,80 ns	1,34 ns	
Dms	0,04	0,06	0,05	
CV (%)	1,82	2,84	2,26	

DAP: dias após o plantio; 1: aplicado 69 dias antes do plantio e incorporado; 2: aplicado 28 dias antes do plantio e incorporado; 3: PRE_{PLANTIO}, aplicado após plantio em pré-emergência da cultura. 4: POS_{QL} aplicado após plantio, ocasião do nivelamento das entre-linhas e fechamento do canavial, quebra lombo; ns: não significativo; * significativo a 5%; --sem desdobramento estatístico; CV: coeficiente de variação; dms: diferença mínima significativa.

As mensurações de fluorescência podem ser utilizadas para indicar a susceptibilidade de plantas daninhas e/ou culturas a alguns herbicidas inibidores de fotossíntese, podendo inclusive quantificar o grau de interferência nas plantas (KORRES et al., 2003; BAKER, 2008; ARALDI et al., 2011; DAYAN & ZACCARO, 2012; GIROTTO et al., 2012). A técnica da fluorescência fornece resultados dentro de um curto período de tempo após a exposição ao herbicida (KORRES et al., 2003).

A razão de fluorescência F_v/F_m , que indica a eficiência quântica máxima do Fotossistema II (PSII), é usada como um indicador da capacidade fotossintética nas plantas, e tem se tornado uma importante característica fisiológica nos estudos relacionados aos vários tipos de estresses (Krause & Weiss, 1991). Se a planta estiver em condições normais, não estressantes, na maioria das espécies, o valor dessa variável pode variar de 0,75 a 0,85. Os valores inferiores a esses indicarão comprometimentos na eficiência quântica máxima do fotossistema II e, por consequência, do potencial fotossintético da planta (MAXWELL & JOHNSON, 2000). Quando as plantas são submetidas a estresses como seca (OGREN & OQUIST, 1985), aplicação de herbicidas (CATUNDA et al., 2005) e salinidade (ZANANDREA et al., 2006), o declínio em F_v/F_m é um bom indicador de dano no aparato fotoquímico das plantas.

Diferentemente das avaliações do sintoma de fitointoxicação, índice de cor verde da folha e índice de fluorescência, observou-se que a altura apresentou diferenças significativas nos tratamentos com herbicidas em relação à testemunha (Tabela 8).

Na avaliação realizada aos 33 DAP, a cultivar Vertix 8 apresentou diferença significativa dos tratamentos em relação a testemunha (Tabela 10). O tratamento 1 no qual foi aplicado s-metolachlor + sufentrazone + mesotrione se destacou como o melhor em relação à altura das plantas e o tratamento 4 com amicarbazone + sulfentrazone + amicarbazone apresentou o pior resultado, afetando negativamente a altura das plantas, porém foi similar a testemunha. Para as demais datas avaliadas, não observou-se diferenças significativas para esse material.

Tabela 10. Altura (cm) das plantas de cana energia, cvs Vertex 2 e Vertex 8 e o clone VX12-1658, submetidas a tratamentos herbicidas e avaliadas aos 33, 91, 182 e 285 DAP. Instituto Agronômico, Ribeirão Preto-SP, 2018.

		Altura (cm) - DAP			
Tratamentos		33	91	182	285
Vertex 8	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³				
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	19,83 a	78,50 a	258,50 a	335,80 a
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴				
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³				
	tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³	18,30 ab	81,30 a	289,00 a	338,50 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴				
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹				
	clomazone (900 g ha ⁻¹) ³				
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	16,63 ab	81,67 a	269,87 a	333,00 a
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴				
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²				
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	13,63 b	75,33 a	269,23 a	305,10 a
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴				
	Testemunha	15,50 ab	76,60 a	246,77 a	311,63 a
F tratamento	4,62*	0,31 ns	2,99 ns	2,94 ns	
Dms	5,47	24,37	47,31	43,59	
CV (%)	11,56	10,98	6,17	4,76	
VX12-1658	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³				
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	17,77 a	102,00 a	305,37 b	358,20 a
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴				
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³				
	tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³	18,43 a	100,83 a	335,43 a	381,80 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴				
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹				
	clomazone (900 g ha ⁻¹) ³				
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	18,83 a	94,30 a	302,53 b	350,47 a
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴				
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²				
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	16,93 a	98,87 a	310,73 b	352,03 a
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴				
	Testemunha	17,80 a	91,90 a	281,07 c	330,00 a
F tratamento	0,86 ns	1,14 ns	30,85*	2,68 ns	
Dms	3,82	19,79	17,13	37,02	
CV (%)	7,54	7,19	1,98	5,55	
Vertex 2	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³				
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	10,35 a	56,97 a	277,35 ab	312,95 b
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴				
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³				
	tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³	10,65 a	63,97 a	303,35 a	358,25 a
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴				
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹				
	clomazone (900 g ha ⁻¹) ³				
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	10,00 a	56,80 a	265,50 ab	320,20 b
	mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴				
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²				
	sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³	9,93 a	75,47 a	238,57 b	310,10 b
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴				
	Testemunha	8,63 a	57,50 a	233,27 b	297,90 b
F tratamento	2,89 ns	3,10 ns	3,26 ns	9,51**	
Dms	2,22	25,92	39,96	36,30	
CV (%)	7,92	18,17	8,24	4,22	

DAP: dias após o plantio; 1: aplicado 69 dias antes do plantio e incorporado; 2: aplicado 28 dias antes do plantio e incorporado; 3: PRE_{PLANTIO}, aplicado após plantio em pré-emergência da cultura; 4: PÓS_{QL}, aplicado após plantio, ocasião do nivelamento das entre-linhas e fechamento do canavial, quebra lombo; ns: não significativo; * significativo a 5%; --sem desdobramento estatístico; CV: coeficiente de variação; dms: diferença mínima significativa.

Para o clone VX12-1658, notou-se diferença significativa entre os programas herbicidas aos 182 DAP, no qual a testemunha apresentou um comportamento inferior em relação aos demais tratamentos aplicados, sendo o tratamento 2 o que apresentou a maior altura para o manejo de cana energia.

O fato da testemunha apresentar resultados inferiores dos tratamentos pode ser explicado pela fase de florescimento que ocorreu nesses materiais, justamente onde foram aplicados os herbicidas. No experimento, observou-se que os tratamentos herbicidas floresceram em média 30 dias antes ao florescimento da testemunha e isso pode ter ocasionado o alongamento da planta.

Na cultivar Vertix 2, a diferença significativa foi identificada aos 285 DAP e nessa ocasião constatou-se que o manejo ideal para esse material foi o tratamento 2 (amicarbazone, tebuthiuron e sulfentrazone).

A altura, na qual observou-se diferenças significativas, está inteiramente ligada à estimativa de produtividade, que também apresentou valores diferentes comparando-se tratamentos com a testemunha (Tabela 11).

A cultivar Vertix 8 e o clone VX12-1658 não apresentaram diferenças significativas dos tratamentos em relação a testemunha, tanto para estande como para diâmetro e estimativa de produtividade. Isso significa que nenhum programa herbicida afetou esses parâmetros avaliados.

Para a cultivar Vertix 2 identificamos diferenças significativas somente para estimativa de produtividade, no qual a testemunha obteve o resultado menos satisfatório.

Tabela 11. Estande (colmos m), Diâmetro (cm) e Estimativa de produtividade (t ha⁻¹) das plantas de cana energia, cvs Vertix 2 e Vertix 8 e o clone VX12-1658, submetidas a tratamentos herbicidas e avaliadas aos 285 DAP. Instituto Agrônômico, Ribeirão Preto-SP, 2018.

	Tratamentos	Estande (colmos m)	Diâmetro (cm)	Estimativa de produtividade (t ha ⁻¹)	
Vertix 8	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³ sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³ mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴	25,30 a	1,42 a	90,81 a	
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³ tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³ sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴	24,26 a	1,46 a	91,25 a	
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹ clomazone (900 g ha ⁻¹) ³ sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³ mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴	26,70 a	1,44 a	95,66 a	
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ² sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³ amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴	24,37 a	1,44 a	80,47 a	
	Testemunha	25,07 a	1,37 a	77,09 a	
	F tratamento	0,76 ns	0,68 ns	1,11 ns	
	Dms	5,47	0,20	36,63	
	CV (%)	7,72	5,05	14,91	
	VX12-1658	s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³ sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³ mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴	24,33 a	1,66 a	125,62 a
		amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³ tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³ sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴	24,07 a	1,67 a	134,38 a
imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹ clomazone (900 g ha ⁻¹) ³ sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³ mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴		19,67 a	2,25 a	96,52 a	
amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ² sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³ amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴		24,17 a	1,62 a	117,70 a	
Testemunha		24,03 a	1,54 a	98,84 a	
F tratamento		1,37 ns	1,03 ns	2,52 ns	
Dms		8,37	0,91	50,95	
CV (%)		12,76	27,70	15,76	
Vertix 2		s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³ sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³ mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴	21,23 a	1,62 a	92,91 ab
		amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³ tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³ sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴	19,23 a	1,72 a	107,83 a
	imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹ clomazone (900 g ha ⁻¹) ³ sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³ mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴	18,40 a	1,64 a	82,76 b	
	amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ² sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³ amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴	19,30 a	1,69 a	89,95 ab	
	Testemunha	19,23 a	1,55 a	73,29 b	
	F tratamento	1,67 ns	2,77 ns	9,47**	
	Dms	3,95	0,19	20,33	
	CV (%)	7,20	4,16	8,07	

DAP: dias após o plantio; 1: aplicado 69 dias antes do plantio e incorporado; 2: aplicado 28 dias antes do plantio e incorporado; 3: PRE_{PLANTIO}, aplicado após plantio em pré-emergência da cultura. 4: PÓS_{QL} aplicado após plantio, ocasião do nivelamento das entre-linhas e fechamento do canavial, quebra lombo; ns: não significativo; * significativo a 5%; --sem desdobramento estatístico; CV: coeficiente de variação; dms: diferença mínima significativa.

A análise tecnológica está relacionada com vários parâmetros que foram analisados neste trabalho. A fibra é um dos principais produtos de interesse da cana energia, para os materiais Vertix 2 e VX12-1658 não foram observadas diferenças significativas, mas o mesmo não ocorreu para a cultivar Vertix 8.

Analisando a cultivar Vertix 8, nas análises de Brix, Pol, Pureza e ATR o tratamento 1 se destacou positivamente; para o AR não observamos diferenças significativas dos tratamentos com a testemunha (Tabela 12). Já a Fibra a testemunha obteve melhores resultados do que os tratamentos, comprovando assim que a aplicação de herbicidas afetou este parametro na planta.

Na análise tecnológica da cultivar Vertix 2 observou-se o tratamento 2, como sendo o que demonstrou melhor resultado em relação ao Pol e a Pureza. Para o ATR o melhor resultado foi detectado no tratamento 1. A análise AR detectou-se diferença significativa, sendo mais afetado pelo tratamento 2 (amicarbazone + tebuthiuron + sulfentrazone).

De acordo com Ripoli et al. (2004), os valores recomendados para cana-de-açúcar são 18% para o Brix, 14% para o Pol e igual ou maior a 85% para a pureza. Barela (2005), em estudo a campo, constatou sintomas iniciais de fitointoxicação, contudo os resultados finais de TCH (tonelada de cana por hectare) não diferiram significativamente entre os herbicidas testados (tebuthiuron, sulfentrazone, metribuzin, diuron+hezazinona, diuron, clomazone, ametrina e pendimethalin).

Tabela 12. Análise Tecnológica das plantas de cana-energia, cvs Vertix 2 e Vertix 8 e o clone VX12-1658, submetidas a tratamentos herbicidas e avaliadas aos 285 DAP. Instituto Agrônomo, Ribeirão Preto-SP, 2018.

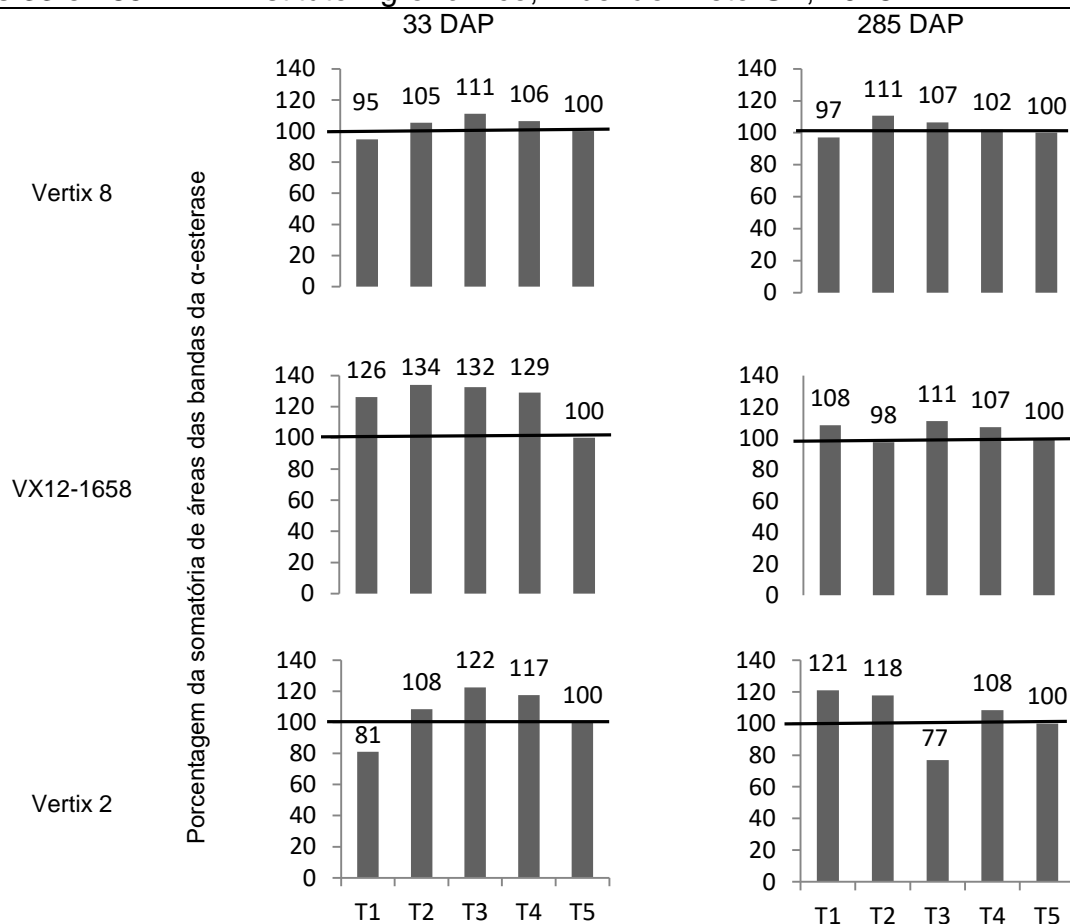
Tratamentos	% Caldo			% Cana		kg t ⁻¹
	Brix	Pol	Fibra	Pureza	AR	ATR
s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³	16,52 a	5,38 a	25,24 c	48,09 a	1,32 a	63,18 a
sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³						
mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴						
amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³	14,48 b	4,58 ab	24,66 c	47,50 a	1,35 a	55,84 ab
tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³						
sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴						
Vertix 8	15,03 ab	2,90 ab	25,92 bc	29,48 ab	1,72 a	43,16 ab
imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹						
clomazone (900 g ha ⁻¹) ³						
sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³						
mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴	16,27 a	2,26 b	27,44ab	21,81 b	1,83 a	38,11 b
amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²						
sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³						
amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴	16,05 ab	2,66 b	29,18 a	27,23 ab	1,65 a	40,30 b
Testemunha						
F tratamento						
Dms	1,77	2,63	1,75	23,26	0,52	20,71
CV (%)	5,99	12,14	3,52	35,47	17,50	22,86
s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³	18,27 a	6,88 a	28,08 a	60,00 a	0,99 ab	74,51 a
sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³						
mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴						
amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³	17,58 a	6,95 a	28,61 a	63,91 a	0,90 b	74,30 a
tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³						
sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴						
VX12-1658	18,65 a	6,89 a	30,05 a	61,61 a	0,92 b	73,91 ab
imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹						
clomazone (900 g ha ⁻¹) ³						
sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³						
mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴	18,88 a	6,96 a	30,90 a	62,49 a	0,88 b	74,29 a
amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²						
sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³						
amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴	18,03 a	5,36 b	30,71 a	49,68 b	1,15 a	61,51 b
Testemunha						
F tratamento						
Dms	2,70	1,51	2,91	10,30	0,23	12,47
CV (%)	7,85	12,14	5,21	9,19	12,64	9,23
s-metolachlor (1920 g ha ⁻¹) ³	13,70 ab	4,41 a	24,80 b	48,26 ab	1,32 bc	54,04 a
sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³						
mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴						
amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ³	12,00 b	4,27 ab	25,66 b	54,17 a	1,17 c	51,32 ab
tebuthiuron (1000 g ha ⁻¹) ³						
sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ⁴						
Vertix 2	12,62 b	3,32 bc	26,02 b	40,44 bc	1,47 ab	44,97 bc
imazapyr (500 g ha ⁻¹) ¹						
clomazone (900 g ha ⁻¹) ³						
sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³						
mesotrione (192 g ha ⁻¹) ⁴	13,32 ab	2,93 c	26,37 ab	33,97 dc	1,60 a	42,43 c
amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ²						
sulfentrazone (800 g ha ⁻¹) ³						
amicarbazone (1050 g ha ⁻¹) ⁴	14,86 a	2,42 c	28,45 a	26,77 d	1,69 a	38,37 c
Testemunha						
F tratamento						
Dms	2,10	0,99	2,33	11,28	0,23	7,41
CV (%)	8,41	15,10	4,72	14,71	8,50	8,52

DAP: dias após o plantio; 1: aplicado 69 dias antes do plantio e incorporado; 2: aplicado 28 dias antes do plantio e incorporado; 3: PRE_{PLANTIO}, aplicado após plantio em pré-emergência da cultura; 4: PÓS_{OL} aplicado após plantio, ocasião do nivelamento das entre-linhas e fechamento do canavial, quebra lombo; ns: não significativo; * significativo a 5%; --sem desdobramento estatístico; CV: coeficiente de variação; dms: diferença mínima significativa.

Aos 33 dias após aplicação (DAP) dos herbicidas o perfil isoenzimático da α -esterase (Figura 1) no clone VX12-1658 e na cultivar Vertix 2, apresentou-se alterado

para todos os tratamentos quando comparado com a testemunha. Como os tratamentos herbicidas constituem-se como fatores estressantes, de acordo com Gottlieb (1982), as atividades isoenzimáticas são influenciadas. Dentre as isoenzimas que se relacionam com o alívio do estresse celular, Lopes et al. (2003) destaca a α -esterase por proporcionar elevado nível de polimorfismo em resposta às interferências dos fatores abióticos.

Figura 1. Gráfico da porcentagem de somatória das bandas da α -esterase pixel/cm² aos 33 e 285 DAP. Instituto Agronômico, Ribeirão Preto-SP, 2018.



DAP: dias após o plantio; T1: s-metolachlor + sulfentrazone + mesotrione; T2: amicarbazone + tebutiuron + sulfentrazone; T3: imazapyr + clomazone + sulfentrazone + mesotrione; T4: amicarbazone + sulfentrazone + amicarbazone; T5: testemunha. 1: aplicado 69 dias antes do plantio e incorporado; 2: aplicado 28 dias antes do plantio e incorporado; 3: PRE_{plântio}, aplicado após plantio em pré-emergência da cultura; 4: PÓS_{QL} aplicado após plantio, ocasião do nivelamento das entre-linhas e fechamento do canavial, quebra lombo.

Observou-se aos 285 DAP o perfil isoenzimático da α -esterase da cultivar Vertex 8 e do clone VX12-1658 e ainda existe uma alteração nas bandas das cultivares, mas com uma redução do estresse quando comparada com intensidade da produção de enzimas aos 33 DAP. Diferentemente dos dois materiais, a cultivar Vertex 2 apresentou um estresse ainda elevado, com uma diferença de 23% da testemunha. Entretanto,

mesmo não demonstrando sintomas visuais e desenvolvimento prejudicado, apresentam uma desigualdade em relação ao tratamento testemunha, expressando ainda uma mudança em seu metabolismo, na qual segundo Lopes et al. (2003) a enzima α -esterase permite a identificação de interferências dos fatores abióticos através do polimorfismo.

6. CONCLUSÕES

Os programas de tratamentos de herbicidas aplicados não afetaram significativamente os materiais de cana energia para os parâmetros de sintoma visual de fitointoxicação, índice de cor verde e fluorescência.

Em relação a altura a cultivar Vertix 8 foi afetada pelo tratamento 4, mas os demais materiais não apresentaram diferenças significativas. Para o estande, diâmetro e estimativa de produtividade todos os materiais de cana energia foram seletivos.

No perfil isoenzimático, a Vertix 2 apresentou maior estresse aos programas de herbicidas tanto aos 33 DAP como ao final do ciclo (285 DAP).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas). Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. ALAM, Bogotá, v.1, n.1, p.35-38, 1974.

ALEXANDER AG (1985) 'The energy cane alternative'. (Elsevier: New York).

ALFENAS, A.C.; BRUNE, W.; OLIVEIRA, J.R.; ALONSO, S.K.; SCORTICHINI, S. Extração de proteínas para eletroforese. In: ALFENAS, A.C. (Ed.). Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microrganismos. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. p. 85-114.

ARÉVALO, R. A.; BERTONCINI, E. I.; CASAGRANDE, A. A.; PERESSIN, V. A. Eficiência dos herbicidas para o manejo das principais espécies de plantas daninhas da cana-de-açúcar. Campinas: IAC, 1998. p. 12-18. (**Documentos, 63**).

AZANIA, C. A. M. **Comparação de métodos para determinar a seletividade de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar**. 2004. 116 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2004.

AZANIA, C. A. M. et al. Desenvolvimento da tiririca (*Cyperus rotundus*) influenciado pela presença e ausência de palha de cana-de-açúcar e herbicidas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 29- 35, 2006.

AZANIA, C.A.M.; ROLIM, J.C.; AZANIA, A.A. de P.M. Plantas Daninhas. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONSELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G de A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2010. p. 465-490.

BAKER, N.R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.89-113, 2008. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759>>. Acesso em 18 mar. 2014. doi: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759. [Links]

BARELA, J. F. **Seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) afetada pela interação com nematocidas aplicados no plantio**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

BLACO, G. H.; OLIVEIRA, A. D.; COLETI, J. T. 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**, São Paulo, v. 47, n. 3, p. 77-88, 1981.

BISCHOFF, K.P.; GRAVOIS, K. A.; REAGAN, T. E.; HOY, J. W.; KIMBENG, C. A.; LABORDE, C. M. Registration of L 79-1002 sugarcane. **Journal Plant Registrations**, v.2, n.3, p. 211-217, 2008.

CARDINALE, B.J., J.P. WRIGHT, M.W. CADOTTE, I.T. CARROLL, A. HECTOR, D.S. SRIVASTAVA, M. LOREAU, AND J.J. WEIS. 2007. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. **Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.** 104:18123-18128.

CARVALHO, J. C. Mecanismo de ação dos herbicidas e sua relação com a resistência a herbicidas. In: CHRISTOFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CARVALHO, J. C. **Aspectos de resistências de plantas daninhas a herbicidas. 2. ed.** Campinas: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas, 2004. p. 22-44.

CARVALHO, S. J. P. et al. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Sciencia Agrícola**, v.66, n.1, p.136-142, 2009.

CARVALHO, S.J.P.; LOMBARDI, B.P.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; MEDEIROS, D. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, 2005b, 23:535-542.

CARVALHO-NETTO, O.V.; BRESSIANI, J.A.; SORIANO, H.L.; FIORI, C.S.; SANTOS, J.M.; BARBOSA, G.V.S.; XAVIER, M.S.; LANDELL, M.G.A.; PEREIRA,

G.A.G. The potential of the energy cane as the main biomass crop for the cellulosic industry. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**. v 1. 2014.

CATANEO, A.C.; CARVALHO, J.C. Desintoxicação de herbicidas pelas plantas: transformação química e compartimentalização vacuolar. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo fundo: Embrapa Trigo, 2008. 78 p.

CATUNDA, M.G.; FREITAS, S.P.; OLIVEIRA, J.G.; SILVA, C.M.M. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*Ananas comosus*). **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.1, p.115-121, 2005.[Links]

CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R. Efeitos da densidade e proporção de plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.) em competição. **Planta Daninha**, v. 14, n. 1, p. 42-47, 1996.

CONSTANTIN, J. Cana-de-açúcar- Seletividade de herbicidas. *Correio Agrícola*, Socorro, n.2, p.18-19, 2001.

COSENTINO, S, L., MANTINEO, M., FOTI, S., SPADAIIO, G., 2004 Cropping system and soil erosion in Mediterranean environment. In: Proceeding of the Eighth European society for Agronomy **Congress. Copenhagen, Denmark**, pp. 977-978.

DANIELS, J., AND B.T. ROACH. 1987. Taxonomy and evolution. p. 7-84. In D.J. Heinz (ed.) **Sugarcane improvement through breeding**. Elsevier, New York.

DAYAN, F.E.; ZACCARO, M.L.M. Chlorophyll fluorescence as a marker for herbicide mechanisms of action. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.102, p.189-197, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.01.005>>. Acesso em: 18 mar. 2014. doi: 10.1016/j.pestbp.2012.01.005. [Links]

DIAS, N.M.P. et al. Absorção e translocação do herbicida diuron por espécies suscetível e tolerante de capim-colchão (*Digitaria* spp.). **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.293-300, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582003000200015>>. Acesso em: 18 mar. 2014. doi: 10.1590/S0100-83582003000200015.

DIEN, S.B., H.J.G. JUNG, K.P. VOGEL, M.D. CASLER, J.F.S. LAMB, L. ITEN, R.B. MITCHELL, AND G. SARATH. 2006. Chemical composition and response to dilute-acid pretreatment and enzymatic saccharification of alfalfa, reed canarygrass, and switchgrass. **Biomass and Bioenergy** 30: 880-891.

EIA. 2009. U.S. Department of Energy information administration. Office of Coal, Nuclear, Electric and Alternate Fuels [Online]. Available at http://eia.gov/cneaf/alternate/page/renew_energy_consump/prerends09.pdf (verified 15 Nov. 2010). Washington, DC.

FLECK, N.G. et al. Velocidade de estabelecimento em cultivares de arroz irrigado como característica para aumentar a habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Ciência Rural**, v.33, n.4, p.635-640, 2003. Disponível

em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01038478200300040007>. Acesso em:08 ago. 2013. doi: 10.1590/S0103-84782003000400007.

GIMENES, R. DINAMIC: O novo herbicida da Hokko do Brasil para cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.22, n.4, p.23-24, 2004.

GOTTLIEB, L.D. Conservation and duplications of isozymes in plants. **Science**, Whashington, v. 216, p. 73-380, 1982.

GROSS, R., M. LEACH, AND A. BAUEN. 2003. Progress in renewable energy. *Environ. Int.* 29:105-122.

KAYGUSUZ, K., AND M.F. TÜRKER. 2002. Biomass energy potential in Turkey. **Renewable Energy** 26:661-678.

KIM, M.; DAY, D.F. Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar mills. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v.38, n.7, p.803-807, 2011. Available from: . Access: Jun. 19, 2017. doi: 10.1007/s10295-010-0812-8.

KRAUSE, G.H.; WEISS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.313-349, 1991.[Links]

KUVA, M. A. et al. Período de interferência de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III - capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.

LANDELL, M.G.A.; BRESSIANI, J.A. Melhoramento genético, caracterização e manejo varietal. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Eds.). **Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo**, 2010. p.101-156.

LIN, Y., AND S. TANAKA. 2006. Ethanol fermentation from biomass resources: current state and prospects. **Appl. Microbiol. Biotechnol.** 69:627-642.

LOPES, R.C.; CASALI, V.W.D.; BARBOSA, L.C.A.; CECON, P.R. Caracterização isoenzimática de oito acessos de Erva-de-bicho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 433-437, julho-setembro 2003.

LYND, L.R., J.H. Cushman, R.J. Nichols, and C.E. Wyman. 1991. Fuel ethanol from cellulosic biomass. **Science** 251:1318-1323.

MAXWEEL, K.; JOHNSON, G. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. *Journal Experimental Botany*, Almsford, v.51, p.659-668, 2000. [Links]

MCKENDRY, P., 2002. Energy production from biomass (part 1): **Overview of biomass.BioreS. Technol.** 83, 37-46.

MCLAUGHLIN, S.B., UGARTE, D., GARTEN, C.T., LYND, L.R., SANDERSON, M.A., TOLBERT, V.R., WOLF, D.D., 2002. High-value renewable energy from prairie grasses. *Environ. Sci. Technol.* 36, 2122-2129.

MENDONÇA, M. A. Expansão da produção de álcool combustível no Brasil: uma análise baseada nas curvas de aprendizagem. In: **Congresso Da Sociedade Brasileira De Economia, Administração E Sociologia Rural**, 46., 2008, Rio de Branco. Anais... Rio Branco: BNDES, 2008.

MILLER, L. C.; RESENDE, L. C. L.; MEDEIROS, A. M. L. Manejo de herbicidas na lavoura de cana-de-açúcar. **STAB**, v. 13, p. 9-13, 1995.

OLIVEIRA JR., R. S. de; INOUE, M. HIROKO. Seletividade de Herbicidas para Culturas e Plantas Daninhas. In: OLIVEIRA JR., R. S. DE; INOUE, J. C. AND M. H. (Ed.). **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 1. ed. Curitiba (PR): Omnipax, 2011. p. 348.

PARIKKA, M. 2004. Global biomass fuel resources. **Biomass Bioenergy** 27:613-620.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.23, p.16-27, 1985.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Terminologia para períodos de controle e convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15., 1984, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1984. p. 37.

PRINE, G.M., J.A. STRICKER, AND W.V. MCCONNELL. 1997. Opportunities for bioenergy development in Lower South USA. p. 227-235. In R.P. Overend and E. Chornet (ed.) Opportunities for bioenergy development in lower south USA. Proc. 3rd Conference of America: Making a business from biomass in energy, environment, chemicals, fibers and materials. **Elsevier Science**, Oxford, United Kingdom.

PRIORI, L.D.; EAMUS, D.; BOWNAN, D.M.J.S. Leaf attributes in the seasonally dry tropics: a comparison of four habitats in northern Austrian. **Functional ecology**, v. 1, n. 17, p. 504-515, 2003

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L.; FERREIRA, F. A. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana de açúcar. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 150 p.

PROCÓPIO, S.O.; SANTOS, J.B.; SILVA, A.A.; MARTINEZ, C.A.; WERLANG, R.C. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.22, p.211-216, 2004.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2004. 302 p.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. Guia de Herbicidas, 5.ed. Londrina: 2005 592 p.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. Guia de herbicidas, 6. ed. Londrina, 2011. 697p.

ROSSI, C.V.S. **Dinâmica e eficácia no controle de plantas daninhas pelo herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar.** 2004, 95p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

ROVIERO, J. P. **Biomassa derivada de cana-de-açúcar e cana energia submetidas a hidrólise ácida e enzimática para produção de etanol** [tese]. FCAVJ, 2017, 119p.

SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol-tecnologias e perspectivas** [Dissertação]. Viçosa, MG: UFV, 2012.

SASTRI, C.S.T., KAVATHEKAR, K.Y., 1990. Plants for Reclamation of Wastelands. Pbl. CSIR, New Delhi, India. pp. 360–362.

SCHELL, D.J., C.J. RILEY, and N. DOWE. 2004. A bioethanol process unit: Initial operating experiences and results with a corn fiber feedstock. **Bioresource Technology** 91:179-188.

SIERRA, R., SMITH, A., GRANDA, C., HOLTZAPPLE, M.T., 2008. Producing fuels and chemicals from lignocellulosic biomass. *Chem. Eng. Prog.* 104, 10.

SILVA, D. M.; AZANIA, C.A.M.; AZANIA, A.P.M.; BELUCI, L.R.; VITORINO, R.; GARCIA, J.C. Seletividade de herbicida influenciada pelo estado nutricional da cana-de-açúcar. **Planta daninha**. 2013, vol.12, n.1, p. 56-67. ISSN 2236-1065.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2004.
TARDIEU, F. Virtual plants: modelling as a tool for the genomics of tolerance to water deficit. **Trends in Plant Science**, St. Louis, v. 8. n. 1, p. 9-14, 2003.

THEGARID, N.; FOGASSY, G.; SCHUURMAN, Y.; MIRODATOS, C.; STEFANIDIS, S.; ILIOPOULOU, E.F.; KALOGIANNIS, K.; LAPPAS, A.A. Secondgeneration biofuels by co-processing catalytic pyrolysis oil in FCC units. **Applied Catalysis B: Environmental**, 145, p. 161– 166, 2014.

TILMAN, D., SOCOLOW, R., FOLEY, J.A., HILL, J., LARSON, E., LYND, L., PACALA, S., REILLY, J., SEARCHINGER, T., SOMERVILLE, C., WILLIAMS, R., 2009. Beneficial biofuels-the food, energy, and environment trilemma. **Science** 325, 270-271.

VELINI, E.D.; FREDERICO, L.A., MORELLI, J.L.; MARUBAYASHI, O.M. Avaliação dos efeitos de doses do herbicida clomazone, aplicado em pós-emergência inicial, sobre o crescimento e produtividade de soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* C.v. SP 71-1406). **STAB**, v. 12, n. 2, p. 31-35, 1993.

VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E.D. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: 22 **Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, Foz do Iguaçu**. Anais, Foz do Iguaçu, Anais, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p.148-164.

VENTRELLA, A. et al. Herbicides affect fluorescence and electron transfer activity of spinach chloroplasts, thylakoid membranes and isolated Photosystem II. **Bioelectrochemistry**, v.79, p.43-49, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.bioelechem.2009.10.008>>. Acesso em: 18 mar. 2014. doi: 10.1016/j.bioelechem.2009.10.008. [Links]

VICTORIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola**, n.1, 2004.

VIDAL, R.A. Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas. Porto Alegre: R.A.Vidal, 1997.165p.

ZERA, F.S.; AZANIA, C.A.M.; SCHIAVETTO, A.R.; LORENZATO, C.M.; AZANIA, A.A.P.M. Tolerância de diferentes cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) A herbicidas. **Planta daninha**. 2011, vol.29, n.3 p.591-599. ISSN 0100-8358.