



ADEMILSON DE OLIVEIRA ALECRIM

**SACAROSE NA DESINTOXICAÇÃO DE
PLANTAS DE CAFEIEIRO COM DERIVA DE
GLYPHOSATE**

LAVRAS - MG

2016

ADEMILSON DE OLIVEIRA ALECRIM

**SACAROSE NA DESINTOXICAÇÃO DE PLANTAS DE CAFEIEIRO
COM DERIVA DE GLYPHOSATE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Rubens José Guimarães

Orientador

LAVRAS – MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Alecrim, Ademilson de Oliveira.

Sacarose na desintoxicação de plantas de cafeeiro com deriva de glyphosate / Ademilson de Oliveira Alecrim. – Lavras : UFLA, 2016.
70 p. : il.

Dissertação(mestrado acadêmico)–Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador: Rubens José Guimarães.
Bibliografia.

1. Cafeeiros. 2. Anatomia. 3. Fisiologia. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

ADEMILSON DE OLIVEIRA ALECRIM

**SACAROSE NA DESINTOXICAÇÃO DE PLANTAS DE CAFEIEIRO
COM DERIVA DE GLYPHOSATE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de março o de 2016.

Profa. Dra. Milene Alves de Figueiredo Carvalho EMBRAPA

Prof. Dr. Rodrigo Luz Cunha EPAMIG

Prof. Dr. Rubens José Guimarães
Orientador

LAVRAS - MG

2016

Aos meus avós, *Maria Rosa, Aurelino, Maria Albertina e Alípio*, pelo amor e pelo suporte.

À minha família, pelo carinho e pelo apoio incondicional;

A todos os meus amigos, pelo companheirismo e incentivo.

Aos meus pais *Sebastião Nilo Rodrigues Alecrim e Rosilda de Oliveira Alecrim*, pelo exemplo de vida, amor demonstrado e por estarem sempre ao meu lado me apoiando e acreditando em mim.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente e por ser meu guia.

À Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o mestrado;

Ao Prof. Rubens, pelo acolhimento e pelo exemplo de pessoa e profissional a ser seguido, pela confiança, paciência, dedicação e pela orientação que contribuiu com meu crescimento profissional e pessoal;

Aos amigos Tiago Teruel, Giovani Belutti, Dalysse Castanheira, Thales Barcelos, Ricardo Luftala, Pedro Minecucci, Pedro José, Thales Lenzi, Vinicius Lemos, Matheus Freire, João Inácio, Aldo Nascimento, Riosney, Welberth, Eudes, Denison, Luis Felipe, Leonardo Henrique, Adriana de Souza, Giannini, Marceley, por estarem sempre ao meu lado, pelo apoio e pela contribuição para a minha formação profissional e pessoal;

Aos pesquisadores Rodrigo Luz, Elifas Nunes, Milene Alves, e à Dra. Janine Guedes, pelos ensinamentos e pelas orientações na realização deste trabalho;

A todos os professores que, de forma direta ou indireta, contribuíram para esta realização e com minha formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos companheiros do NECAF, do GHPD, Laboratório de Anatomia vegetal do cafeeiro e do Setor de Cafeicultura, Zé Maurício, Felipe e Alexandre pela ajuda e pelo companheirismo.

Obrigado.

RESUMO

A cafeicultura tem grande importância para a economia do país, sendo o Brasil o maior produtor e exportador de café do mundo. O manejo das plantas daninhas é de grande importância, pois elas competem com o cafeeiro por luz, água e nutrientes. O controle químico é o mais utilizado, destacando-se o uso do glyphosate, que possui ação pós-emergente e não seletivo ao cafeeiro. Porém, quando aplicado pode ocorrer deriva para o cafeeiro, o que pode causar grande efeito colateral à cultura. Nesse sentido, muitos produtores utilizam a aplicação de sacarose com o objetivo de reverter os danos causados pela deriva do herbicida. Objetivou-se avaliar o efeito do uso de sacarose na desintoxicação de plantas de cafeeiro sob efeito da deriva de glyphosate. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na UFPA, o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 3 x 3 com 2 tratamentos adicionais, onde utilizaram-se 3 doses de sacarose (2, 4 e 8%) com 3 tempos de aplicação (1, 24 e 168 horas após a intoxicação com 10% da dose comercial de glyphosate) com um adicional que não foi intoxicado e não tratado com sacarose e o outro adicional apenas intoxicado com glyphosate. Após 75 dias de condução, avaliaram-se variáveis de crescimento, fisiológicas e anatômicas. A intoxicação por glyphosate em plantas de cafeeiro em fase de implantação da lavoura prejudica o crescimento da parte aérea, porém sem prejuízos do sistema radicular. Para a desintoxicação de plantas que sofreram deriva de glyphosate, durante o período de implantação da lavoura, deve-se aplicar sacarose na concentração de 2%, o mais rápido quanto possível (próximo a uma hora após a intoxicação) com um volume de calda na ordem de 400 litros por hectare.

Palavras - chave: Cafeeiros. Anatomia. Fisiologia. Intoxicação.

ABSTRACT

Coffee culture has great importance for Brazilian economy, given that Brazil is the largest coffee producer and exporter in the world. The management of weeds is important since they compete with the coffee plants for sunlight, water and nutrients. Chemical control is the most used, highlighting the use of glyphosate, which presents post-emergence action and is not selective to coffee. However, when applied, a drift towards the coffee plant can occur, causing great collateral effect to the culture. In this sense, many producers apply sucrose with the objective of detoxing coffee plants under the effect of glyphosate drift. The experiment was conducted in greenhouse at the Universidade Federal de Lavras (UFLA), using a completely randomized experimental design, arranged in a 3x3 factorial scheme with 2 additional treatments, in which 3 doses of sucrose (2, 4 and 8%) were applied at 3 application times (1, 24 and 168 hours after intoxication with 10% of the commercial dose of glyphosate). Regarding the additional treatments, one was not intoxicated or treated with sucrose, and the other was only intoxicated with glyphosate. After 75 days of experimentation, we evaluated growth, physiological and anatomical variables. The intoxication by glyphosate in coffee plants during the phase of implantation of the crop, impairs the growth of the shoot, however has no negative effect over the root system. For the detoxing of plants that suffered glyphosate drift during the period of implantation of the crop, sucrose must be applied in the concentration of 2%, as soon as possible (close to an hour after intoxication), with a volume of syrup in the order of 400 liters per hectare.

Keywords: Coffee plants. Anatomy. Physiology. Intoxication.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Médias ajustadas para altura de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada. Lavras, UFLA, 2016.....45
- Figura 2 - Médias ajustadas para número de folhas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada. Lavras, UFLA, 2016.....46
- Figura 3 - Médias ajustadas para massa seca da parte aérea de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada. Lavras, UFLA, 2016.46
- Figura 4 - Médias ajustadas para área foliar de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada. Lavras, UFLA, 2016.....47
- Figura 5 - Médias ajustadas para massa seca do sistema radicular de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada. Lavras, UFLA, 2016.48
- Figura 6 - Diâmetro de caule em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose (5) aplicada e do tempo da aplicação medido em horas após a deriva. Lavras, UFLA, 2016.50
- Figura 7 - Fotossíntese em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada e do tempo da aplicação medido em horas após a deriva. Lavras, UFLA, 2016.51

Figura 8 - Condutância estomática em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada e do tempo da aplicação medido em horas após a deriva. Lavras, UFLA, 2016.	52
Figura 9 - Transpiração em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada e do tempo da aplicação medido em horas após a deriva. Lavras, UFLA, 2016.	52
Figura 10 - Espessura do floema de folhas velhas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose aplicada. Lavras, UFLA, 2016.....	54
Figura 11 - Espessura do floema em plantas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose aplicada. Lavras, UFLA, 2016.	55
Figura 12 - Espessura do xilema em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose aplicada. Lavras, UFLA, 2016.	55
Figura 13 - Funcionalidade estomática em plantas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose aplicada. Lavras, UFLA, 2016.....	57
Figura 14 - Espessura de parênquima paliçádico em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose aplicada. Lavras, UFLA, 2016	58
Figura 15 - Espessura de parênquima paliçádico em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função do tempo de aplicação da sacarose. Lavras, UFLA, 2016	58

Figura 16 - Índice estomático em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose aplicada. Lavras, UFLA, 2016.60

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Caracterização do Latossolo Latossolo vermelho escuro distroférrico utilizado para cultivo das plantas de café.32
- Tabela 2 - Resumo da análise de variância para fotossíntese, transpiração e condutância estomática de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.38
- Tabela 3 - Resumo da análise de variância para altura (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de cafeeiros sob efeito da deriva de glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.39
- Tabela 4 - Resumo da análise de variância para número de ramos plagiótropicos (NRP), massa seca das raízes (MSR), área superficial das raízes (ASR), diâmetro das raízes (DR) e volume superficial das raízes (VSR) de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.40
- Tabela 5 - Resumo da análise de variância para espessura do parênquima paliádico (PAL), diâmetro dos vasos do xilema (DVX), espessura do floema (EF), funcionalidade estomática (FUN), índice estomático (IE) e parênquima esponjoso (PES) de folhas novas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.41
- Tabela 6 - Resumo da análise de variância para espessura do mesofilo (MES), número de vasos do xilema (NVX), densidade estomática (DE), espessura da epiderme adaxial (EAD),

espessura da epiderme abaxial (EAB) de folhas novas de cafeeiros e espessura do floema de folhas velhas (EFFV) de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.....42

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para espessura do parênquima paliçádico (PAL), parênquima esponjoso (PES), mesofilo (MES), espessura da epiderme adaxial (EAD) e espessura da epiderme abaxial (EAB) de folhas velhas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.43

Tabela 8 - Resumo da análise de variância número de vasos do xilema (NVX), logaritmo de diâmetro de vasos do xilema (DVX), funcionalidade estomática (FUN), índice estomático (IE) e densidade estomática (DE) de folhas velhas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Manejo de plantas daninhas no cafeeiro	17
2.2	Uso de Glyphosate na cafeicultura	19
2.3	Deriva de Glyphosate em cafeeiros	20
2.4	Uso de sacarose em cafeeiros	24
2.5	Anatomia e fisiologia vegetal	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	Localização e parâmetros edafoclimáticos	31
3.2	Condução e tratos culturais	32
3.3	Tratamentos e delineamento experimental	33
3.4	Avaliações	33
3.4.1	Avaliações de crescimento	33
3.4.2	Análises fisiológicas	34
3.4.3	Análises anatômicas	34
3.5	Análise Estatística	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura tem grande importância para a economia do país, sendo o Brasil o maior produtor e exportador de café do mundo.

O manejo das plantas daninhas no cafeeiro representa uma prática de grande importância, pois se não manejadas de forma correta podem causar vários transtornos à cultura, destacando-se como uma das principais causas da baixa produtividade das lavouras brasileiras.

Dentre outras características, as plantas daninhas possuem elevada capacidade de competir pelos recursos disponíveis no meio, como: luz, água e nutrientes, assim o manejo ineficiente delas pode afetar negativamente o crescimento vegetativo do cafeeiro e a qualidade dos frutos (RONCHI; SILVA, 2006).

Nesse sentido, o primeiro ano após o plantio das mudas no campo é caracterizado como a fase mais crítica de controle das plantas daninhas na cultura (SILVA et al., 2008), pois plantas de cafeeiro, ainda jovens, deixam grande área de solo exposta à luz, favorecendo o crescimento das espécies daninhas. Além disso, cafeeiros jovens apresentam crescimento mais lento, quando comparado ao das plantas daninhas, favorecendo a competição, sendo, por isso, o controle de fundamental importância para o bom desenvolvimento da cultura.

Dentre os vários métodos de controle de plantas daninhas utilizados no cafeeiro, destaca-se o controle químico, no qual se faz o uso de herbicidas. Segundo Yamashita et al. (2008), esse método é um dos mais eficientes e em muitos casos mais econômico, além da praticidade de aplicação e rapidez de ação e não revolvimento do solo.

Dentre os herbicidas utilizados no controle de plantas daninhas no cafeeiro, destaca-se o glyphosate, que apresenta ação pós-emergente e não possui seletividade ao cafeeiro. Porém, a utilização deste, sem a observância dos princípios da tecnologia de aplicação de agroquímicos pode provocar “deriva”

causando injurias ao cafeeiro. Nesse contexto, alguns produtores adotam determinadas técnicas de manejo para reverter o efeito da deriva que, na maioria das vezes, não tem fundamentação científica. Esses procedimentos aumentam o custo de produção sem, contudo, dar certeza de que tais investimentos, proporcionam retornos financeiros reais.

Uma dessas técnicas é a pulverização foliar com solução diluída de açúcar (sacarose), como fonte de carbono para as plantas. A aquisição do carbono pelas plantas ocorre, fundamentalmente, pela via fotossintética, e como esse processo é facilmente afetado por condições edafoclimáticas adversas, muitos técnicos e cafeicultores acreditam que o fornecimento exógeno de carbono, via aplicação de sacarose, melão ou aminoácidos, possa suprir, eficientemente, esse elemento à planta. Para tanto, algumas pesquisas têm sido conduzidas no sentido de fornecer carbono às plantas via pulverização com diferentes produtos industrializados ou não.

Desse modo, objetivou-se, neste trabalho, verificar o efeito do uso de sacarose na desintoxicação de plantas de cafeeiro sob efeito da deriva de glyphosate.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Manejo de plantas daninhas no cafeeiro

A interferência é o efeito que a presença de uma planta exerce no crescimento e desenvolvimento de uma planta vizinha e ela pode ser expressa pela alteração na taxa de crescimento ou na arquitetura da planta, resultando em mudança no ambiente em função da presença de outras plantas (RONCHI et al., 2003).

Existem várias formas possíveis de interferência entre plantas daninhas e as culturas, mas três representam os efeitos negativos da interação: competição, amensalismo e parasitismo, sendo a competição a forma mais estudada (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 1996).

A competição entre cafeeiros e plantas daninhas é uma das principais causas da redução da produtividade de cafezais (SANTOS et al., 2001), pois elas competem pelos mesmos recursos (água, luz e nutrientes) exigidos pelo cafeeiro e, quando ambas se desenvolvem, no mesmo ambiente, há grande perda na produção de grãos (TOLEDO; MORAIS; BARROS, 1996).

A interferência imposta pelas plantas daninhas é maior quando a cultura ainda está em instalação e no início do desenvolvimento vegetativo, pois nessas fases o cafeeiro apresenta desenvolvimento lento quando comparado às plantas daninhas, sendo afetado pela intensa competição pelos recursos do meio (KOGAN, 1992).

Assim, Fialho et al. (2011), em estudos para avaliar o efeito da interferência de plantas daninhas em cafeeiros jovens, concluíram que há relação negativa entre a densidade de plantas daninhas em competição com plantas jovens de café e as variáveis de crescimento dessas plantas, evidenciando a necessidade de controle inicial das plantas daninhas na linha da cultura, principalmente pelo

rápido crescimento e alta habilidade competitiva dessas espécies daninhas com a cultura do café.

Além de todas as perdas já conhecidas, o cafeeiro quando exposto a alta competição, altera as características fisiológicas, crescimento e desenvolvimento, resultando em diferenças no uso dos recursos ambientais, especialmente o uso da água, de modo que altera diretamente a disponibilidade de CO₂ no mesófilo e temperatura foliar e, conseqüentemente, a eficiência fotossintética da planta (MATOS et al., 2013).

Nesse contexto, torna-se essencial o controle dessas plantas invasoras que tem sido realizado, por meio de métodos manuais, mecanizados, químicos e associações destes. Esses métodos são empregados sob o ponto de vista de eficiência e de custo no controle das plantas invasoras (ALCÂNTARA; MOZART, 2007), devendo, ainda, segundo Steinhardt (1995), considerar os efeitos no meio ambiente no momento da escolha do método de controle.

Em seus estudos, França et al. (2010b) chegaram à conclusão de que o manejo das plantas daninhas na linha de plantio do café torna-se dispendioso quando se usa o controle manual (capinas), pelo baixo rendimento operacional e alto custo por área. Assim, o método químico é o mais utilizado (TIBURCIO et al., 2012).

Ronchi, Silva e Pereira (2001) afirmaram que o uso de herbicidas aplicado em pós-emergência proporciona fatores benéficos à cultura, principalmente naquelas plantadas em solos de alta declividade, sujeitos à erosão. Porém, dentre os produtos registrados para a cultura do café, aplicados em pós-emergência das plantas daninhas, apenas dois herbicidas (fluazifop-p-butil e clethodim) apresentam seletividade para a cultura, podendo ser aplicados em área total (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Além desses, Alcântara e Carvalho (2000) e Ronchi e Silva (2003) em ensaios realizados com o intuito de selecionar herbicidas seletivos observaram que o oxyfluorfen, fomesafen, flazasulfuron,

chlorimuron-ethyl, sethoxydim, halosulfuron e fluazifop-p-butyl + fomesafen (mistura), também foram seletivos para plantas jovens de café, quando aplicados em pós-emergência, e em área total. Porém, destes apenas o Fluazifop-p-butyl obtém registro para a cultura.

2.2 Uso de Glyphosate na cafeicultura

Em função do pequeno número de herbicidas registrados e seletivos às plantas de café, cafeicultores empregam herbicidas não-seletivos aplicados em jato-dirigido, sobre as plantas daninhas, a fim de evitar o contato das gotas aspergidas com a cultura (FRANÇA. et al., 2010b).

Dentre os herbicidas utilizados, destaca-se o glyphosate [N-(fosfometil) glicina] em função de vários benefícios que ele oferece aos produtores, como o baixo custo por aplicação, alta sorção no solo, baixa pressão de vapor, flexibilidade de aplicação, controle de grande número de espécies de plantas daninhas, mono e dicotiledôneas (anuais e perenes) e baixa toxicidade para mamíferos e aos organismos aquáticos (GREEN, 2007).

Após o contato inicial das gotas desse herbicida com as folhas, ocorre rápida penetração dessa molécula, a qual atravessa a cutícula conjuntamente com a água de hidratação da mesma, seguida de absorção simplástica lenta (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007).

Numerosos fatores, incluindo a espécie, idade, condições ambientais, concentrações do glyphosate e surfactante podem alterar a absorção e translocação do herbicida nas plantas. Após atingir o apoplasto, o glyphosate é absorvido pelas células por um processo complexo, envolvendo mais de um mecanismo.

Hetherington et al. (1998) observaram que, quando o herbicida está em baixas concentrações no apoplasto, um mediador ativo é responsável por sua absorção, provavelmente um transportador de fosfato, e, em altas concentrações, o processo predominantemente se dá por difusão. Uma vez que o glyphosate

penetra na planta, por meio da cutícula e é absorvido na membrana plasmática dos tecidos fotossintetizantes, é necessário que ocorra a translocação simplástica, por meio de tecidos vasculares, para os sítios-alvo do herbicida (SATICHIVI et al., 2000).

O movimento do glyphosate pelo floema segue a mesma rota dos produtos da fotossíntese, ou seja, da fonte para os drenos. O fluxo ocorre das folhas fotossinteticamente ativas em direção às partes das plantas que utilizam os fotoassimilados no crescimento, manutenção e metabolismo, ou armazenamento para uso futuro, como, por exemplo, raízes, tubérculos, rizomas, folhas jovens e zonas meristemáticas (WANAMARTA; PENNER, 1989).

O glyphosate é considerado como o único herbicida que inibe a atividade da enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), na rota do chiquimato. Essa enzima catalisa a condensação do chiquimato-3-fosfato (S3P) e do fosfoenolpiruvato (PEP), impedindo a formação do corismato, e, subsequentemente, dos aminoácidos aromáticos triptofano, fenilalanina e tirosina (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007).

Esses aminoácidos são indispensáveis à síntese de proteínas e divisão celular, além de participar na formação de metabólitos secundários, tais como: alcalóides, tetrahydrofolato (THF), ubiquinona, vitamina K, antocianinas, ligninas, promotores e inibidores de crescimento e fitoalexinas (DUKE; CERDEIRA; MATALLO, 2006).

Estima-se que 35% da matéria seca das plantas são representados por derivados da via do chiquimato (FRANZ; MAO; SIKORSKI, 1997).

2.3 Deriva de Glyphosate em cafeeiros

O uso dos agrotóxicos tem contribuído com a prática agrícola, permitindo o cultivo em larga escala. Porém, seu uso deve ser feito de forma racional, dentro do contexto mais amplo da proteção integrada de plantas, evitando, assim, a

contaminação do solo e da água, os danos à saúde animal e humana e o aparecimento de doenças, pragas e plantas daninhas mais resistentes. Na maioria das vezes, dá-se importância à técnica de aplicação, sendo que não basta apenas conhecer o produto a ser aplicado, mas é de fundamental importância conhecer a forma de aplicação dele, pois é preciso garantir que o produto alcance o alvo de forma eficiente, diminuindo as perdas (CUNHA, 2008).

Nesse sentido, a tecnologia de aplicação de agrotóxicos tem por objetivo fazer a aplicação da quantidade correta de ingrediente ativo no alvo, da maneira mais econômica possível e com a máxima eficiência e afetando o mínimo possível o ambiente (MATTHEWS, 2002). Porém, muitas vezes, parte do produto aplicado se perde para o ambiente, principalmente por deriva.

A deriva ocasiona prejuízo resultante da perda de agrotóxico e pode causar danos nas culturas adjacentes (GIL; SINFORT, 2005), e segundo Tsai et al. (2005) a deriva de agrotóxicos continua sendo um dos maiores problemas da agricultura moderna.

A deriva pode ser definida como parte da pulverização agrícola desviada para fora da área alvo pela ação do vento (MILLER, 1993), constituindo-se uma das principais causas de perdas de herbicidas. Wolf et al. (1992) demonstraram que o movimento de herbicidas para as plantas não alvo, durante uma aplicação, pode variar de 1 a 10% do equivalente aplicado. Em diferentes culturas perenes têm-se observado efeitos prejudiciais da deriva de glyphosate nas plantas, a exemplo do cafeeiro (FRANÇA et al., 2010b), eucalipto (TUFFI SANTOS et al., 2007, 2009) e citros (GRAVENA et al., 2009).

O efeito fitotóxico de herbicidas pode variar desde uma simples clorose nas folhas, seguido por deformações e até a morte da planta. Essa variação depende de diversos fatores, tais como a idade da planta, da molécula do herbicida, da sua dose e das condições edafoclimáticas a qual a planta está sujeita (YAMASHITA et al., 2009). Como o glyphosate é o herbicida de maior uso no

controle de plantas daninhas na cafeicultura, frequentemente ocorrem problemas com intoxicação de plantas, em razão da deriva desse herbicida, principalmente quando utilizado em aplicação dirigida, próxima ao caule do cafeeiro jovem (RONCHI et al., 1999). Ronchi, Silva e Ferreira (1999) em estudos para avaliar os efeitos da deriva simulada em cafeeiros no campo, com um ano de idade, verificaram que as plantas foram muito sensíveis à deriva de glyphosate, visto que apenas as folhas localizadas na região inferior da copa foram atingidas e o nível de injúrias atingiu 90% das copas.

Dentre os sintomas da deriva em plantas, Tuffi Santos et al. (2009) listaram os mais comuns como, a clorose e lesões nas folhas, redução no crescimento das plantas e redução da produtividade, sendo que esses podem ser usados para qualificar e quantificar o efeito das substâncias tóxicas sobre as culturas.

Nesse mesmo contexto, França et al. (2010a) avaliando os efeitos do glyphosate sobre o crescimento de três cultivares de café arábica (Catucaí Amarelo, Oeiras e Topázio) observaram que: a deriva de glyphosate promoveu sintomas de intoxicação nas plantas de café, caracterizados por clorose e estreitamento do limbo foliar; e que a cultivar Topázio foi mais sensível ao glyphosate quanto ao acúmulo de área foliar, de massa seca e densidade radicular; concluíram também que deve-se adotar medidas que evitem o contato desse herbicida com as plantas. Já, em outro estudo, visando a avaliar os efeitos do glyphosate sobre os teores foliares de nutrientes em três cultivares de café arábica França et al. (2010b) observaram que a deriva de glyphosate promoveu reduções nas concentrações foliares de N, P, K, Cu e Zn aos 45 dias após a aplicação e de N, K, Mn e Zn aos 120 dias após a aplicação em plantas de café tratadas com glyphosate, independentemente do cultivar. Nesse mesmo trabalho, a cultivar Topázio apresentou as maiores reduções nos teores foliares de Fe e Mn,

aos 45 dias após a aplicação, e de P e Fe, aos 120 dias após a aplicação, quando em contato com glyphosate.

Nessa mesma linha de pesquisa, França et al. (2013), avaliando os efeitos da deriva simulada em dois cultivares (Catucaí e Acaiaí) de café de crescimento distinto, observaram que a cultivar Acaiaí é menos tolerante ao glyphosate, quando comparado a Catucaí, pois apresentou menor crescimento que a Catucaí quando submetidos ao tratamento com o herbicida, ou seja, pode ocorrer tolerância diferencial entre cultivares de crescimento distinto.

Outro efeito negativo da deriva de glyphosate é a alteração na produção dos compostos fenólicos promovida pela deriva do glyphosate para culturas não-alvo, que provocam oscilações na produção de hormônios e de metabólitos secundários, alterando os mecanismos de defesa da planta e provocando modificações anatômicas (DAVIS; HAHLBROCK, 1987).

A principal causa de morte das plantas submetidas a doses indicadas para o controle das plantas daninhas pela aplicação do glyphosate é a redução da taxa metabólica da planta pela interrupção da rota do chiquimato (VELINE et al., 2009). Porém, plantas expostas à deriva podem apresentar variações da taxa fotossintética que não levariam à morte das mesmas, mas acredita-se que possa alterar o crescimento e produção (BARELA; CHRISTOFFOLETI, 2006). Entretanto, apesar dos danos causados pela deriva de glyphosate, alguns trabalhos indicam que as plantas que recebem o herbicida em doses subletais, possuem certa capacidade de recuperação ao longo do tempo. Por exemplo, Tuffi Santos et al. (2008) escolheram no campo plantas de eucalipto com sintomas de intoxicação de glyphosate, variando de 0 a 50% da dose, e verificaram que, após 180 dias da aplicação, houve recuperação dessas. Para o cafeeiro, o tempo de recuperação é bem próximo ao do eucalipto, como observado por França et al. (2010a) que observaram recuperação das plantas de café aos 120 dias após a aplicação do

glyphosate, com queda do nível de intoxicação das plantas que receberam o herbicida.

2.4 Uso de sacarose em cafeeiros

A composição do cafeeiro é formada por carbono (C), oxigênio (O) e hidrogênio (H), que representam 95% da fitomassa seca acumulada e que são obtidos pelo processo fotossintético e pela absorção de água. Praticamente, todo o carbono é obtido por meio do processo fotossintético, logo qualquer fator que afete as taxas fotossintéticas, consequentemente, afetará a produtividade.

Assim, a prática de fornecimento exógeno de açúcar diluído e melaço, como fonte de carbono para o cafeeiro se tornou uma prática de grande uso pelos produtores, não apenas cafeicultores. Muitas vezes, essa prática é utilizada sem embasamento científico ou sem garantia de retorno em vigor ou mesmo produtividade, onde apenas o custo de produção será acrescido, causando prejuízos ao produtor.

A utilização de sacarose parte da premissa de que a única forma de aquisição do carbono pelas plantas é a via fotossintética e, como esse processo é facilmente afetado por condições edafoclimáticas adversas, muitos técnicos, produtores e cafeicultores acreditam que o fornecimento exógeno de carbono, via aplicação de sacarose ou de melaço possa suprir eficientemente esse elemento na planta (MANGINI et al., 1998; SANTINATO; FERNANDES; PEREIRA, 1998; SILVA; ALVES; ALVARENGA, 2003).

O estudo pioneiro com o uso de sacarose em cafeeiros, no Brasil, foi realizado por Segura-Monge (1989) com o objetivo de verificar o efeito desse açúcar na manutenção das condições hídricas das plantas, no qual verificou-se que as plantas pulverizadas com sacarose em concentrações de até 15% reduziram o teor de açúcares solúveis totais. Ainda, no mesmo estudo, os resultados mostraram que as mudas, que sofreram um déficit hídrico, tiveram uma melhoria

do status hídrico, em virtude do efeito físico da camada de sacarose sobre a superfície foliar, reduzindo a perda de água pela transpiração. Entretanto, as pulverizações, em doses superiores a 10%, promoveram a desidratação do tecido foliar.

A partir deste estudo, outras pesquisas foram conduzidas no sentido de fornecer carbono às plantas via pulverização com diferentes produtos industrializados ou não. A análise dos dados de Mangini et al. (1998), que estudaram a aplicação de sacarose e melão no cafeeiro, mostrou não haver diferenças significativas na produtividade em função da aplicação de sacarose ou melão com adição de sulfato de zinco e ácido bórico.

Em outro experimento, Lima et al. (1998), concluíram que a pulverização do açúcar juntamente com sais em nada contribuiu para o aumento da produtividade do cafeeiro, quando comparado com a testemunha. Resultados semelhantes aos que Santinato, Fernandes e Pereira (1998) obtiveram ao verificar que a aplicação de açúcar na planta com fins de aumentar a produtividade do cafeeiro foi inviável.

Também, Garcia, Japiassú e Frota (1999), trabalhando com mudas de cafeeiros, observaram que as aplicações de diversos produtos comerciais, bem como de açúcar, pouco influenciaram o desenvolvimento vegetativo das mudas até mesmo quando se comparou, utilizando um substrato de baixa fertilidade.

Já, Silva (2000), em estudo que visava a avaliar o efeito da pulverização de açúcar via folha nos teores endógenos de carboidratos e na atividade das enzimas invertases e sacarose sintase em mudas de cafeeiros com baixo e alto (normal) nível de reservas de carbono, obtiveram resultados nos quais a aplicação de sacarose a 1% aumentou a concentração de açúcares solúveis totais (AST) em plantas depauperadas, como também aumentou as atividades das enzimas invertase ácida da parede, invertase ácida do vacúolo, invertase neutra do citosol e sacarose sintase. Porém, em plantas com níveis normais de carboidratos, não foi

observada nenhuma alteração nos teores dos AST, como também nas atividades de tais enzimas. Já, a fotossíntese foi estimulada a 0,5% e 1% em plantas depauperadas, o que não aconteceu com plantas normais. Assim, com base nesses resultados, concluíram que a pulverização de sacarose em mudas de cafeeiros só é eficiente tratando-se de plantas depauperadas na concentração de 1%.

Resultados verificados por Rena e Fávoro (2000) comprovaram a afirmação de que pulverizações até 1% de sacarose não devem funcionar como antitranspirante, possivelmente, por não formar uma camada superficial sobre as folhas e proporcionar aumentos de produtividade nas lavouras depauperadas.

Livramento (2003) também trabalhou com a aplicação de melação e verificou que a pulverização de solução em pó comercial, em diversas combinações, alterando a produtividade e os teores de nutrientes foliares de cafeeiros e obteve o resultado em que concentrações de pulverização (5 e 10%) contribuíram para menores teores de P, porém, ainda dentro da faixa nutricional adequada. Em todas as combinações e concentrações, o teor de S foi aumentado. Para pulverizações em maiores concentrações (5 e 10%) com menor frequência, ou um maior número de aplicações a 2% aumentaram os teores de K (LIVRAMENTO, 2006).

Souza e Figueiredo (2011) testaram cinco tipos de açúcares na aplicação via foliar em mudas em formação de cafeeiro. Os açúcares foram aplicados em solução de sacarose, solução de maltose, solução de glicose, solução de frutose e solução de manitol, todas a 1%. Nesse experimento, os pesquisadores avaliaram a biomassa seca da raiz, caule, folha e total, além de variáveis como altura e área foliar. Ao concluir o trabalho, notaram que a maltose foi o açúcar que proporcionou maiores valores nas variáveis de crescimento ou iguais aos demais tratamentos para as variáveis biométricas e de massa seca analisadas.

Martim (2003), em estudo com o objetivo de verificar a eficácia da pulverização do cafeeiro com açúcar nos processos de tolerância à deficiência

hídrica em mudas, e desintoxicação causada pelo glyphosate em plantas adultas, concluiu que a pulverização de açúcar em mudas no viveiro, antes de serem transferidas para a casa de vegetação, ou na casa de vegetação após a transferência seguida de déficit hídrico, proporcionou uma melhor manutenção do potencial hídrico das plantas, associado a menores valores de condutância estomática, transpiração e fotossíntese, tornando-as mais tolerantes a ocorrência de um período sem água. Adicionalmente, a autora concluiu que a pulverização de cafeeiros com açúcar a 2%, uma semana após, deriva de glyphosate, foi eficiente no processo de reversão da intoxicação por esse herbicida.

Assim, nota-se pela literatura disponível a respeito da aplicação de sacarose em plantas, que alguns trabalhos apontaram para melhoria na tolerância ao déficit hídrico (MARTIN, 2003; SEGURA-MONGE, 1989). Já, nos trabalhos desenvolvidos avaliando a aplicação de sacarose para aumentos de produtividade não se obtiveram sucesso (LIMA et al., 1998; MANGINI et al., 1998; SANTINATO; FERNANDES; PEREIRA, 1998) a não ser quando foram utilizadas plantas depauperadas (RENA; FÁVARO, 2000). Também no caso de plantas depauperadas, Garcia, Japiassú e Frota (1999) encontraram alguma alteração no desenvolvimento vegetativo de mudas produzidas em substrato de baixa fertilidade. Já, nos trabalhos de Livramento et al. (2003) e Souza e Figueiredo (2011), foram constatados efeitos nutricionais positivos e maiores valores nas variáveis de crescimento com a aplicação de sacarose.

2.5 Anatomia e fisiologia vegetal

Em função de longa pausa nos estudos envolvendo anatomia foliar de cafeeiros, a partir de 1959, existem poucas informações, envolvendo características anatômicas e fisiológicas do cafeeiro com os efeitos provocados pela deriva do glyphosate.

No entanto Veline et al. (2009) e Tuffi Santos et al. (2005) em estudos realizados para avaliar o efeito do glyphosate em algumas culturas agrícolas, observaram que esse herbicida atua, promovendo modificações bioquímicas e anatômicas.

Já, Baur (1979) observou que houve redução da espessura total em cafeeiros da cultivar Catuaí e que esta redução pode ser associada ao decréscimo da concentração do ácido indol acético (AIA) responsável por alongamento celular, também promovida pela ação do glyphosate. Tuffi Santos et al. (2008) não observaram variação na espessura epidérmica e doses de glyphosate em clones de eucalipto. No entanto, foi observado diferença na espessura da epiderme abaxial e adaxial no presente trabalho.

Ainda, Tuffi Santos et al. (2009) observaram em três clones diferentes de eucalipto que houve aumento da espessura do parênquima paliçádico, aos 7 dias após a aplicação, quando aplicado a partir da dose de 345,6 g ha⁻¹ de glyphosate.

Segundo Terashima et al. (2006), a espessura do parênquima paliçádico (PP) é uma importante característica ligada a proteção contra alta intensidade luminosa, logo diante da diminuição da espessura pode ocorrer estresse fotossintético, ocasionado por estresse luminoso.

Ainda, nesse sentido, Bolhar-Nordenkamp e Draxler (1993), notaram que folhas com parênquima paliçádico mais espesso apresentam coeficiente de extinção da luz mais alto, portanto, espera-se que tais folhas tenha maior taxa fotossintética.

Reis (2013) observou que com o aumento da dose de glyphosate, ocorreu a diminuição da espessura foliar total da cultivar Catuaí, a qual foi creditada à diminuição do parênquima paliçádico. A mesma autora ainda observou que cultivares de cafeeiros, quando submetidos a subdoses de glyphosate, apresentaram modificações foliares morfoanatômicas, ocorrendo aumento da espessura do parênquima.

Subdoses de glyphosate provocaram danos na etapa fotoquímica, pois, ocorreu diminuição das concentrações das clorofilas e do rendimento quântico máximo, promovendo, assim, maior estresse nas cultivares de cafeeiro estudadas e redução da fotossíntese. Subdoses de glyphosate também afetaram a etapa fotoquímica a etapa bioquímica, em razão da diminuição do número de estômatos, limitando a absorção de CO₂ (REIS, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e parâmetros edafoclimáticos

O experimento foi conduzido no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, sul de Minas Gerais. A área experimental está a 910 metros de altitude, e o município está em latitude 21° 14' 06'' sul e longitude 45° 00' 00'' oeste. O clima é classificado como Cwa, temperado com inverno seco e verão chuvoso. A precipitação anual média é de 1460 mm, com a maior precipitação mensal normal de 321 mm em janeiro e menor em julho atingindo 7 mm. A temperatura média anual é de 20,4°C, variando de 17,1 °C em julho a 22,8 °C em fevereiro. A evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real (ETR) variam de 899 a 956 mm e de 869 a 873 mm, respectivamente (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). Utilizou-se a cultivar de *Coffea arabica* L. cv. Catuaí IAC 99, de porte médio. As mudas foram produzidas por sementeira direta em sacolas de polietileno em substrato padrão (GUIMARÃES et al., 1999). No estágio de seis pares de folhas completamente expandidas, as plantas foram transplantadas em vasos contendo 11 litros de solo peneirado. A correção do solo foi feita 60 dias antes do plantio, a fim de elevar a saturação de bases a 60% (GUIMARÃES et al., 1999). O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo vermelho escuro distroférico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), e suas características físicas e químicas podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização do Latossolo Latossolo vermelho escuro distroférico utilizado para cultivo das plantas de café.

	Unidade	Valores
pH-H ₂ O		5,20
Fósforo	mg dm ⁻³	1,42
Potássio	mg dm ⁻³	14,00
Cálcio	cmol _c dm ⁻³	0,20
Magnésio	cmol _c dm ⁻³	0,10
Alumínio	cmol _c dm ⁻³	1,00
H+Al	cmol _c dm ⁻³	12,28
SB	cmol _c dm ⁻³	0,34
(t)	cmol _c dm ⁻³	1,34
(T)	cmol _c dm ⁻³	12,62
V	%	2,66
M	%	74,63
MO	dag kg ⁻¹	4,29
P-rem	mg L ⁻¹	3,07
Zinco	mg dm ⁻³	1,48
Ferro	mg dm ⁻³	14,12
Manganês	mg dm ⁻³	6,39
Cobre	mg dm ⁻³	0,43
Boro	mg dm ⁻³	0,10
Análise textural		
Areia	%	27
Silte	%	3
Argila	%	70

3.2 Condução e tratamentos culturais

No plantio do cafeeiro, aplicou-se 9,09 g.L⁻¹ de superfosfato simples, para o fornecimento de P₂O₅. Após o transplante das mudas, os vasos foram colocados em casa de vegetação por 50 dias, até a aplicação dos tratamentos. Posteriormente, foi feita a aplicação dos fertilizantes cloreto de potássio (4,70 g.L⁻¹) e sulfato de amônio (2,5 g.L⁻¹) aos vasos, sendo parcelados aos 30, 60 e 90 dias, após o transplante (GUIMARÃES et al., 1999). O controle do mato nos vasos do

experimento foi feito de forma manual e o solo mantido na capacidade de campo por meio de irrigações controladas.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido, em 2015, e foi composto por 11 tratamentos arranjados em esquema fatorial $3 \times 3 + 2$, em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos das combinações entre os níveis do fator sacarose (2, 4 e 8 %, equivalentes a 20, 40 e 80 g L⁻¹) e os do fator tempo de aplicação de sacarose (1, 24 e 168 horas após a simulação da deriva de glyphosate) e mais dois tratamentos adicionais, sendo que em um deles foi realizada a aplicação de água (padrão) e no outro tratamento adicional foi simulada uma deriva de glyphosate (apenas intoxicadas). Cada parcela foi constituída por uma planta.

Aos 56 dias após o transplantio das mudas fez-se a simulação da deriva de glyphosate utilizando-se de um pulverizador costal pressurizado a CO₂, calibrado na pressão constante de 250 kPa, munido com uma barra e uma ponta de pulverização tipo leque (TT 11002), o que propiciou a aplicação de 200 L ha⁻¹ de calda. Para simular a deriva, utilizaram-se 10 % (144 ml) da dose recomendada de glyphosate que é de 1440 ml ha⁻¹. Para a aplicação de sacarose, fez-se o uso do mesmo pulverizador utilizado na aplicação do glyphosate, porém ajustado para aplicar um volume de calda na ordem de 400 L ha⁻¹.

3.4 Avaliações

Todas as avaliações foram realizadas 75 dias após a aplicação dos tratamentos, quando as plantas apresentavam em média 25 pares de folhas.

3.4.1 Avaliações de crescimento

As avaliações foram realizadas 75 dias após a aplicação dos tratamentos, onde fez-se a aferição de: diâmetro (mm) de caule (DC), realizada por meio de paquímetro digital, abaixo da inserção da folha cotiledonar; altura de planta (AP),

realizada com régua graduada, considerando o colo até o meristema apical; área (cm²) foliar (AF) quantificada, por meio de discos foliares, realizando o somatório de área foliar de todas as folhas das plantas, por meio de regra de três (CUNHA et al., 2010); número de folhas (NF) determinado por contagem de folhas verdadeiras, aquelas que apresentaram mais que 2,5 cm de comprimento (GOMIDE et al., 1977) e número de ramos plagiotrópicos (NRP).

Ao final do experimento, as plantas foram seccionadas na região do colo, separando em parte aérea e raiz. Essas partes foram lavadas em água corrente e em água destilada. Em seguida, as plantas foram colocadas em sacos de papel para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65° C até peso constante. Após a secagem, cada amostra foi pesada em balança de precisão, determinando o peso seco da parte aérea (MSPA), peso seco do sistema radicular (MSR), volume do sistema radicular e área superficial pelo software safira.

3.4.2 Análises fisiológicas

Para as análises fisiológicas, foi utilizado um sistema portátil de análise de gases a infravermelho (IRGA LICOR – 6400XT), com a finalidade de avaliar a taxa fotossintética líquida ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a condutância estomática ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a taxa transpiratória ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

As avaliações foram realizadas entre 9 e 11 horas da manhã, sob luz artificial ($600 \text{ Mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), utilizando sempre folhas completamente expandidas de ramos plagiotrópicos do terço médio das plantas, localizadas no terceiro nó, a partir do ápice do ramo.

3.4.3 Análises anatômicas

Para os estudos anatômicos, foi feita a coletada de duas folhas de cada planta, sendo uma folha nova e uma folha velha, do terceiro nó de ramos plagiotrópicos, do terço médio das plantas. As duas folhas coletadas de cada planta foram colocadas em um mesmo recipiente. No laboratório, foram montadas

três laminas para cada folha, onde foram obtidas três seções de cada lâmina para realizar medições, totalizando em 6 medições por parcela.

As folhas, assim que coletadas, foram fixadas em Álcool 70% por 72 horas e, posteriormente, conservadas em etanol 70% (v v-1). As análises foram realizadas no laboratório de Anatomia e Fisiologia do Cafeeiro, na Agência de Inovação do café (InovaCafé) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

As seções transversais foram obtidas em micrótomo de mesa tipo LPC e as seções paradérmicas à mão livre com uso de lâmina de aço, sendo submetidas à clarificação com hipoclorito de sódio (1,25% de cloro ativo), tríplice lavagem em água destilada, coloração com solução safrablau (azul de Astra 0,1% e safranina 1% na proporção de 7:3) para as seções transversais e safanina 1% para as seções paradérmicas, sendo posteriormente montadas em lâminas semipermanentes com glicerol 50% (v v-1) (KRAUS; ARDUIN, 1997).

As lâminas foram observadas e fotografadas em microscópio óptico modelo Olympus BX 60 acoplado à câmera digital Canon A630. As imagens foram analisadas em software para análise de imagens UTHSCSA-Imagetool. Para a caracterização dos estômatos, avaliou-se: número de estômatos (NE); número de células epidérmicas (NCE); diâmetro polar dos estômatos (DPE); diâmetro equatorial dos estômatos (DEE), sendo calculados: densidade estomática- DE- (número de estômatos mm⁻²), funcionalidade estomática- FUN- (considerada como a relação diâmetro polar/diâmetro equatorial dos estômatos), segundo Castro, Pereira e Paiva (2009) e o Índice estomático-IE-(DE/(DE+NCE)*100).

Para a determinação da espessura dos tecidos foliares avaliou-se: epiderme da face abaxial (EAB); espessura da epiderme da face adaxial (EAD); espessura do mesofilo (MES); espessura do parênquima paliádico (PAL); e espessura do parênquima esponjoso (PES). Na avaliação dos feixes vasculares,

foram medidas: espessura do floema (EF); diâmetro dos vasos do xilema (DVX); e número de vasos do xilema (NVX).

3.5 Análise Estatística

Para as análises estatísticas, foram ajustados modelos lineares aos dados. Após o ajuste, procedeu-se a análise de variância, na qual os efeitos dos fatores sacarose, tempo de aplicação e a interação foram testados pelo teste F. As comparações entre os tratamentos adicionais com os tratamentos da parte fatorial foram feitas por meio de contrastes ortogonais, os quais também foram testados pelo teste F. Para o ajuste dos modelos e dos contrastes, foi utilizada a função *aov* () da biblioteca *stats*. A análise de variância foi realizada por meio da função *aov* (), também presente na biblioteca *stats*. Nas variáveis respostas em que algum dos fatores apresentou efeito significativo (p -valor $> 0,05$), o estudo das médias foi feito, por meio da comparação dos intervalos de confiança, ao nível de 95 %, para as médias ajustadas, por meio da função *lsmeans* () da biblioteca *lsmeans* (LENTH; WEISBERG, 2016).

Todos os procedimentos para a realização das análises foram feitos, por meio do software R versão 3.2.3 (R CORE TEAM, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas que foram intoxicadas com glyphosate não apresentaram sintomas visíveis e pronunciados de intoxicação 75 dias após a aplicação do glyphosate. Houve efeito da interação (Tempo x Sacarose) para as variáveis diâmetro de caule, taxa fotossintética, condutância estomática e taxa transpiratória (TABELAS 2 e 3), sendo esta desdobrada, estudando-se as doses para cada tempo de aplicação.

Para a altura de plantas, número de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, espessura do parênquima paliçádico, diâmetro dos vasos do xilema, espessura do floema, funcionalidade estomática, índice estomático de folhas novas e espessura do floema de folhas velhas houve efeito apenas do fator sacarose (TABELAS 3, 4, 5 e 6).

Para as demais avaliações, não houve efeito dos fatores tempo e sacarose (TABELAS 4, 5, 6, 7 e 8).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para fotossíntese, transpiração e condutância estomática de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.

FV	GL	Fotossíntese		Transpiração		Condutância estomática	
		QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor
Bloco	3	1,98	0,3376	0,04	0,5782	0,0005	0,2563
Sacarose	4	1,13	0,6187	0,17*	0,0372	0,0005	0,2507
Sacarose: sacarose	2	0,50	0,7455	0,08	0,2566	0,0002	0,5736
Sacarose: fat.vs.adic	1	3,32	0,1717	0,50*	0,0075	0,0016*	0,0410
Sacarose: int.vs.pad	1	0,20	0,7306	0,03	0,4291	4,815e-35	1,0000
Tempo	2	3,73	0,1281	0,05	0,4018	0,0005	0,2749
Sacarose:Tempo	4	6,42*	0,01306	0,22*	0,0143	0,0016*	0,0054
Resíduo	30	1,69		0,06		0,0003	
CV (%)			25,23		26,45		38,10
Média			5,16		0,93		0,05

*significativo, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para altura (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de cafeeiros sob efeito da deriva de glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.

FV	GL	ALT		NF		DC		AF		MSPA	
		QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor
Bloco	3	10,59	0,2461	125,30	0,1373	1,07	0,1034	13838	0,4520	4,25	0,6587
Sacarose	4	21,08	0,03843	281,80*	0,0059	1,60*	0,0219	74465*	0,0038	55,00*	0,0004
Sacarose: sacarose	2	8,13	0,34	163,00	0,0922	0,89	0,1717	25666	0,2050	10,29	0,2862
Sacarose:fat.vs.adi	1	11,88	0,2109	21,01	0,5682	1,05	0,1479	23245	0,2281	33,72*	0,0474
^c Sacarose: int.vs.pad	1	56,18*	0,0092	780,10*	0,0014	3,57*	0,0103	223282*	0,0006	165,70*	7,536e-05
Tempo	2	9,067	0,3017	50,33	0,4597	1,03	0,1324	9843	0,5338	13,14	0,2061
Sacarose:Tempo	4	6,189	0,504	166,80	0,0529	1,46*	0,0315	21283	0,2624	13,19	0,1823
Resíduo	30	7,268		63,10		0,47		15354		7,88	
CV (%)		5,88		17,59		9,37		23,38		14,88	
Média		45,85		45,16		7,37		530		18,87	

*significativo, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para número de ramos plagiótropicos (NRP), massa seca das raízes (MSR), área superficial das raízes (ASR), diâmetro das raízes (DR) e volume superficial das raízes (VSR) de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.

FV	GL	NRP		MSR		ASR		DR		VSR	
		QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor
Bloco	3	0,27	0,9012	3,76	0,1546	3851	0,9919	28,13	0,0362	670,2	0,9131
Sacarose	4	2,08	0,2369	6,59	0,0239	29741	0,9064	10,03	0,3515	1120	0,8816
Sacarose: sacarose	2	1,86	0,2853	1,27	0,5376	5496	0,9546	0,92	0,8999	1694	0,6482
Sacarose:fat.vs.adic	1	0,12	0,7678	17,88*	0,0056	26893	0,6368	29,15	0,0772	5,74	0,9694
Sacarose: int.vs.pad	1	4,50	0,0854	5,95	0,0953	81077	0,4141	9,13	0,3139	1087	0,5991
Tempo	2	1,69	0,3179	2,35	0,3227	309480	0,0895	1,75	0,8186	3522	0,4115
Sacarose:Tempo	4	3,48	0,0675	2,23	0,3689	29941	0,9053	19,78	0,0848	4318	0,3649
Resíduo	30	1,42		2,00		118195		8,70		3850	
CV (%)		16,71		17,59		35,36		43,24		48,57	
Média		7,13		45,16		972,30		6,82		127,70	

*significativo, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para espessura do parênquima paliçádico (PAL), diâmetro dos vasos do xilema (DVX), espessura do floema (EF), funcionalidade estomática (FUN), índice estomático (IE) e parênquima esponjoso (PES) de folhas novas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.

FV	GL	PAL		DVX		EF		FUN		IE		PES	
		QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor
Bloco	3	6,94	0,1872	1,16	0,1062	1,47	0,9020	0,006	0,5830	3,668	0,07676	168,40	16,85
Sacarose	4	15,34	0,01351	1,87*	0,0167	31,63*	0,0093	0,031*	0,02136	8,271*	0,001579	253,80	32,91
Sacarose: sacarose	2	28,46*	0,0032	2,41*	0,0177	58,40*	0,0022	0,0017	0,8258	7,002*	0,01539	283,90	65,46
Sacarose:fat.vs.a dic	1	0,80	0,6593	0,02	0,8206	3,16	0,5278	0,12*	0,001061	16,84*	0,001916	364,50	0,4362
Sacarose: int.vs.pad	1	3,63	0,3528	2,62	0,0325	6,54	0,3657	2,136e-06	0,988	2,244	0,2239	83,01	0,2788
Tempo	2	20,54*	0,0130	0,01	0,9804	4,75	0,5486	0,0072	0,4668	3,368	0,1162	21,83	13,29
Sacarose:Tempo	4	5,09	0,3116	1,00	0,1330	3,32	0,7862	0,01	0,3649	0,3095	0,9293	57,40	14,26
Resíduo	30	4,07		0,52		7,75		0,009		1,455		183,70	14,39
CV (%)			5,99		5,14		7,37		7,33		8,19		8,51
Média			33,69		14,06		37,77		1,31		14,72		159,10

*significativo, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para espessura do mesofilo (MES), número de vasos do xilema (NVX), densidade estomática (DE), espessura da epiderme adaxial (EAD), espessura da epiderme abaxial (EAB) de folhas novas de cafeeiros e espessura do floema de folhas velhas (EFFV) de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.

FV	GL	MES		NVX		DE		EAD		EAB		EFFV	
		QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor
Bloco	3	0,0014	0,3621	119,60	0,2663	1767	0,5203	7,02	0,0107	0,15	0,9301	16,85	0,3370
Sacarose	4	0,0016	0,3233	20,97	0,9117	1733	0,5631	2,41	0,2203	0,95	0,4661	32,91	0,0831
Sacarose: sacarose	2	0,0019	0,2436	25,78	0,7441	451,1	0,8227	2,44	0,2295	0,75	0,4918	65,46*	0,0188
Sacarose:fat.vs.a dic	1	0,0018	0,2429	4,199	0,8270	6021	0,1159	4,71	0,0945	0,89	0,3596	0,43	0,8629
Sacarose: int.vs.pad	1	0,0006	0,4859	28,12	0,5724	8,42	0,9521	0,03	0,8818	1,40	0,2537	0,27	0,8902
Tempo	2	3,339e-05	0,9749	38,48	0,6446	1327	0,5673	1,15	0,4895	1,18	0,3337	13,29	0,4079
Sacarose:Tempo	4	0,0004	0,8658	203,30	0,0763	2316	0,4187	2,68	0,1766	0,53	0,7212	14,26	0,4274
Resíduo	30	0,0013		86,35		2297		1,58		1,03		14,39	
CV (%)			1,58		14,72		16,21		5,36		6,52		8,75
Média			5,25		63,14		295,70		23,43		15,61		43,31

*significativo, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para espessura do parênquima paliçádico (PAL), parênquima esponjoso (PES), mesofilo (MES), espessura da epiderme adaxial (EAD) e espessura da epiderme abaxial (EAB) de folhas velhas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.

FV	GL	PAL		PES		MES		EAD		EAB	
		QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor
Bloco	3	5,338	0,8541	390,7	0,06343	382,6	0,1765	1,27	0,8543	1,458	0,5432
Sacarose	4	16,49	0,5344	291,9	0,1175	291,7	0,2779	2,595	0,7153	2,549	0,3024
Sacarose: sacarose	2	19,11	0,4064	160,5	0,3431	54,43	0,7803	4,954	0,3763	3,973	0,1551
Sacarose:fat.vs.adic	1	18,2	0,3546	302,2	0,1589	396,4	0,1872	0,2655	0,8176	2,1	0,3139
Sacarose: int.vs.pad	1	9,519	0,5018	544,5	0,06194	661,6	0,09146	0,2069	0,8386	0,1494	0,7866
Tempo	2	21,66	0,3618	185,9	0,2917	268,6	0,3054	2,723	0,5797	1,938	0,3913
Sacarose:Tempo	4	10,53	0,7279	132,3	0,4686	139	0,6388	1,201	0,9105	0,8259	0,7981
Resíduo	30	20,59		144,8		217,6		4,905		2,002	
CV (%)		11,50		6,91		6,96		8,87		8,10	
Média		39,45		174		211,70		24,95		17,46	

*significativo, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância número de vasos do xilema (NVX), logaritmo de diâmetro de vasos do xilema (DVX), funcionalidade estomática (FUN), índice estomático (IE) e densidade estomática (DE) de folhas velhas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose e do tempo de aplicação de sacarose.

FV	GL	NVX		DVX		FUN		IE		DE	
		QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor	QM	p-valor
Bloco	3	506,20	0,4718	0,0015	0,1850	0,0039	0,6039	1,14	0,839	66,75	0,9669
Sacarose	4	162,30	0,8910	0,0012	0,2621	0,0072	0,3584	2,34	0,6833	790,40	0,4112
Sacarose: sacarose	2	2,37	0,9960	0,0002	0,7640	0,0033	0,5954	1,57	0,684	225,10	0,7493
Sacarose:fat.vs.adic	1	624,60	0,3108	0,0016	0,1922	0,0209	0,0794	6,20	0,2277	2636	0,0745
Sacarose: int.vs.pad	1	20,06	0,8547	0,0030	0,0826	0,0012	0,6637	0,04	0,9152	75,82	0,7562
Tempo	2	696,00	0,3198	0,0011	0,3137	0,0037	0,5581	0,19	0,9525	147,90	0,8267
Sacarose:Tempo	4	642,7	0,3776	0,0005	0,6627	0,0102	0,1970	2,00	0,7429	184,40	0,9142
Resíduo	30	587,7		0,0009		0,0063		4,09		772,40	
CV (%)		22,51		1,31		5,39		13,22		14,80	
Média		107,70		5,35		1,47		15,30		187,80	

*significativo, a 5% de probabilidade pelo teste F.

O intervalo de confiança de algumas variáveis se sobrepõe, porém, na análise de variância, houve efeito significativo dos fatores analisados.

Para a altura, número de folhas, área foliar e massa seca da parte aérea houve efeito da sacarose (TABELA 3), no qual os cafeeiros que não foram intoxicados e não receberam a pulverização com sacarose (pad) foram superiores aos cafeeiros que foram apenas intoxicados (int) (FIGURAS 1,2,3 e 4). Esse resultado reforça os efeitos negativos causados pela intoxicação com glyphosate em cafeeiros.

Figura 1 - Médias ajustadas para altura de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada. Lavras, UFLA, 2016.

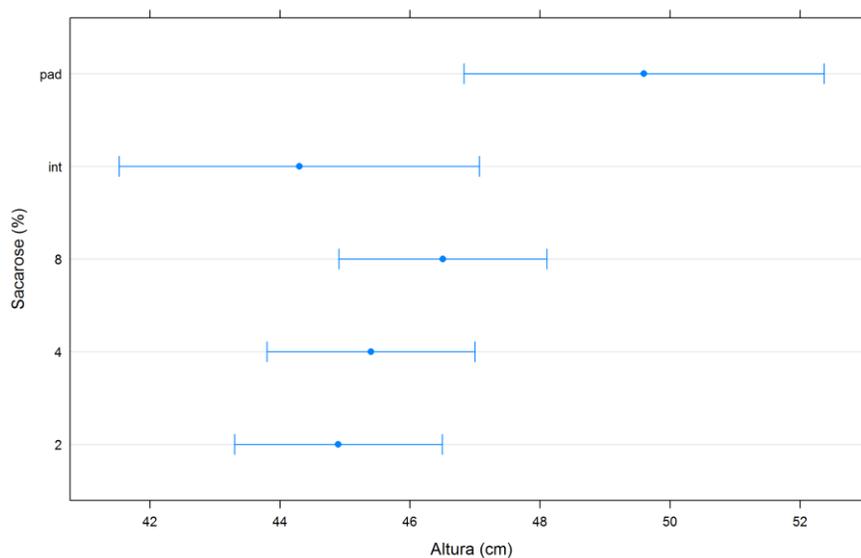


Figura 2 - Médias ajustadas para número de folhas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada. Lavras, UFLA, 2016.

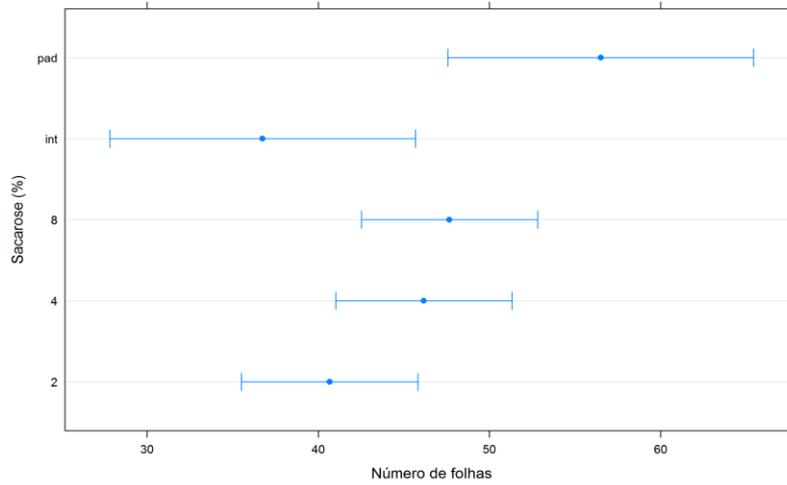


Figura 3 - Médias ajustadas para massa seca da parte aérea de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada. Lavras, UFLA, 2016.

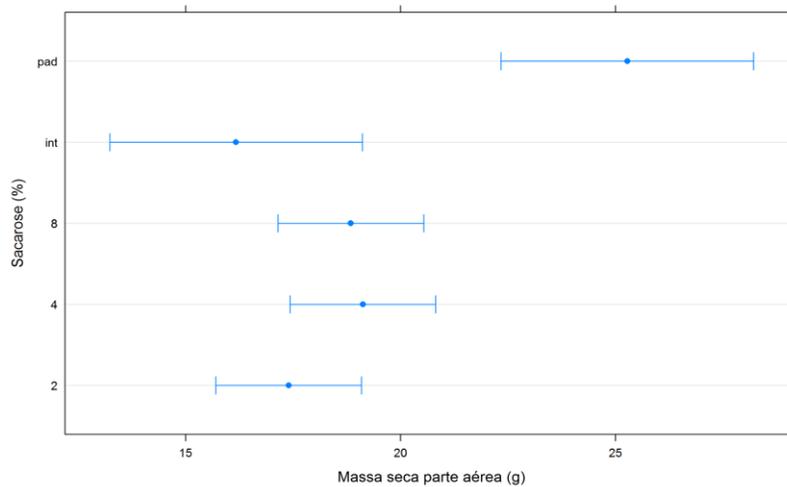
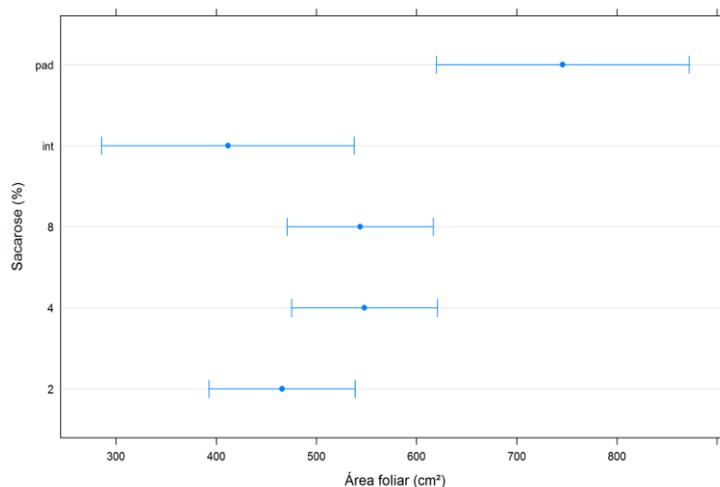


Figura 4 - Médias ajustadas para área foliar de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada. Lavras, UFLA, 2016.



Ainda os cafeeiros com tratamento padrão foram superiores aos cafeeiros intoxicados que receberam a aplicação com sacarose na dose de 2%, observando-se também que os cafeeiros apenas intoxicados não apresentaram diferenças dos cafeeiros intoxicados que receberam a pulverização com sacarose, independentemente da dose aplicada.

Então, mesmo com o fornecimento da sacarose, plantas de café intoxicadas com glyphosate não conseguiram recuperar o desenvolvimento em relação às plantas intoxicadas que receberam a sacarose.

Corroborando com esses resultados, Souza et al. (2011) também não detectaram efeito da aplicação de sacarose na altura das plantas (o que ocorreu apenas com maltose naquele trabalho).

Observa-se também que para a massa seca da parte aérea e área foliar (FIGURAS 3 e 4) os cafeeiros padrão foram superiores aos cafeeiros intoxicados

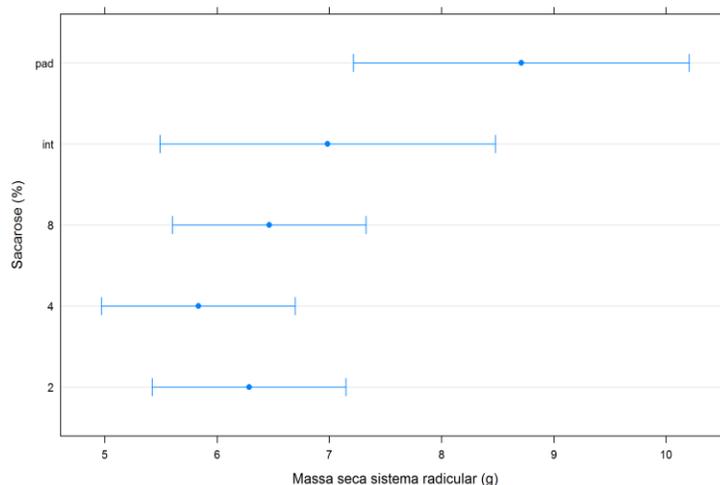
tratados com sacarose, isso para todas as doses testadas. E não ocorreu diferenças para essas variáveis entre as doses de sacarose ou seja elas foram iguais entre si.

Souza e Figueiredo (2011) também observaram que plantas pulverizadas com sacarose não apresentaram diferença da testemunha sem sacarose quando avaliada a área foliar das plantas.

Franz, Mao e Sikorski (1997) observaram que 35% da matéria seca das plantas é representado por derivados da via do chiquimato. Logo, as plantas intoxicadas com glyphosate têm a via do chiquimato interrompida pela ação do glyphosate, o que justifica o menor valor de massa seca dos cafeeiros sob efeito do glyphosate.

Para a massa seca do sistema radicular (FIGURA 5), nota-se que não houve diferença entre os cafeeiros- padrão e os cafeeiros apenas intoxicados, assim a intoxicação com glyphosate na dose de 10% não causou efeitos negativos ao sistema radicular dos cafeeiros.

Figura 5 - Médias ajustadas para massa seca do sistema radicular de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada. Lavras, UFLA, 2016.



Confirmando esses resultados, Velini et al. (2008) também observaram ausência de efeitos negativos no sistema radicular de algumas plantas possivelmente por causa dos efeitos mais lentos nessa parte da planta.

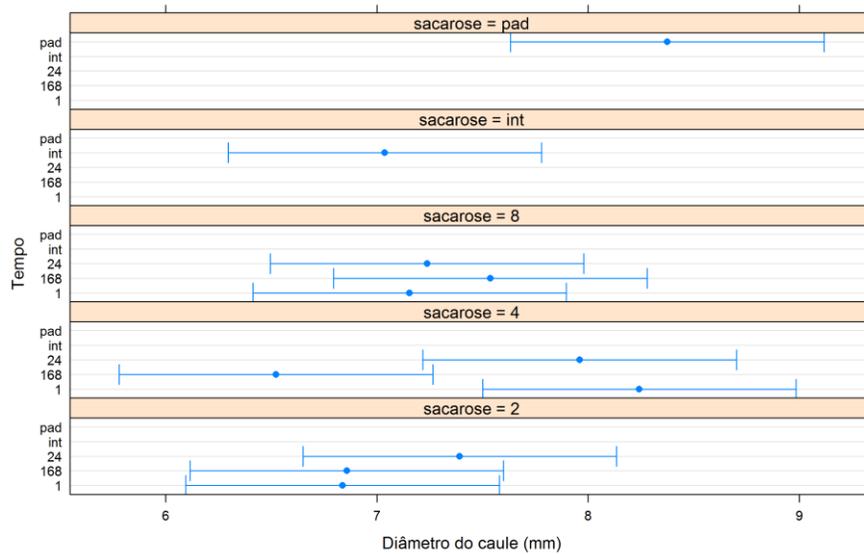
Ainda, Wagner Júnior et al. (2008) relataram também que doses de glyphosate aplicadas sobre maracujazeiro-amarelo não promoveram redução no comprimento das raízes aos 28 DAA.

Também não ocorreu diferença entre os cafeeiros apenas intoxicados com glyphosate e os cafeeiros intoxicados que receberam a aplicação com sacarose, isso para qualquer dose de sacarose aplicada. Resultado contrário ao encontrado por Garcia, Japiassú e Frota (2001), no qual eles obtiveram resultado positivo da aplicação de sacarose, nessa parte da planta, quando observaram que mudas de cafeeiro pulverizadas com três aplicações de açúcar, após a deriva do glyphosate, apresentaram maior acúmulo de matéria seca de raízes em comparação com outras substâncias.

Ainda os cafeeiros-padrão foram superiores aos cafeeiros intoxicados que foram pulverizados com sacarose a 4%. Porém, quando se comparam as 3 doses de sacarose aplicadas (2, 4 e 8%), nota-se que não houve diferença na massa seca do sistema radicular dos cafeeiros.

Na Tabela 3, pode-se observar que o diâmetro de caule dos cafeeiros que receberam o tratamento padrão foi superior aos cafeeiros apenas intoxicados com o glyphosate. Já, cafeeiros intoxicados não apresentaram diferença em relação aos intoxicados que receberam a pulverização com sacarose independente do tempo de aplicação (FIGURA 6).

Figura 6 - Diâmetro de caule em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose (5) aplicada e do tempo da aplicação medido em horas após a deriva. Lavras, UFLA, 2016.



Também cafeeiros intoxicados que receberam a pulverização com sacarose não foram influenciados pelo tempo de aplicação, independentemente da dose aplicada.

Já, os cafeeiros-padrão foram superiores aos intoxicados que receberam 2% de sacarose nos tempos 1 e 168 horas e aos que receberam 4% no tempo de 168 horas.

Ainda os cafeeiros intoxicados que receberam 4% de sacarose no tempo de 1 hora, após a intoxicação apresentaram maior diâmetro de caule em relação aos cafeeiros que receberam essa mesma dose no tempo de 168 horas após a intoxicação.

Para a fotossíntese, condutância estomática e transpiração não ocorreu diferença entre os cafeeiros-padrão e os cafeeiros apenas intoxicados (FIGURAS 7, 8 e 9)

Figura 7 - Fotossíntese em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada e do tempo da aplicação medido em horas após a deriva. Lavras, UFLA, 2016.

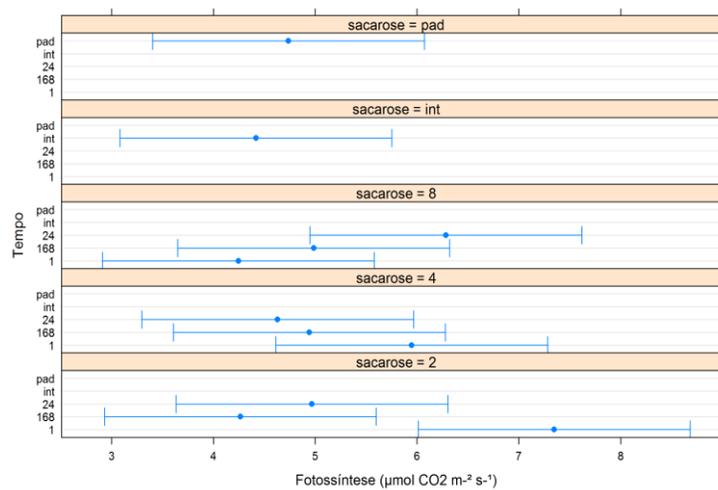


Figura 8 - Condutância estomática em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada e do tempo da aplicação medido em horas após a deriva. Lavras, UFLA, 2016.

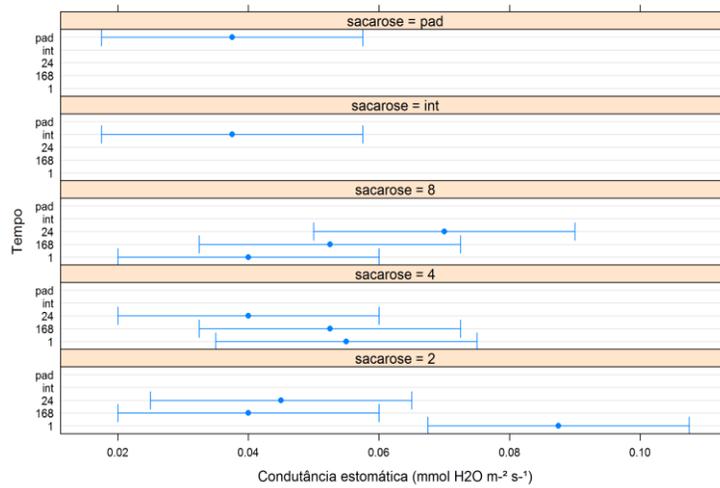
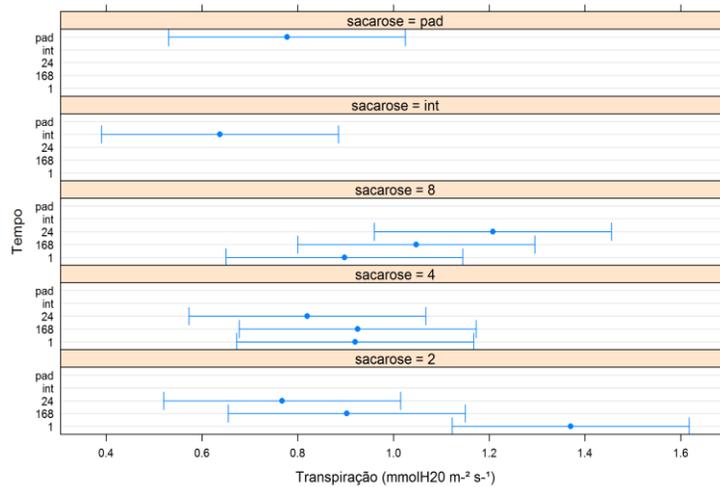


Figura 9 - Transpiração em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose (%) aplicada e do tempo da aplicação medido em horas após a deriva. Lavras, UFLA, 2016.



Cafeeiros intoxicados que receberam 2% de sacarose no tempo de 1 hora, após a intoxicação apresentaram maior taxa fotossintética em relação aos que receberam esta mesma dose, no tempo de 168 horas após a intoxicação e, ainda, foram superiores aos que receberam 4% de sacarose no tempo de 24 horas, aos que receberam 8% no tempo de 1 hora após a intoxicação e aos cafeeiros apenas intoxicados, não se diferenciando dos cafeeiros- padrão (FIGURA 7).

Já, para a condutância estomática os cafeeiros intoxicados que receberam 2% de sacarose no tempo de 1 hora após a intoxicação apresentaram maior valor dessa variável em relação aos que receberam 2% de sacarose nos tempos de 24 e 168 horas, aos que receberam 4% de sacarose no tempo de 24 horas, aos que receberam 8% de sacarose no tempo de 1 hora e aos cafeeiros apenas intoxicados e também dos cafeeiros que receberam o tratamento padrão (FIGURA 8)

Os cafeeiros intoxicados que receberam 2% de sacarose 1 hora após a intoxicação apresentaram maior taxa transpiratória em relação aos que receberam essa mesma dose no tempo de 24 horas, aos que receberam 4% no tempo de 24 horas, aos apenas intoxicados e aos cafeeiros com tratamento padrão. Ainda os cafeeiros que receberam 8% de sacarose no tempo de 24 horas após a intoxicação foram superiores aos apenas intoxicados com glyphosate (FIGURA 9).

Em trabalho realizado em cafeeiros com diferentes níveis de depauperamento Silva (2000) observou que a fotossíntese foi estimulada a 0,5% e 1% em plantas depauperadas, o que não aconteceu com plantas normais. E, com base nesses resultados, concluíram que a pulverização de sacarose em mudas de cafeeiros só é eficiente tratando-se de plantas depauperadas na concentração de 1%, resultado este próximo ao encontrado no presente trabalho.

Já, Martin (2003) concluiu em seu trabalho, que a pulverização de cafeeiros com açúcar a 2%, uma semana após deriva de glyphosate, foi eficiente no processo de reversão da intoxicação por esse herbicida. O que justifica os melhores resultados obtidos com a aplicação dessa dose para as variáveis

estudadas, porém com distinção no tempo de aplicação, tendo em vista que o tempo de aplicação de 1 hora após a intoxicação foi superior aos demais.

Para a espessura do floema de folhas velhas, espessura do floema de folhas novas e diâmetro do xilema de folhas novas, houve efeito da sacarose (TABELAS 5 e 6). Os cafeeiros-padrão não apresentaram diferença em relação aos cafeeiros apenas intoxicados para quaisquer das variáveis analisadas (FIGURAS 10, 11 e 12).

Figura 10 - Espessura do floema de folhas velhas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose aplicada. Lavras, UFLA, 2016.

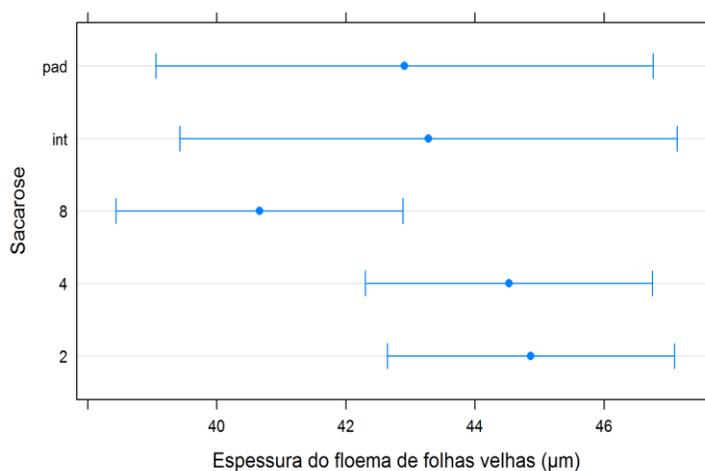


Figura 11 - Espessura do floema em plantas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose aplicada. Lavras, UFLA, 2016.

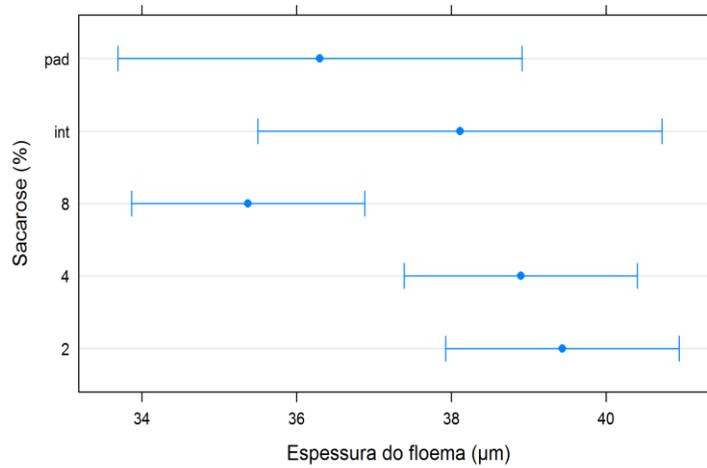
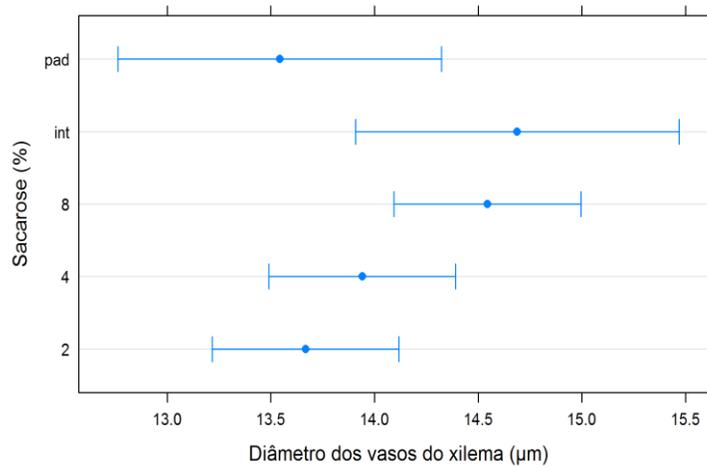


Figura 12 - Espessura do xilema em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose aplicada. Lavras, UFLA, 2016.



Ainda os cafeeiros intoxicados que receberam 2% de sacarose apresentaram maior espessura do floema em folhas velhas em relação aos que receberam 8% (FIGURA 10).

Já, para a espessura do floema de folhas novas os cafeeiros intoxicados que receberam a aplicação com 2% e 4% de sacarose foram superiores aos que receberam 8% (FIGURA 10).

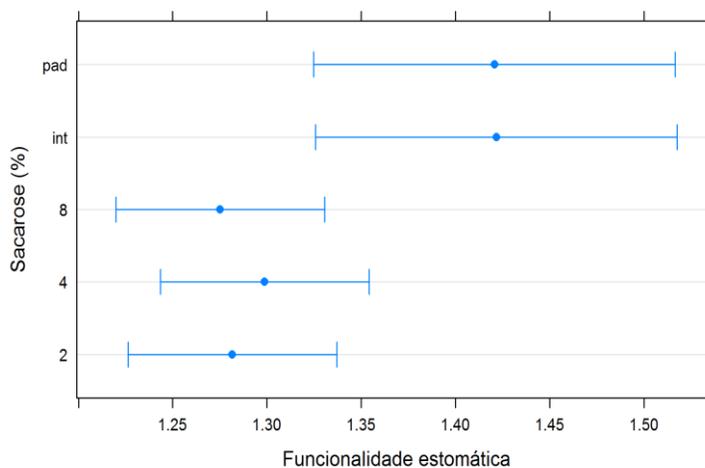
Para o diâmetro dos vasos do xilema plantas de cafeeiro que receberam a aplicação com 8% de sacarose foram superiores às que receberam a aplicação com 2% (FIGURA 12).

Segundo Castro, Pereira e Paiva (2009), o sistema vascular das folhas é um sistema vital para o correto desenvolvimento da planta, pois é nesse sistema que irá chegar água necessária à fotossíntese no mesofilo, por meio do xilema e os fotoassimilados irão escoar em direção às diferentes partes da planta por meio do floema. Assim modificações nos vasos do xilema e floema quanto a diâmetro, quantidade, área do vaso entre outros fatores irão influenciar, de forma significativa, a fotossíntese, crescimento e desenvolvimento das plantas. O que explica a superioridade das plantas que receberam 2% de sacarose em relação as demais, tanto para as variáveis anatômicas como para as fisiológicas.

Para a funcionalidade estomática, houve efeito da sacarose (TABELA 5) e não houve diferença entre as plantas intoxicadas e padrão para essa variável.

Ainda os cafeeiros- padrão e apenas intoxicados foram superiores aos cafeeiros intoxicados que receberam a aplicação com 8% de sacarose (FIGURA 13).

Figura 13 - Funcionalidade estomática em plantas de cafeeiros intoxicados com glyphosate em função da dose de sacarose aplicada. Lavras, UFLA, 2016.



Segundo Abrams, Kubiske e Mostoller (1994), a funcionalidade estomática está diretamente ligada à forma do estômato, quanto menor a razão entre o diâmetro polar e o diâmetro equatorial, menos elipsoide é o formato estomático, e menos funcional é o estômato, logo infere-se que os cafeeiros que receberam a aplicação com 8% de sacarose tiveram a funcionalidade dos estômatos reduzida, o que não foi observado com as outras doses de sacarose.

Para parênquima paliçádico houve efeito da sacarose e do tempo de aplicação (TABELA 5), observando-se, ainda, que os cafeeiros intoxicados e padrão não apresentaram diferença entre si (FIGURAS 14 e 15).

Figura 14 - Espessura de parênquima paliçádico em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose aplicada. Lavras, UFLA, 2016

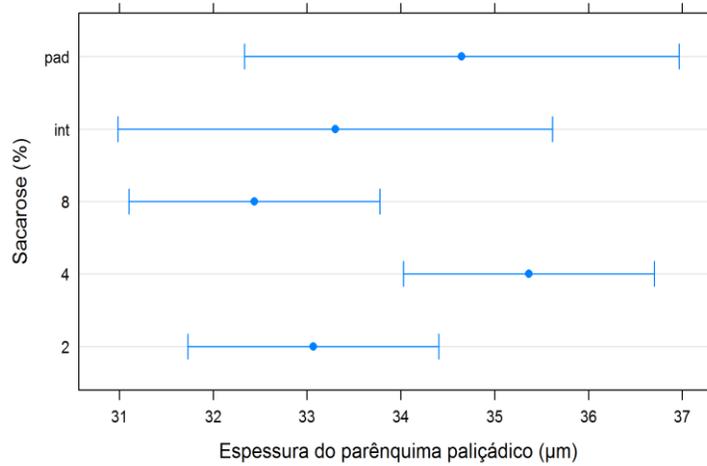
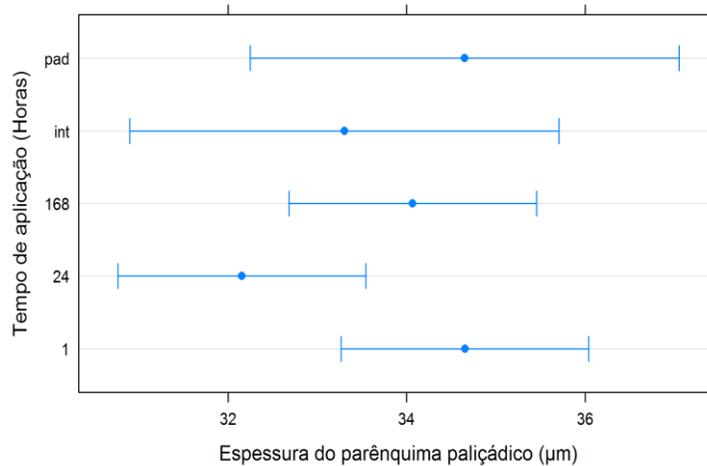


Figura 15 - Espessura de parênquima paliçádico em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função do tempo de aplicação da sacarose. Lavras, UFLA, 2016



Nota-se, ainda, que os cafeeiros que receberam a aplicação com 4% de sacarose apresentaram maior espessura do parênquima paliçádico em relação aos que receberam 8% de sacarose (FIGURA 14).

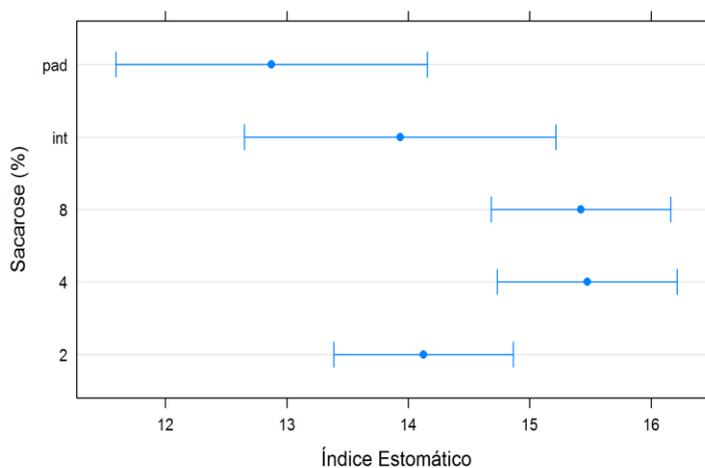
Parênquima compacto também interfere na distribuição de carbono o que, conseqüentemente, pode acarretar menor eficiência fotossintética (AGRIOS, 1988). Logo, cafeeiros que receberam a aplicação com 4% de sacarose podem ter sua eficiência fotossintética superior quando comparadas às que receberam a aplicação com 8%.

Já, cafeeiros que receberam a aplicação com sacarose 1 hora após a intoxicação foram superiores aos que receberam 24 horas após (FIGURA 15).

Maior proporção de tecido parenquimático pode estar relacionada com maior eficiência fotossintética, segundo Rodella, Pires e Maimoni-Rodella (1993). Pois o parênquima paliçádico está intimamente ligado à fotossíntese e, um maior desenvolvimento desse tecido pode permitir maior fixação de CO₂ com a abertura dos estômatos em curto espaço de tempo (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Assim, os cafeeiros que receberam a aplicação com sacarose 1 hora após a intoxicação apresentaram maior espessura do parênquima paliçádico, o que justifica a maior taxa fotossintética observada com a aplicação de sacarose nesse tempo.

Para o índice estomático houve efeito da sacarose (TABELA 5), observando-se, ainda, que não houve diferença significativa entre os cafeeiros-padrão e os intoxicados. No entanto, os cafeeiros intoxicados que receberam a aplicação com 4 e 8% de sacarose foram superiores ao cafeeiro- padrão e os cafeeiros que receberam a aplicação com 4% foram superiores aos que receberam a aplicação com 2% (FIGURA 16).

Figura 16 - Índice estomático em plantas de cafeeiro intoxicadas com glyphosate em função da dose de sacarose aplicada. Lavras, UFLA, 2016.



O índice estomático está relacionado com a porcentagem de células epidérmicas que se tornarão estômatos (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009), o que indica o quanto a planta está investindo na formação de estômatos, logo os cafeeiros que receberam 4% de sacarose investiram mais na formação de estômatos em relação as que receberam 2%.

5 CONCLUSÕES

A intoxicação por glyphosate em plantas de cafeeiro em fase de implantação da lavoura prejudica o crescimento da parte aérea, porém sem prejuízos do sistema radicular.

Para a desintoxicação de plantas que sofreram deriva de glyphosate, durante o período de implantação da lavoura, deve-se aplicar sacarose na concentração de 2%, o mais rápido quanto possível (próximo a uma hora após a intoxicação) com um volume de calda na ordem de 400 litros por hectare.

REFERÊNCIAS

ABRAMS, M. D; KUBISKE, M. E.; MOSTOLLER, S. A. Relating wet and dry year ecophysiology to leaf structure in contrasting temperate tree species. **Ecology**, Washington, v. 75, n. 1, p. 123-133, Jan. 1994.

AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. San Diego: Academic Press, 1988.

ALCANTARA, E. N.; CARVALHO, G. R. de. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas sobre o desenvolvimento de cafeeiros em formação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFES DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ; MINASPLAN, 2000. v. 2. p. 1004-1006.

ALCÂNTARA, J. C. A. N.; MOZART, M. F. Métodos de controle de plantas invasoras na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e componentes da acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 31, n. 6, p. 1525-1533, jul. 2007.

BARELA, J. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar (RB867515) tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 371-378, maio 2006.

BAUR, J. R. Effect of glyphosate on auxin transport in corn and cotton tissues. **Plant Physiology**, [S.l.], v. 63, n. 5, p. 882-886, 1979.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; DRAXLER, G. Functional leaf anatomy. In: HALL, D. O. et al. **Photosynthesis and production in a changing environment**. London: Chapman e Hall, 1993. p. 91-112.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: Ed. UFLA, 2009.

CUNHA, J. L. X. L. et al. Comparação de métodos de área foliar em *Chrysobalanus icaco* L. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 6, n. 3, p. 22-27, jul./set. 2010.

CUNHA, J. P. A. R. D. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e Agrotecnologia**, Fortaleza, v. 39, n. 4, p. 487-493, out./dez. 2008.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

DAVIS, K. R.; HAHLBROCK, K. Induction of defense responses in cultured parsley cells by plant cell wall fragments. **Plant Physiology**, [S.l.], v. 84, n. 4, p. 1286-1290, May 1987.

DUKE, S. O.; CERDEIRA, A. L.; MATALLO, M. B. Uso de herbicidas e seus efeitos em doenças vegetais. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 115, n. 115, p. 1-4, 2006.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FIALHO, C. M. T. et al. Interferência de plantas daninhas sobre o crescimento inicial de Coffea arabica. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 137-147, jan./mar.2011.

FRANÇA, A. C. et al. Deriva simulada do glyphosate em cultivares de café Acaia e catucaí. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 443-451, abr./jun. 2013.

FRANÇA, A. C. et al. Teores de nutrientes em cultivares de café arábica submetidos à deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 877-885, dez. 2010a.

FRANÇA, A. C. et al. Crescimento de cultivares de café arábica submetidos a doses do glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. p. 599-607, set. 2010b.

FRANZ, J. E.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J. A. **Glyphosate**: a unique global herbicide. Washington: American Chemical Society, 1997. Monograph, 189.

GARCIA, A. W. R.; JAPIASSÚ, L. B.; FROTA, G. B. Desenvolvimento de mudas de café com usos de produtos foliares visando recuperação de intoxicação por glifosato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 27., 2001, Uberaba. **Resumos...** Rio de Janeiro: PROCAFÉ, p. 359-361, 2001.

GARCIA, A. W. R.; JAPIASSÚ; L. B.; FROTA, G. B. Avaliação da absorção de macro e micronutrientes, aminoácidos e açúcar na presença e ausência de surfactantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 25., 1999, Franca. **Anais...** Brasília: MAA-PROCAFÉ, p. 325-328, 1999.

GIL, Y.; SINFORT, C. Emission of pesticides to the air during sprayer application: a bibliographic review. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 39, p. 5183-5193, Sept. 2005.

GOMIDE, M. B. et al. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros 'Mundo Novo' e 'Catuaí'. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 118-123, dez. 1977.

GRAVENA, R. et al. Low glyphosate rates do not affect *Citrus limonia* (L.) Osbeck seedlings. **Pest Management Science**, v. 65, n. 4, p. 420-425, June 2009.

GREEN, J. M. Review of glyphosate and ALS-inhibiting herbicide crop resistance and resistant weed management. **Weed Technology**, v. 21, n. 2, p. 547-558, Nov. 2007.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. (Ed). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1999.

HETHERINGTON, P. R., et al. Absorption and efflux of glyphosate by cell suspensions. **Journal of Experimental Botany**, Lavras, v. 49, n. 27, p. 527-533, Nov. 1998.

KOGAN M. A. Interferencia de las malezas en plantaciones forestales y estrategias de control. In: KOGAN, M. A. (Ed.). **Avances en manejo de malezas en producción agrícola y forestal**. Santiago: UCC, 1992. p. 119-124.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, 1997.

LENTH, J; WEISBERG, S. **An r companion to applied regression**. 2nd ed. Washington: Sage, 2016.

LIMA, D. M. et al. Efeito de adubações foliares em pré e pós-florada na cultura do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 24., Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: MAA-PROCAFÉ, 1998. p. 193-194.

LIVRAMENTO, D. E. et al. Efeito da pulverização de solução de sacarose na produtividade de cafeeiros (*Coffea arabica* L.). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Resumos...** Brasília: Embrapa Café, 2003.

LIVRAMENTO, D. E. **Pulverização de cafeeiros (*Coffea Arabica* L.) com melão e seus efeitos nos teores de nutrientes foliares, crescimento vegetativo e produtividade.** 2006. 59 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

MANGINI, D. et al. Efeito da aplicação de boro e zinco na presença de sacarose, uréia e cloreto de potássio via foliar na nutrição mineral de produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: MAA-PROCAFÉ, 1998. p. 198-200.

MARTIN, S. A. **Pulverização do cafeeiro com açúcar: potencial de uso em mudas submetidas à deficiência hídrica e na recuperação de plantas atingidas por glyphosate.** 2003. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

MATOS, C. D. et al. Características fisiológicas do cafeeiro em competição com plantas daninhas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1111-1119, set./out. 2013.

MATTHEWS, G. A. The application of chemicals for plant disease control. In: WALLER, J. M.; LENNÉ, J. M.; WALLER, S. J. **Plant pathologist's pocketbook.** London: CAB, 2002. p. 345-353.

MILLER, P. C. H. Spray drift and its measurement. In: MATTHEWS, G.A.; HISLOP, E.C. **Application technology for crop protection.** Wallingford: CAB International, 1993. p. 101-122.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing.** Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implication for managements.** New York: J. Wiley, 1996.

REIS, L. A. C. **Influência do glyphosate na anatomia e fisiologia de cultivares de café arábica**. 2013. 61 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.

RENA, A. B.; FÁVARO, J. R. A. Nutrição do cafeeiro via folha. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) **Café: Produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 149-208.

RODELLA, R. A.; PIRES, A. I.; MAIMONI-RODELLA, R. C. S. Anatomia comparativa foliar e caulinar de duas espécies daninhas de *Merremia* (Convolvulaceae). **Científica**, [S.l.], v. 21, n. 2, p. 345-353, 1993.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: Grafmarke, 2005. 591 p.

RONCHI et al. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 2, p. 219-227, ago. 2003.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Efeitos da competição de plantas daninhas sobre o crescimento de plantas jovens de café. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 415-423, jul./set. 2006.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Tolerância de mudas de café a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 421-426, set./dez. 2003.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Efeito dos bicos Turbo Floodjet e Espuma na eficácia e seletividade do glyphosate em aplicação dirigida na linha de café (*Coffea arabica* L.) com um ano de idade. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 1999, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 225.

RONCHI, P. R.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. **Manejo de plantas daninhas em lavouras de café**. Viçosa, MG: Suprema Gráfica, 2001.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; PEREIRA, E. M. Efeito do adubo foliar nutrints na produção do cafeeiro em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Franca. **Anais...** Brasília: MAA-PROCAFÈ, 1998. p. 63-64.

SANTOS, I. C. et al. Eficiência de glyphosate no controle de *Commelina benghalensis* e *Commelina diffusa*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 1, p. 135-143, abr. 2001.

SATICHIVI, N. M. et al. Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science**, [S.l.], v. 48, p. 675-679, Nov. 2000.

SEGURA-MONGE, A. **Efeito da pulverização com ureia, cloreto de potássio e sacarose sobre a transpiração, potencial hídrico e nitrogênio, potássio e açúcares nas folhas de *Coffea arabica* L. submetidas a déficit de água.** 1989. 38 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1989.

SILVA, C. A. et al. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro 'Catuai' em função da época de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 21-25, ago. 2008.

SILVA, J. C.; ALVES, J. D.; ALVARENGA, A. A. Atividade de invertases e sacarose sintase em plantas de cafeeiro pulverizadas com solução de sacarose. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 239-244, abr./jun. 2003.

SILVA, J. C. **Efeito da aplicação de sacarose no teor e no metabolismo de carboidratos em mudas de café (*Coffea arabica* L.) com diferentes níveis de reserva de carbono.** 2000. 26 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

SOUZA, L. H.; FIGUEIREDO, F. C. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro pulverizadas com diferentes açúcares. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2011. p. 3.

SOUZA, T. C. et al. Morpho-physiology and maize grain yield under periodic soil flooding in successive selection cycles. **Acta Physiologiae Plantarum**, [S.l.], v. 33, n. 5, p. 1877-1885, Sept. 2011.

STEINHARDT, G. C. Soil quality: A new idea that includes an old one. **Journal of soil and water conservation**, Ankeny, v. 50, n. 3, p. 222, May/June 1995.

TERASHIMA I. et al. Irradiance and phenotype: comparative ecodevelopment of sun and shade leaves in relation to photosynthetic CO₂ diffusion. **Journal of Experimental Botany**, [S.l.], v. 57, n. 2, p. 343-354, 2006.

TIBURCIO, R. A. S. et al. Crescimento de mudas de clones de eucalipto submetidos à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 65-73, jan./fev. 2012.

TOLEDO, S. V.; MORAES, M. V.; BARROS, I. Efeito da frequência de capinas na produção do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 317-324, abr. 1996.

TSAI, M. et al. The Washington aerial spray drift study: modeling pesticide spray drift deposition from an aerial application. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 39, p. 6194-6203, jul. 2005.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Anatomia e morfometria foliar em clones de eucalipto tratados com glyphosate. **Brazilian Journal of Biology**, [S.l.], v. 69, n. 1, p. 129-136, 2009.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 133-142, jan./mar. 2005.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Danos visuais e anatômicos causados pelo glyphosate em folhas de *Eucalyptus grandis*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 9-16, jan./mar. 2008.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Morphological responses of different eucalypt clones submitted to glyphosate drift. **Environmental and Experimental Botany**, [S.l.], v. 59, n. 1, p. 11-20, jan./mar. 2007.

VELINI, E. D. et al. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, [S.l.], v. 64, n. 4, p. 489-496, Apr. 2008.

VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009.

WAGNER JÚNIOR, A. et al. Deriva simulada de formulações comerciais de glyphosate sobre maracujazeiro-amarelo. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 677-683, jun. 2008.

WANAMARTA, G.; PENNER D. Foliar absorption of herbicides. **Review Weed Science**, Champaign, v. 4, p. 215-232, 1989.

WOLF, T. M. et al. Effect of protective shields on drift and deposition characteristics of Field sprayers. The role of application factors in the effectiveness and drift of herbicides. **Agriculture Canada Research Station**, Regina, v. 73, n. 4, p. 29-52, Oct. 1992.

YAMASHITA, N.; KOIKE, N.; ISHIDA, A. Leaf ontogenetic dependence of light acclimation in invasive and native subtropical trees of different successional status. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 25, n. 10, p. 1341-1356, Oct. 2002.

YAMASHITA, O. M. et al. Efeito de doses reduzidas de oxyfluorfen em cultivares de algodoeiro. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 917-921, set. 2008.

YAMASHITA, O. M. et al. Tolerance of coffee conillon seedlings (*Coffea canephora*) to herbicides applied in post-emergency. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 169-174, mar./abr. 2009.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. **Crop Protection**, [S.l.], v. 26, n. 3, p. 370-376, 2007.