



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

PAULO HENRIQUE MELO GADELHA

**EFEITOS BIOLÓGICOS DA DERIVA SIMULADA DE GLYPHOSATE SOBRE
O CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA (*Musa sp.*)**

MOSSORÓ

2020

PAULO HENRIQUE MELO GADELHA

**EFEITOS BIOLÓGICOS DA DERIVA SIMULADA DE GLYPHOSATE SOBRE O
CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA (*Musa sp.*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Propagação Vegetativa/Fruticultura

Orientador: Dr. Sc. Vander Mendonça

Coorientador: Dr. Sc. Daniel Valadão Silva

MOSSORÓ

2020

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

LL892 Gadelha, Paulo Henrique Melo.

EFEITOS BIOLÓGICOS DA DERIVA SIMULADA DE GLYPHOSATE SOBRE
O CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA (*Musa sp.*).

/ Paulo Henrique Melo Gadelha. - 2020.

46 f. : il.

Orientador: Vander Mendonça. Dissertação
(Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-
árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia,
2020.

1. Herbicida. 2. fitointoxicação. 3. plantas
daninhas. 4. subdoses . I. Mendonça, Vander,
orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

PAULO HENRIQUE MELO GADELHA

**EFEITOS BIOLÓGICOS DA DERIVA SIMULADA DE GLYPHOSATE SOBRE O
CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA BANANEIRA (*Musa sp.*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Propagação
Vegetativa/Frucultura

Aprovada em: / / 2020.

BANCA EXAMINADORA



Vander Mendonça, Prof. D.Sc. (UFERSA)
Presidente



Francisco Sidene Oliveira Silva, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



Matheus de Freitas Souza, Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



Rômulo Magno Oliveira de Freitas, Prof. Dr. (IFRN)
Membro Examinador

*À Dona Angelina Gadelha, Israel e Augusto e
à minha avó (In Memoriam).
Pelos seus exemplos!*

*Aos meus pais, irmãos e à minha esposa, pelo
apoio, incentivo e por sempre estarem ao meu
lado em todos os momentos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, a Deus, por ter me dado a vida e por ter me guiado sempre para o caminho do bem e não deixando desistir dos meus ideais e ter força, saúde, coragem e determinação para seguir sempre em frente.

Aos meus pais Antônio e Fátima, à minha irmã Ana Patrícia e familiares que estiveram sempre ao meu lado com palavras de apoio, que muitas das vezes são mais importantes do que bens materiais.

À minha recém e amada esposa, Tatiane Ferreira, por todo o amor e paciência. Apesar das dificuldades, estive sempre ao meu lado, lutamos sempre juntos em todos os momentos, bons e ruins. Não foi fácil chegar até aqui, mas chegamos juntos sempre.

À UFERSA, pela oportunidade de ingressar no programa de pós-graduação em Fitotecnia.

Ao corpo docente e a todos que fazem o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro durante o mestrado.

Ao professor Vander Mendonça, por me proporcionar a oportunidade de participar de um projeto de pesquisa tão importante.

Aos membros da banca examinadora, pelas sugestões e contribuições para aprimorar a dissertação.

Aos colegas do Grupo de Estudos em Fruticultura GPF, pela convivência nestes dois anos.

Aos amigos (as), pelo incentivo e apoio, de perto ou de longe. Compartilho com vocês com muita alegria. Agradecimento a todos os colegas de sala pelo companheirismo, amizade, troca de experiência e persistência de chegar até o fim. Vocês foram essenciais!

“Deleita-te também no Senhor, e te concederá os desejos do teu coração”.

Salmos 37:4

RESUMO

GADELHA, Paulo Henrique Melo. **Efeitos biológicos da deriva simulada de glyphosate em plantas de bananeira (*Musa sp.*)**. 2020. 46f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2020.

O controle químico é a principal ferramenta no controle de plantas daninhas na cultura da bananeira devido ao alto rendimento operacional e baixo custo. Um dos herbicidas registrados para a bananeira é o glyphosate, aplicado de forma dirigida sobre as plantas daninhas, evitando o contato com a banana. No entanto, problemas causados pela deriva do herbicida durante a aplicação podem afetar o crescimento e produção da cultura. Nesse sentido, os efeitos sobre o crescimento e produção da bananeira devido à exposição a subdoses de glyphosate devem ser investigados para estimar o potencial danoso sobre essa cultura. O objetivo desse trabalho foi avaliar alterações no crescimento e produtividade da bananeira devido à deriva simulada de glyphosate. O experimento foi conduzido no campo em três repetições. As subdoses testadas foram 0 (control), 667.2, e 1.335 g ha⁻¹ i.a. As variáveis de crescimento foram avaliadas em cinco épocas, bem como a produtividade e qualidade pós-colheita dos frutos. A deriva simulada de glyphosate em aplicação simples, nas doses utilizadas, provocou danos à cultura da banana, tendo a máxima dose utilizada de 50% da dose padrão provocado as maiores injúrias, considerando que no período de 120 DAA as plantas de bananeira não mais apresentavam indícios de intoxicação pelo glyphosate. Contudo, as injúrias provocadas pela exposição das plantas à deriva do herbicida comprometeram seu crescimento e produtividade.

Palavras-chave: Herbicida, fitointoxicação, plantas daninhas, subdoses.

ABSTRACT

GADELHA, Paulo Henrique Melo. **Biological effects of simulated glyphosate drift on banana plants (*Musa sp.*)**. 2020. 46p. Thesis (MS in Crop Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2020.

Chemical control is the main tool in the control of weeds in banana cultivation due to its high operational efficiency and low cost. One of the herbicides registered for the banana is glyphosate, which is applied in a targeted way on weeds, avoiding contact with the banana. However, problems caused by the herbicide drift during application can affect the growth and production of the crop. In this sense, the effects on the growth and production of banana due to exposure to sub-doses of glyphosate should be investigated to estimate the harmful potential on this crop. The objective of this work was to evaluate changes in banana growth and productivity due to simulated glyphosate drift. The experiment was conducted in the field in three replications. The tested sub-doses were 0 (control), 667.2, and 1,335 g ha⁻¹ a.i. The growth variables were evaluated in five seasons, as well as the productivity and post-harvest quality of the fruits. The simulated drift of glyphosate in simple application, in the doses used, caused damage to the banana culture, and the maximum dose used of 50% of the standard dose caused the biggest injuries, considering that in the period of 120 DAA the banana plants did not show evidence of glyphosate intoxication anymore. However, the injuries caused by the exposure of plants to the herbicide drift compromised their growth and productivity.

Keywords: *Musa sp.*, Herbicide, phytointoxication, weeds, sub-doses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Área experimental Fazenda Rafael Fernandes. Mossoró-RN, 2019.....	19
Figura 2	–	Desenho esquemático das unidades experimentais e as plantas de bordaduras utilizadas para distribuição dos tratamentos.....	22
Figura 3	–	Plantio das mudas.....	23
Figura 4	–	Mudas micropropagadas.....	23
Figura 5	–	Capinas com roçadeira.....	24
Figura 6	–	Avaliação visual de toxicidade.....	26
Figura 7	–	Peso da segunda penca.....	26
Figura 8	–	Estágio de maturação.....	27
Figura 9	–	Intoxicação das plantas de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.....	27
Figura 10	–	Área foliar de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.....	28
Figura 11	–	Altura das plantas de bananeira cv. Prata Catarina submetida à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.....	29
Figura 12	–	Perímetro do pseudocaule de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.....	30
Figura 13	–	Massa fresca do pseudocaule de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.....	31
Figura 14	–	Massa seca do pseudocaule de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.....	32
Figura 15	–	Massa fresca foliar de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.....	33
Figura 16	–	Massa seca foliar de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Precipitação pluviométrica, temperatura média e umidade relativa do ar, registrados mensalmente durante o período de realização do experimento. Mossoró-RN, 2020.....	18
Tabela 2	– Características químicas e físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico (0-20 e 20-40 cm), Mossoró-RN, 2020.....	19
Tabela 3	– Escala de notas para avaliação visual de toxicidade de herbicidas sobre plantas de bananeira (<i>Musa sp.</i>), após tratamento com herbicidas em deriva simulada.....	23
Tabela 4	– Escala de coloração da casca de frutos da bananeira.....	25
Tabela 5	– Desdobramento da produtividade (PROD), peso do cacho (PC), peso do cacho sem o engaço (PE), número médio de pencas do cacho (NPC), peso da segunda penca (PSP), comprimento médio do fruto (CMF), diâmetro médio do fruto (DMF), número de dedos da segunda penca (NDSF) em resposta à deriva simulada de glyphosate na cultura da banana em um ciclo de produção. Mossoró, RN, 2020.....	36
Tabela 6	– Desdobramento das características de qualidade do fruto sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT), vitamina C, potencial hidrogeniônico (pH), relação SS/AT em resposta à deriva simulada de glyphosate na cultura da banana em um ciclo de produção. Mossoró, RN, 2020.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A CULTURA DA BANANEIRA	14
2.2 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS	14
2.3 GLYPHOSATE.....	15
2.4 O GLYPHOSATE EM FRUTÍFERAS	16
3 MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO EXPERIMENTO	18
3.2 AMOSTRAGEM E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO UTILIZADO	18
3.3 DELINEAMENTO E TRATAMENTOS UTILIZADOS	20
3.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	21
3.5 VARIÁVEIS AVALIADAS	22
3.6 CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO FRUTO.....	24
3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	27
4.2 QUALIDADE POS-COLHEITA.....	35
5 CONCLUSÕES	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A banana é uma das frutas mais consumidas no mundo. A popularidade dessa fruta entre os consumidores está associada às suas características nutricionais, como baixo teor de gorduras e açúcar, além de ser rica em minerais, fibras e vitaminas (SINGH et al., 2016). Os principais países produtores de banana estão localizados em regiões tropicais e subtropicais devido à adaptação da planta a essas condições (WANG et al., 2020). O continente asiático lidera a produção com 58% do volume produzido, seguido pelo americano com 26% e africano com 14% (FAOSTAT, 2017). No Brasil, a área plantada de banana na safra de 2019 foi equivalente a 445.523 hectares, com uma produção de 6.771.665 toneladas. A região do nordeste brasileiro contribuiu com uma produção de 2.161.655 toneladas (IBGE, 2019).

Dentre as práticas fitossanitárias adotadas pelos produtores durante o ciclo da bananeira, o manejo de plantas daninhas tem grande importância nos períodos iniciais. O manejo de plantas daninhas ineficiente durante os 30 dias após o transplante pode resultar em perdas na produtividade da bananeira (OLIVEIRA, et al 2003).

Esse período é conhecido como período crítico para controle de plantas daninhas, quando a bananeira apresenta maior sensibilidade à competição pelos recursos de crescimento. Durante esse período, práticas de controle de plantas daninhas são necessárias para evitar a competição e assegurar máximo potencial produtivo. O manejo sustentável de plantas daninhas na cultura da banana deve englobar todos os possíveis métodos de controle. Práticas como irrigação e adubação localizada e redução do espaçamento de cultivo podem acelerar o fechamento do dossel, favorecendo o método de controle cultural de plantas daninhas via sombreamento da área (AGOSTINETTO, 2008).

Outro método comumente implantado é o controle mecânico, via roçada ou capina, devido ao largo espaçamento usado no cultivo da bananeira. Apesar da aplicabilidade dos métodos citados anteriormente, o controle químico de plantas daninhas ainda prevalece como o mais usado pelos produtores de banana (BORGES et al., 2004).

Os herbicidas registrados para a cultura da banana podem ser seletivos e não-seletivos. Quando não-seletivo, a aplicação do herbicida é realizada de forma dirigida via equipamentos especializados, para evitar a intoxicação da cultura (DIAS, 2015). Um exemplo de herbicida não-seletivo usado amplamente pelos produtores de banana é o glyphosate.

Dentre as vantagens do glyphosate para controle de plantas daninhas, citamos seu amplo espectro de ação, baixíssima ou inexistente residual no solo, e baixa toxicidade para mamíferos.

Além da bananeira, outras fruteiras possuem registro para utilização do glyphosate em aplicação dirigida, como citros, macieira, videira, ameixeira, nectarineira, pessegueiro, cacaueteiro e pereira (AMARANTE JÚNIOR et al., 2002).

Apesar das aplicações dirigidas serem cada vez mais seguras e precisas, problemas com intoxicações involuntárias por herbicidas são frequentes nos campos agrícolas, principalmente devido ao fenômeno conhecido como deriva. Falta de regulagem e calibragem dos equipamentos, velocidade de trabalho, tamanho de gota e horários inapropriados (excesso de vento) são os principais causadores da deriva, resultando em perdas de produtividade e na qualidade do produto colhido (ANDEF, 2004).

A recomendação segura de herbicidas deve considerar todos os possíveis impactos negativos causados à cultura e ao ambiente. Na cultura, os parâmetros de produtividade e qualidade não devem ser alterados, mesmo quando problemas acidentais ocorrem durante a aplicação do herbicida. A menor produtividade ou qualidade do produto colhido em virtude da deriva de herbicidas é uma questão importante na medida em que afeta diretamente a segurança alimentar e a saúde humana. Nenhum relato na literatura tem exposto os efeitos da deriva de glyphosate sobre a cultura da banana, o que mostra um cenário preocupante devido à frequência de utilização desse herbicida na cultura.

Levantamos a hipótese de que a deriva de glyphosate pode prejudicar o crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade da banana. Para testar nossas hipóteses, estabelecemos três objetivos: 1) avaliar o crescimento e desenvolvimento da bananeira submetida a deriva simulada de glyphosate; 2) estimar a produtividade da bananeira submetida a deriva simulada de glyphosate; 3) avaliar as características pós-colheita da bananeira submetida à deriva simulada de glyphosate.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A CULTURA DA BANANEIRA

A bananeira é uma planta originária do continente asiático, pertencente à classe das monocotiledôneas, ordem Scitaminales e à família Musaceae, da qual o gênero *Musa* se destaca como um dos mais importantes, na medida em que apresenta ampla distribuição geográfica e abrange as espécies produtoras de frutos comestíveis (DANTAS; SOARES FILHO, 2000). As espécies selvagens *M. acuminata Colla* e *M. balbisiana Colla* são as principais responsáveis pela evolução da maioria das cultivares atuais, as quais estão distribuídas em três níveis cromossômicos (diploides, triploides e tetraploides) (DANTAS; SOARES FILHO, 2000; LIMA et al., 2012).

A bananeira é uma planta herbácea, com sistema radicular fasciculado, distribuído predominantemente até 30 cm de profundidade no solo, alcançando até 5 m horizontalmente, dependendo da variedade e das condições edáficas. O caule verdadeiro é subterrâneo, do tipo rizoma, de onde são emitidas as folhas e raízes (BORGES et al., 2000; BORGES; SOUZA, 2004).

A banana é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo produzida na maioria dos países tropicais. O continente asiático lidera a produção com 58% do volume produzido, seguido pelo americano com 26% e o africano com 14% (FAOSTAT, 2017). O Brasil se destaca como o quarto maior produtor, atingindo 6.764.324 toneladas em 469.711 hectares, sendo a segunda fruta mais produzida do país. Dessa produção, em torno de 98% abasteceram o mercado interno em 2017 (menos de 2% da produção foram exportados). O Nordeste foi responsável por cerca de 34% da produção nacional, seguido pelo Sudeste, com 31% (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018).

Apesar de se destacar como um dos principais produtores, o Brasil apresenta baixa taxa de exportação, tendo sua produção voltada focada quase exclusivamente no mercado interno. Isso ocorre devido ao baixo nível tecnológico empregado em muitas regiões produtoras, acarretando baixas produtividades e formação de frutos fora dos padrões internacionais, além de o país contar com um grande mercado consumidor (LIMA et al., 2012).

2.2 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

Vários fatores bióticos e abióticos, tais como déficit hídrico, desequilíbrio nutricional, salinidade, clima e solo e a interferência de pragas, doenças e plantas daninhas, podem interferir

negativamente na quantidade e qualidade da produção do bananal. A ocorrência de plantas daninhas pode causar a redução da produtividade devido à sensibilidade da cultura, principalmente na fase inicial de desenvolvimento, à competição imposta pelas plantas daninhas por fatores de produção como luz, água e nutrientes (ALVES; OLIVEIRA, 1997; GOMES et al., 2010; MOURA FILHO et al., 2015).

As bananeiras possuem sistema radicular superficial, tornando a competição com as plantas daninhas bastante prejudicial à cultura, de forma que as plantas daninhas devem ser manejadas adequadamente mediante emprego de métodos adequados, que não danifiquem as raízes da cultura. Um método amplamente usado no cultivo da bananeira é o controle químico. A aplicação de herbicidas, quando feita corretamente, apresenta muitas vantagens, como alto rendimento operacional, baixo custo e ausência de danos à cultura (ALVES, 2005).

Existem diversas plantas daninhas que se desenvolvem associadas à bananicultura, como trapoeraba (*Commelina diffusa*) e tiririca (*Cyperus* sp.), causando reduções significativas na produção da cultura, exigindo identificação e manejo adequado na convivência com a cultura da banana (GOMES et al., 2010), sobretudo na condição de implantação de bananal, quando o dossel das plantas da bananeira não consegue sombrear as plantas daninhas.

A convivência com as plantas daninhas é mais danosa para a cultura da banana durante os cinco primeiros meses, período mais crítico para realização do controle por meio de aplicações de glyphosate (CORDEIRO, 2005).

2.3 GLYPHOSATE

O glyphosate foi criado em 1950 pelo Dr. Henri Marin, um químico suíço da indústria química Cilag. Posteriormente, em 1970, o Dr. E. Franz, da Monsanto Company, sintetizou novamente a molécula e descobriu sua capacidade herbicida, dando-lhe o nome de Roundup®, e lançou-a no mercado dos Estados Unidos em 1974 (AULING, 2009; SILVA, 2016).

O glyphosate (N-fosfometil glicina) é o herbicida mais difundido para o manejo de plantas daninhas, sendo amplamente utilizado na bananicultura. Foi originalmente sintetizado em 1964 e seu uso como herbicida foi descrito apenas em 1971. Tornou-se um potente herbicida de pós-emergência, de largo espectro, não seletivo, capaz de controlar as plantas invasoras mais agressivas (YAMADA; CASTRO, 2007). A translocação do glyphosate é predominante no floema, da fonte ao dreno, seguindo o caminho da sacarose e outros fotoassimilados (SHANER, 2009).

O mecanismo de ação do glyphosate inibe a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs), que catalisa a condensação do ácido chiquímico e do fosfato piruvato, evitando,

assim, a síntese de três aminoácidos essenciais – triptofano, fenilalanina e tirosina (JAWORSKI, 1972; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004). O bloqueio da rota do chiquimato leva a um acúmulo, dentre outros, de altos níveis de ácido chiquímico, com muitas implicações fisiológicas e ecológicas, sendo, portanto, um biomarcador bem conhecido para a exposição ao glyphosate (COLE; CERDEIRA, 1982; PETERSEN et al., 2007).

Devido ao seu modo de ação não seletivo, o glyphosate possui o risco de danificar a bananeira em pulverizações, fato conhecido como deriva. Esse tipo de problema pode ocorrer em virtude da aplicação incorreta do herbicida na própria cultura ou por aplicações em cultivos adjacentes, como de culturas transgênicas ao glyphosate.

Muitos estudos foram realizados visando a avaliar os efeitos do herbicida sobre diversas culturas por meio de experimentos de simulação de deriva (KOGER et al., 2005; BUEHRING et al., 2007; ROLDER et al., 2007; DING et al., 2011; PETERSEN et al., 2007; FRANCA et al., 2013; SCHRÜBBERS et al., 2014; SCHRÜBBERS et al., 2016). De acordo com Tuffi-Santos et al. (2009), pode variar desde uma clorose e lesões nas folhas – como alterações na fisiologia, morfologia, produtividade – até a morte da planta, podendo ser usados para qualificar e quantificar o efeito das substâncias tóxicas sobre as culturas.

2.4 O GLYPHOSATE EM FRUTÍFERAS

As informações encontradas sobre o glyphosate em frutíferas se resumem em estudos sobre videiras, cerejeiras e citrus (STASIAK et al., 1991; AL-KHATIB et al., 1992; AL-KHATIB et al., 1993; MATALLO et al., 2010; DONNINI et al., 2016). Porém, essas culturas possuem estrutura da parte aérea, como caule lignificado, diferentemente da bananeira, e a extrapolação dos efeitos pode subestimar os prejuízos potenciais do herbicida ao bananeiral.

Essa ocasião coincide com o processo de diferenciação floral da bananeira e a exposição simples ou múltiplas da planta ao glyphosate nesse período pode gerar danos à cultura, especialmente nas flores e frutos que já estão sendo gerados, na medida em que o herbicida é rapidamente translocado por todas as partes da planta, mas tende a se acumular nas regiões meristemáticas.

Além da deriva, pode haver passagem do glyphosate da planta-alvo (invasora) para a planta-não alvo (cultura econômica) adjacente, por meio do contato entre as raízes (RODRIGUES et al., 1982). Isso também pode ser um problema no caso da cultura da banana, visto que as plantas são interligadas entre si pelo rizoma, existindo relação de dependência entre os indivíduos da família ou touceira.

Mesmo sendo comum que o glyphosate não seja metabolizado pelas plantas (COUPLAND, 1985; GRUYS; SIKORSKI, 1999), a literatura é escassa em estudos avaliando a concentração de glyphosate e efeitos em plantas várias semanas após exposições únicas e, especialmente, múltiplas. Geralmente, concentrações mais elevadas de glyphosate foram encontradas em plantas de café expostas várias vezes ao herbicida (PFLEEGER et al., 2014; SCHRÜBBERS et al., 2016).

Exposições múltiplas podem causar acúmulo de glyphosate em culturas perenes, gerando efeitos danosos com o tempo. Entretanto, o dano só ocorrerá se o glyphosate não for suficientemente degradado, excretado e/ou armazenado em local ou forma que evite sua interação com a enzima alvo dentro do intervalo das múltiplas aplicações (DAYAN et al., 2010; DUKE, 2011; PFLEEGER et al., 2014).

Diante do exposto, informações sobre efeitos biológicos do glyphosate em deriva simulada sobre as características de crescimento e produção da bananeira cv. Prata Catarina poderão ajudar na compreensão do comportamento do herbicida na planta e na predição do potencial deste herbicida nas condições semiáridas do Oeste Potiguar.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (Figura 1), pertencente à Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), no município de Mossoró-RN, a 5° 11'15'' de latitude sul e 37° 20'39'' de longitude oeste e 18 m de altitude. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw^h, quente e seco, com precipitação pluvial média anual de 673,9 mm, temperatura e umidade relativa do ar média de 27°C e 68,9%, respectivamente; o período chuvoso na região é de fevereiro a junho, com baixíssima possibilidade de ocorrência de chuvas entre agosto e dezembro (CARMO FILHO; OLIVEIRA 1995). A cultivar utilizada foi a banana cv. 'Prata Catarina'. Essa cultivar produz grande quantidade de cachos comerciais na primeira safra e possui boa tolerância ao Mal do Panamá (LICHTENBERG; HINZ, 2010). A determinação da qualidade pós-colheita foi realizada no Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da UFERSA.

Figura 1. Área experimental Fazenda Rafael Fernandes. Mossoró-RN, 2019.



Fonte: Google.

3.2 AMOSTRAGEM E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO UTILIZADO

A irrigação foi realizada considerando a quantidade de água evapotranspirada e a demanda da bananeira durante o período de condução do experimento. Os dados foram obtidos da estação meteorológica da fazenda experimental. Os dados foram utilizados para a determinação da lamina de irrigação (Tabela 1). O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico, textura arenosa (RÊGO et al., 2016).

Antes da instalação do experimento, amostras de solo das camadas de 0-20 e 20-40 cm foram coletadas, sendo determinadas as características físicas e químicas, estando os resultados dispostos na Tabela 2.

Tabela 1. Precipitação pluviométrica, temperatura média e umidade relativa do ar, registrados mensalmente durante o período de realização do experimento. Mossoró-RN, 2020.

Ano	Meses	Precipitação (mm)	Temp. média (°C)	Umidade (%)
	Out	0,0	28,0	67,6

2018	Nov	0,0	28,9	65,3
	Dez	27,6	28,5	70,0
<hr/>				
2019	Jan	144,0	28,3	73,7
	Fev	137,6	27,8	80,8
	Mar	388,6	26,6	88,3
	Abr	6,5	26,9	88,1
	Mai	142,0	26,7	86,6
	Jun	0,6	26,1	82,0
	Jul	11,6	26,1	78,2
	Ago	0,6	26,8	68,0
	Set	0,0	27,6	66,9

Fonte: Estação meteorológica da fazenda experimental da UFERSA, Mossoró-RN

Tabela 2. Características químicas e físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico (0-20 e 20-40 cm), Mossoró-RN, 2020.

Atributo	Valor	Atributo	Valor
Amostra 0-20			
pH (H ² O)	5,6	V (%)	53
Condutividade elétrica (μS m ⁻¹)	0,05	M (%)	14
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	2,81	PST (%)	2
N total (g kg ⁻¹)	0,49	Cu (mg/dm ³)	0,55
P (mg dm ⁻³)	5,8	Fe (mg/dm ³)	5,84
K ⁺ (mg dm ⁻³)	38,9	Mn (mg/dm ³)	1,83
Na ⁺ (mg dm ⁻³)	8,6	Zn (mg/dm ³)	2,36
Ca ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,6	Areia (kg/kg)	0,91
Mg ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,2	Silte (kg/kg)	0,03
Al ³⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,15	Argila (kg/kg)	0,07
(H+A1) (cmolc dm ⁻³)	0		
SB (cmolc dm ⁻³)	0,94		
CTC efetiva (cmolc dm ⁻³)	1,76		
CTC do solo (cmolc dm ⁻³)	1,76		
Amostra 20-40			
pH (H ² O)	4,97	V (%)	48
Condutividade elétrica (μS m ⁻¹)	0,1	M (%)	14
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	0,2	PST (%)	2
N total (g kg ⁻¹)	0,35	Cu (mg/dm ³)	0,73
P (mg dm ⁻³)	4,6	Fe (mg/dm ³)	6,59
K ⁺ (mg dm ⁻³)	36,9	Mn (mg/dm ³)	1,98
Na ⁺ (mg dm ⁻³)	8,6	Zn (mg/dm ³)	3,50
Ca ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,6	Areia (kg/kg)	0,91
Mg ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,2	Silte (kg/kg)	0,02
Al ³⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,15	Argila (kg/kg)	0,07
(H+A1) (cmolc dm ⁻³)	0		
SB (cmolc dm ⁻³)	0,93		

CTC efetiva (cmolc dm ⁻³)	1,92
CTC do solo (cmolc dm ⁻³)	1,92

pH = potencial hidrogênioônico; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V (%) = saturação por bases; M (%) = saturação por alumínio; PST = porcentagem de sódio trocável.

Fonte: Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da UFRSA.

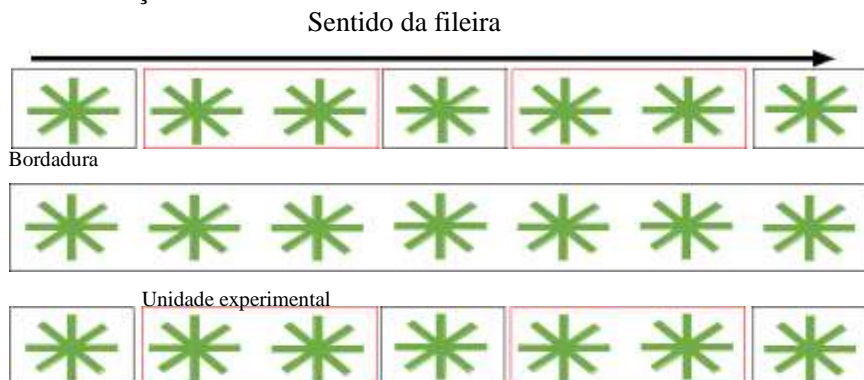
3.3 DELINEAMENTO E TRATAMENTOS UTILIZADOS

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com três repetições. Foram instalados seis experimentos em áreas adjacentes, avaliados aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após a aplicação (DAP) e colheita, as subdoses de glyphosate (0; 667.2; 1.335 g ha⁻¹ i.a) que correspondem a 0, 25 e 50% da dose padrão de uma dosagem de 3,0 L ha⁻¹ do comercial do Roundup Original®, recomendada para a cultura (CARVALHO, 2014).

As subdoses simularão o efeito de deriva do herbicida em aplicações dirigidas para o controle de plantas daninhas na cultura da banana. O glyphosate foi aplicado utilizando um pulverizador pressurizado por CO₂, equipado com uma barra com dois bicos espaçados 0,5 m, direcionadas no pseudocaule, simulando, assim, o efeito de deriva causado no campo. Anteparos foram usados para proteger plantas adjacentes a cada tratamento. As pontas utilizadas serão do tipo leque, com abertura de 120° e indução de ar. A pressão de trabalho foi 3 bar para aplicação de um volume de cauda de 150 L ha⁻¹.

O espaçamento usado foi de 2,0 x 2,5 m, o mais utilizado para cultivos de produção no Brasil (ALVES, 1999). Na área com 21 fileiras plantadas, cada experimento foi constituído por uma fileira de 54 metros, mantendo uma fileira entre cada experimento para bordadura. A repetição foi constituída por duas plantas em cada parcela, mantendo uma planta de bordadura entre as parcelas. O desenho esquemático demonstrando as unidades experimentais na área está representado pela Figura 2.

Figura 2. Desenho esquemático das unidades experimentais e as plantas de bordaduras que foram utilizadas para distribuição dos tratamentos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O preparo do solo para o plantio das mudas (Figura 3) contou com uma gradagem na profundidade de 30 cm, as covas foram feitas com boca de lobo (cavador) com dimensões de 30x30x30 cm, a adubação de fundação foi feita com esterco bovino 5 L por cova, 32 g de super simples na forma mineral. As aduções de coberturas foram divididas em duas aos 120 e 150 dias após o plantio com 60 g de N, 80 g de P₂O₅ e 60 g de K₂O por planta até a emissão do cacho; para adubação de produção, foram 180 g de N, 80 g de P₂O₅ e 420 g de K₂O por planta. Foram utilizadas mudas micropropagadas de bananeira da cv. Prata Catarina, provenientes da empresa Bioclone (Figura 4), transplantadas no dia 10 de outubro de 2018.

Figura 3 – Plantio das mudas.

Figura 4- Mudas micropropagadas.



Fonte: Arquivo pessoal.

Nos três primeiros parcelamentos, os fertilizantes foram aplicados ao redor da planta; após o surgimento da filha, as adubações foram realizadas em semicírculo ao lado da ‘planta-filha’.

Utilizou-se sistemas de irrigação localizada, cada qual constituído de um conjunto motobomba, com cabeçal de controle composto de filtro de areia, tubulação principal de PVC; linha de acesso a cada parcela, de polietileno flexível com gotejadores. O manejo da irrigação foi realizado com irrigações diárias de duas horas de aplicação de água, com utilização de um microaspersor por planta, o que corresponde a 36 L de água por planta (touceira).

A condução do bananal foi realizada com uma família por touceira, mantendo-se apenas uma planta de cada geração (planta mãe, filha e neta) na touceira. Na condução da pesquisa em

campo, foram realizadas capinas com uma roçadeira portátil motorizada (Figura 5) na proximidade do colo da planta ou com touceira, para manter a cultura livre de ervas daninhas, não havendo competição por água e nutrientes. Semanalmente, foi feita a retirada dos filhotes (brotações) com a utilização de desbrotador, procedendo-se à limpeza de folhas com sinais de senescência, folhas amareladas e secas que poderiam causar danos aos frutos, além da eliminação de corações ou mangarás após a formação do cacho, com o auxílio de um facão.

Figura 5 – Capinas com roçadeira.



Fonte: Arquivo pessoal.

3.5 VARIÁVEIS AVALIADAS

As avaliações dos aspectos vegetativos foram feitas aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após a aplicação (DAP) e colheita durante todo o primeiro ciclo; após a colheita, foram determinadas as características de produtividade.

Determinou-se a altura (AL) das plantas nos intervalos de 15, 30, 60, 120 e 180 após o transplante até a colheita com a utilização de uma trena, medindo-se a distância entre o colo da planta até o ponto de inserção da folha zero (vela). Para medições do perímetro do pseudocaule (PPS), as avaliações foram realizadas com o auxílio de uma fita métrica a 3 cm da superfície do solo, conforme recomendado por Soto Ballesteros (1992), pois como o diâmetro do pseudocaule varia com a altura, a medição pode ser feita a essa altura, em qualquer estágio de desenvolvimento, assim como para qualquer cultivar. Essa medida também pode ser tomada como base do vigor da planta, observando-se que os cachos mais pesados são originários de

plantas que apresentam pseudocaules robustos.

A área foliar foi determinada utilizando-se a equação linear simples $AF_{Te} = 0,5187x(CxLxN) + 9603,5$, de acordo com a metodologia adotada por Zucoloto et al. (2008). Após a retirada total das folhas, procedeu-se à contagem do número de folhas em cada planta (N). As dimensões de comprimento e largura foram determinadas na terceira folha, com uso de uma trena graduada em mm. O comprimento (C) foi medido ao longo da nervura central, que é a distância compreendida entre a base da folha no ponto de inserção do pecíolo até o seu ápice, e a largura (L) foi considerada na parte mediana da folha.

O material vegetal utilizado para esta análise foi constituído de parte aérea (folhas e pseudocaulo), na qual foi determinada a matéria fresca total de folhas e pseudocaules e posteriormente foram retiradas amostras de 500g para a determinação da matéria seca em estufa ventilada, a 60°C, por 72 horas, até obterem peso constante aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após o plantio.

Após a aplicação dos herbicidas em deriva simulada, as plantas foram observadas (Figura 6) quanto às alterações morfológicas da parte aérea, tendo sido atribuídas notas visuais aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após a aplicação (DAP), seguindo escala utilizada por Yamashita et al. (2009), descrita na Tabela 3.

Tabela 3. Escala de notas para avaliação visual de toxicidade de herbicidas sobre plantas de bananeira (*Musa sp.*), após tratamento com herbicidas em deriva simulada.

Conceito	Notas	Observação
Muito leve	0-5	Sintomas fracos ou pouco evidentes. Nota zero quando não se observam quaisquer alterações na planta.
Leve	6-10	Sintomas nítidos, entretanto de baixa intensidade.
Moderada	11-20	Sintomas nítidos, mais intensos que na classe anterior.
Aceitável	21-35	Sintomas pronunciados, mas totalmente tolerados pela planta.
Preocupante	36-45	Sintomas mais drásticos que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação.
Alta	46-60	Danos irreversíveis, com redução drástica no desenvolvimento da planta.
Muito alta	61-100	Danos irreversíveis muito severos. Nota 100 para morte da planta.

Fonte: Yamashita et al. (2009).



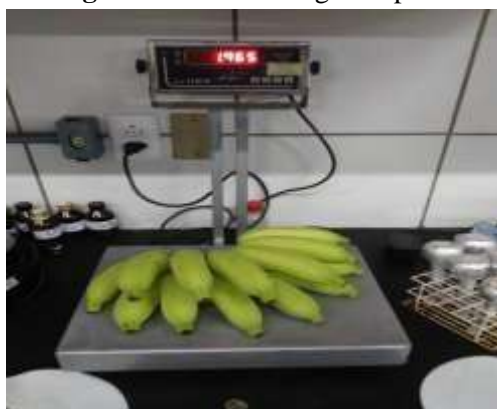
Figura 6 – Avaliação visual de toxicidade.

Fonte: Arquivo pessoal.

3.6 CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO FRUTO

Para a colheita e caracterização pós-colheita, foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso com quatro repetições. Na ocasião da colheita, os aspectos de produção da cultura, como o peso do cacho (PC) e peso do cacho sem o engaço (PCE) foram avaliados com a utilização de uma balança com capacidade de 50 kg, o número médio de pencas do cacho (NPC) foi determinado por contagem no momento da despenca dos frutos e o peso da segunda penca (PSP) foi aferido em uma balança semianalítica (Figura 7).

Figura 7 – Peso da segunda penca.



Fonte: Arquivo pessoal.

O comprimento médio do fruto (CMF) foi determinado nos frutos centrais de penca na palma superior e na inferior com a utilização de uma fita métrica considerando apenas a parte comestível; o diâmetro médio do fruto (DMF) foi quantificado com a utilização de um paquímetro digital tomando as medidas dos frutos centrais nos seus respectivos terços médios, número de dedos da segunda penca (NDSP) por meio de contagem.

As características de qualidade do fruto sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), vitamina C, potencial hidrogeniônico (pH), relação SS/AT em resposta à deriva simulada de glyphosate na cultura da banana, em um dos ciclos de produção, foram determinadas quando os frutos estavam no estágio de maturação 6 (Figura 8) em uma escala de coloração subjetiva que varia de 1 a 7 (Tabela 4).

Tabela 4 – Escala de coloração da casca de frutos da bananeira.

Descrição	Nota
Totalmente verde	1
Verde com traços amarelos	2
Mais verde do que amarelo	3
Mais amarelo do que verde	4
Amarelo com ponta verde	5
Totalmente amarelo	6
Amarelo com áreas marrons	7

Fonte: PBMH; PIF (2006).

Figura 8 - Estágio de maturação.



Fonte: Arquivo pessoal.

Os sólidos solúveis foram determinados por refratômetro digital modelo PR-100 Palette (Attago Co. Ltd, Japan), misturando-se a amostra de forma homogênea; em seguida, duas gotas foram adicionadas ao refratômetro para a leitura do resultado, expresso em porcentagem (%) (AOAC, 2002). O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado com auxílio de potenciômetro, o qual foi calibrado com soluções tampão de pH 7,0 (AOAC, 2002).

A acidez titulável foi determinada por titulação, utilizando-se 1g de amostra em Erlenmeyer de 125 mL, posteriormente o volume com água destilada até 50 mL; adiciona-se de

3 gotas de fenolftaleína a 1%, posteriormente titulada com solução de NaOH 0,1 N até coloração rosácea, segundo AOAC (2002), sendo os resultados expressos em g de ácido málico 100 g⁻¹ de polpa. A vitamina C foi determinada por titulação de acordo com a metodologia proposta por Strohecker; Henning (1967), sendo os resultados expressos em mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de polpa.

A relação SS/ AT foi determinada pelo quociente entre os valores de sólidos solúveis e a acidez titulável. Os açúcares solúveis totais foram determinados pelo método de Antrona (YEMN; WILLIS, 1954), com análise em espectrofotômetro a 620nm e resultados expressos em porcentagem (%).

3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados para cada variável avaliada foram submetidos à análise de variância (Anova) pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, com o programa estatístico SISVAR. No caso de interação das doses quando significativos pelo teste F, foram submetidas a teste de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os gráficos foram elaborados pelo Sigma Plot.

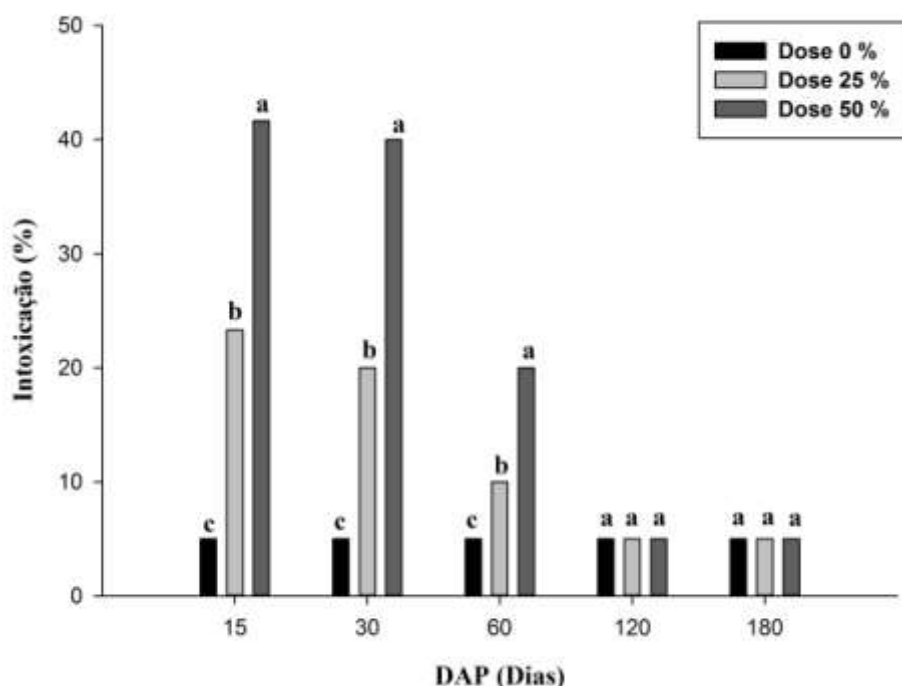
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

A intoxicação em plantas de bananeira em função das subdoses de glyphosate em diferentes épocas pode ser observada na figura 9, observando-se efeito negativo quando se aplicou as subdoses de 25% e 50% da dose padrão recomendada para a cultura, verificando-se a partir dos 15 DAP, 30 DAP e 60 DAP os sintomas de intoxicação por glyphosate, como clorose necrose e perda do limbo com seu estreitamento foliar, tendo os primeiros sintomas sido verificados nas folhas emitidas após a aplicação; nas análises de 120 e 180 DAP, não foram observados sintomas de intoxicação, não diferindo estatisticamente de testemunha.

Aos 15 DAP, os sintomas foram significativamente maiores, com intoxicação de 23.33% e 41.66% para as doses de 25% e 50%. Analisando-se a intoxicação nas diferentes épocas após a aplicação, fica evidente que aos 15, 30 e 60 DAP foram mais afetadas na dose de 50%, na comparação com a testemunha, com intoxicação de 41.66%, 40% e 20%, respectivamente.

Figura 9 – Intoxicação das plantas de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.

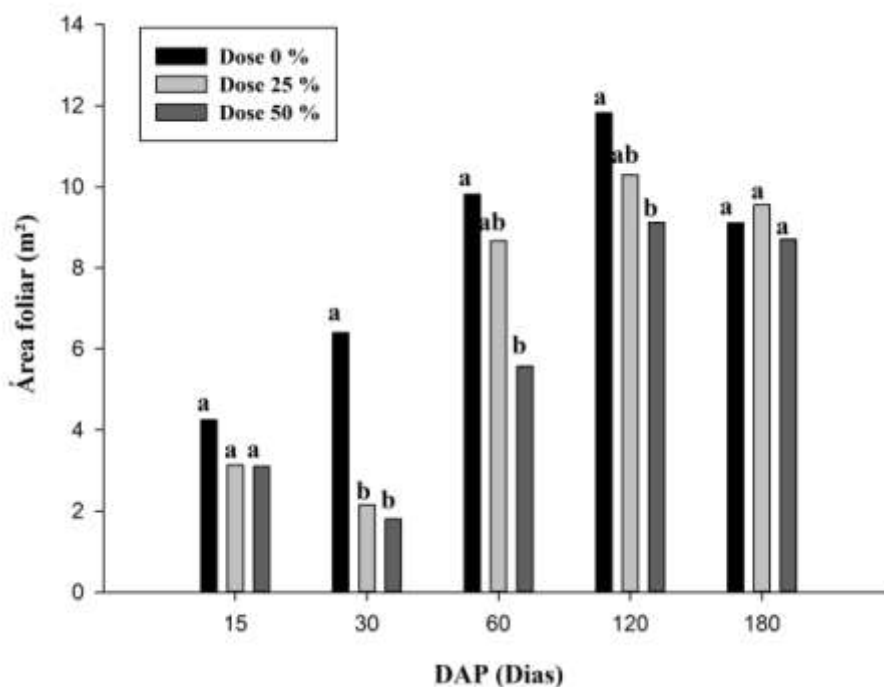


Médias seguidas por letras minúsculas distintas representam diferenças estatísticas entre as doses. As médias foram comparadas pelo teste Tukey a nível ($p > 0,05$). Fonte: Elaborado pelo autor.

Isso se deve possivelmente à maior degradação dos cloroplastos, ocasionada pela dose de 50% da dose padrão com a maior quantidade de princípio ativo. Ao longo dos 15, 30 e 60 dias após a aplicação, foi observado comportamento similar, o que pode ser atribuído à inibição da formação da clorofila, indicando que a maior dose promoveu maior inibição da enzima EPSPS. Aos 120 e 180 DAP, não foram mais observados sintomas, sinalizando que o herbicida foi metabolizado pela planta a partir da retomada do fluxo foliar da bananeira.

Sintomas similares de intoxicação foliar foram observados por Santos et al. (2005): as plantas de eucalipto que receberam a dose de 345,6 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate apresentavam folhas deformadas, necroses bem desenvolvidas nos bordos das folhas e pontos necróticos pelo limbo foliar. De acordo com Tuffi-Santos (2006), as maiores notas de intoxicação foram observadas em plantas de pessegueiro pulverizadas com a maior dose de glyphosate (345,6 g ha⁻¹).

Figura 10 – Área foliar de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.



Médias seguidas por letras minúsculas distintas representam diferenças estatísticas entre as doses. As médias foram comparadas pelo teste Tukey a nível ($p > 0,05$). Fonte: Elaborado pelo autor.

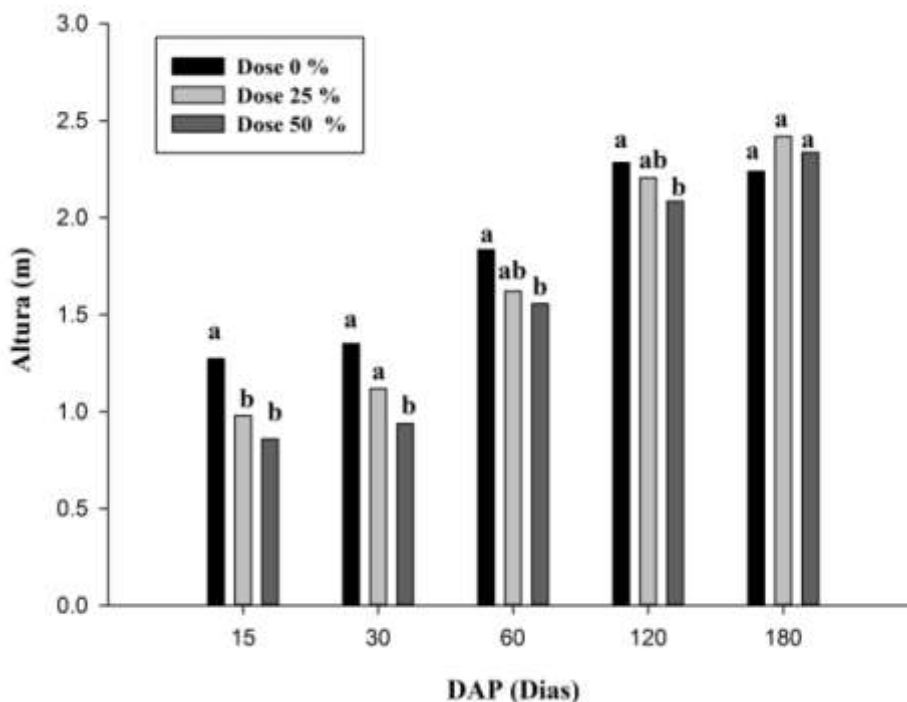
Na figura 10, observa-se redução significativa da área foliar em função do aumento da subdose de glyphosate aos 30, 60 e 120 DAP, com maior redução para a dose 50%, com reduções de 72%, 57% e 23%, respectivamente, na comparação com a testemunha.

Esse decréscimo na área foliar se deve possivelmente à maior intoxicação (Figura 9) observada para a dose de 50% da dose padrão, aliada ao estreitamento, necrose e perda do limbo foliar. Aos 180 DAP, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos, o que pode ser explicado pela emissão da inflorescência, quando a planta para de emitir folhas. O estreitamento das folhas e a clorose também foram observados por Reis et al. (2018), mostrando sintoma de intoxicação em plantas de café tratadas com glyphosate.

A redução da área foliar das plantas com o aumento nas doses 25% e 50% já era esperado, tendo em vista que a bananeira é considerada uma planta sensível. A área foliar está diretamente relacionada à capacidade do aparato fotossintético.

Pereira (2011) afirma que a área foliar do eucalipto é afetada conforme o aumento das subdoses utilizadas, havendo redução de 1,8%, 32% e 40% com a subdose 40g ha⁻¹ nas aplicações sobre a folha, caule e folha + caule, respectivamente. Com a maior dose, esta redução chegou a 56% nas aplicações sobre folha + caule.

Figura 11 - Altura das plantas de bananeira cv. Prata Catarina submetida à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.



Médias seguidas por letras minúsculas distintas representam diferenças estatísticas entre as doses. As médias foram comparadas pelo teste Tukey a nível ($p > 0,05$). Fonte: Elaborado pelo autor.

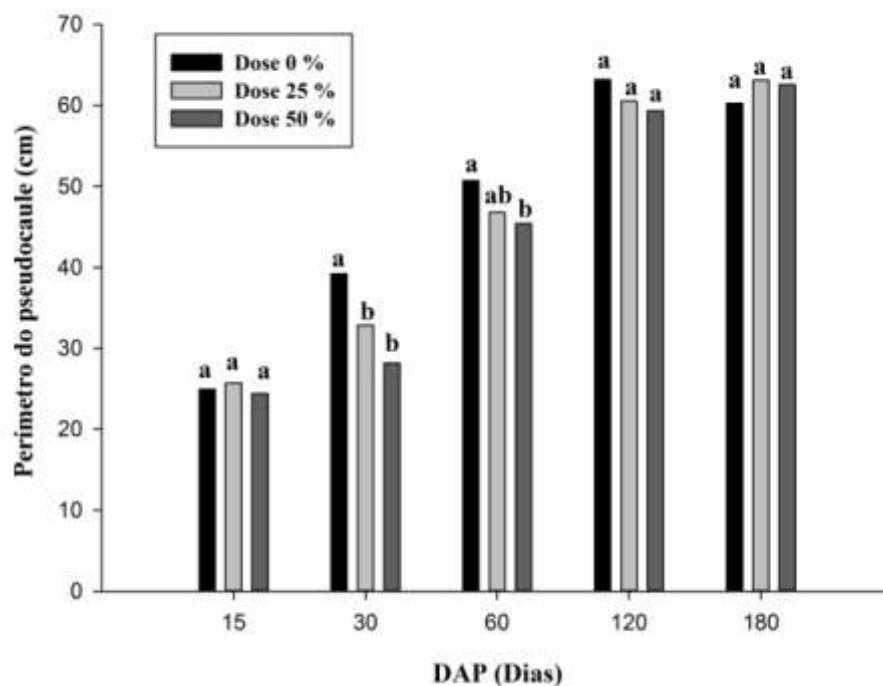
Para altura das plantas de bananeira (Figura 11), verificou-se efeito significativo para doses de 25% e 50% da dose padrão quando comparada com a testemunha, sendo que a dose 50% aos 15, 30, 60 e 120 DAP provocou reduções de 32%, 28%, 25% e 9%, respectivamente.

Sugere-se que diminuição da altura possa ser ação da maior intoxicação (Figura 9) provocada pela dose 50%, que retardou rapidamente o crescimento da planta, o que se deve ao modo de deslocamento ascendente do glyphosate em direção aos drenos da planta, como é o caso do ápices caulinares e radiculares, essa rapidez se deve ao tipo de tecido tenro do pseudocaule da bananeira. De acordo com Silva et al. (2007), a absorção de herbicidas envolve a penetração por meio da cutícula e a absorção, dependendo da espécie envolvida, idade da planta, das condições ambientais e da concentração do herbicida.

Figueredo et al. (2007), avaliando a influência de doses reduzidas no tomateiro, observaram reduções na altura de plantas de tomateiro a partir de 189g ha⁻¹ (15% da dose do herbicida) em deriva simulada, ocorrida aos 70 dias após o transplante.

Wagner Junior et al. (2008) verificaram que a deriva simulada de glyphosate, independentemente das formulações utilizadas, ocasionou injúrias no maracujazeiro amarelo, acarretando redução no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Figura 12- Perímetro do pseudocaule de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.



Médias seguidas por letras minúsculas distintas representam diferenças estatísticas entre as doses. As médias foram comparadas pelo teste Tukey a nível ($p > 0,05$). Fonte: Elaborado pelo autor.

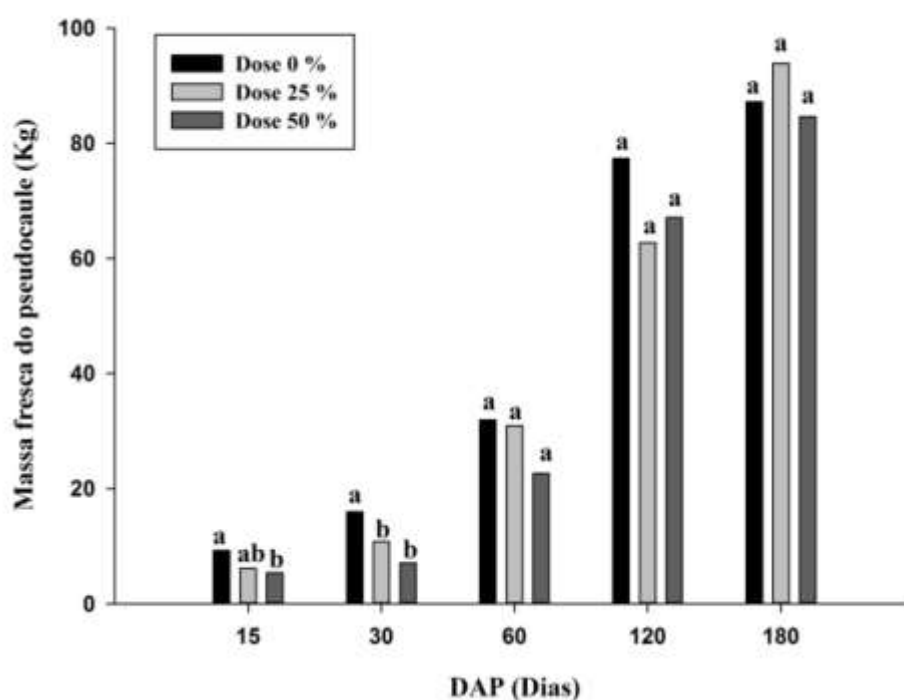
Rondon et al. (2011), ao avaliar a fitointoxicação de peroba-mica (*Aspidosperma desmanthum*) submetidas à deriva de glyphosate, verificaram as maiores taxas de crescimento na maior dose experimental de glyphosate, com 345,6 g e.a. ha⁻¹.

Ao analisar o perímetro do pseudocaule (Figura 12), observa-se efeito significativo das subdoses de glyphosate de 25 e 50% DAP com reduções de 17 e 29% aos 30 DAP e 50% da dose padrão com redução 20% aos 60 DAP.

O menor ganho do perímetro observado aos 30 e 60 DAP comparado com a testemunha deve-se provavelmente ao distúrbio metabólico causado pelo herbicida, inibindo o crescimento como um todo. O diâmetro do pseudocaule é uma importante característica, tendo em vista o frequente tombamento em decorrência dos ventos fortes na região.

Farias et al. (2012) observaram que as aplicações das subdosagens de glyphosate de 86,4; 172,8 e 345,6 g e.a ha⁻¹ reduziram o crescimento diamétrico do tronco (*Hevea brasiliensis* Aubl.), na comparação com a testemunha. Foresti et al. (2015), comparando os efeitos da deriva do glyphosate em mudas de laranjeira ‘hamlin’, observaram que nas plantas que receberam aplicação de glyphosate o diâmetro do caule foi menor do que na testemunha sem aplicação do herbicida entre o 25 e 50 DAP.

Figura 13 – Massa fresca do pseudocaule de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.



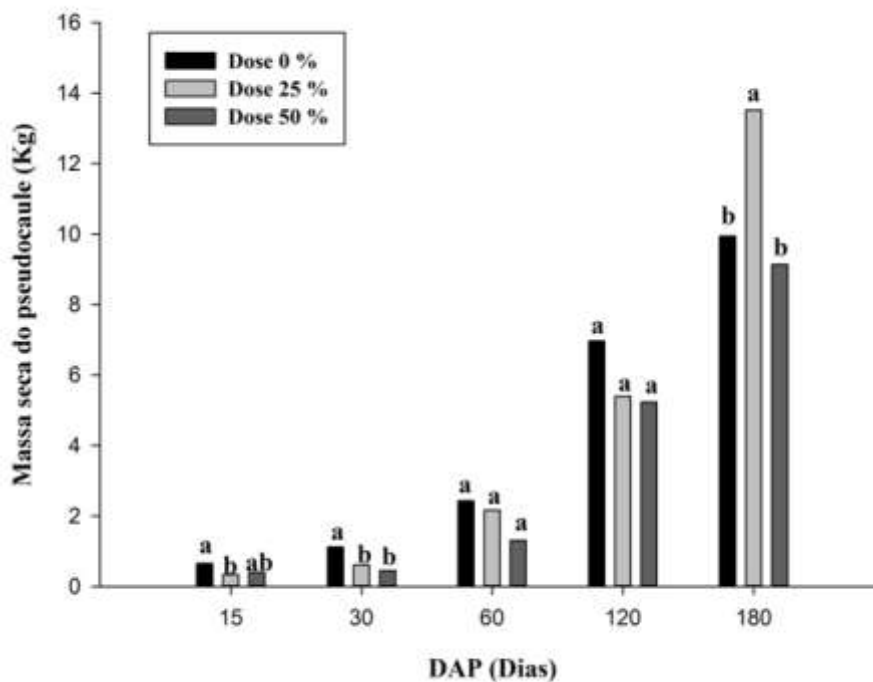
Médias seguidas por letras minúsculas distintas representam diferenças estatísticas entre as doses. As médias foram comparadas pelo teste Tukey a nível ($p>0,05$). Fonte: Elaborado pelo autor.

A produção de massa fresca do pseudocaule apresentou efeito negativo quando se aplicou as doses do glyphosate 15 DAP e 30 DAP do herbicida (Figura 13). Aos 15 DAP, a dose de 50% da dose padrão recomendada para a cultura provocou redução de 42%, comparada com a testemunha; na avaliação de 30 DAP, as doses de 25% e 50% tiveram efeito significativo comparado com a testemunha, com reduções de 33% e 55%, respectivamente.

Lobo de Andrade et al. (2018), avaliando o uso de bioestimulantes na reversão da injúria de glyphosate no milho convencional, observaram o decréscimo da fotossíntese líquida, altura de plantas, fitotoxicidade e massa fresca de parte aérea, tendo em vista que a redução da taxa fotossintética proporcionará menor altura de planta e menor produção de biomassa fresca da parte aérea e, possivelmente, da biomassa total.

Carvalho (2011), estudando três diferentes cultivares de café (Acaiá, Catucaí Amarelo, Topázio), observou redução de 22% da transpiração com a aplicação da dose de $460,8 \text{ g ha}^{-1}$, mostrando-se significativamente inferior à transpiração da testemunha (sem aplicação do herbicida).

Figura 14 – Massa seca do pseudocaule das plantas de bananeiras submetidas à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.



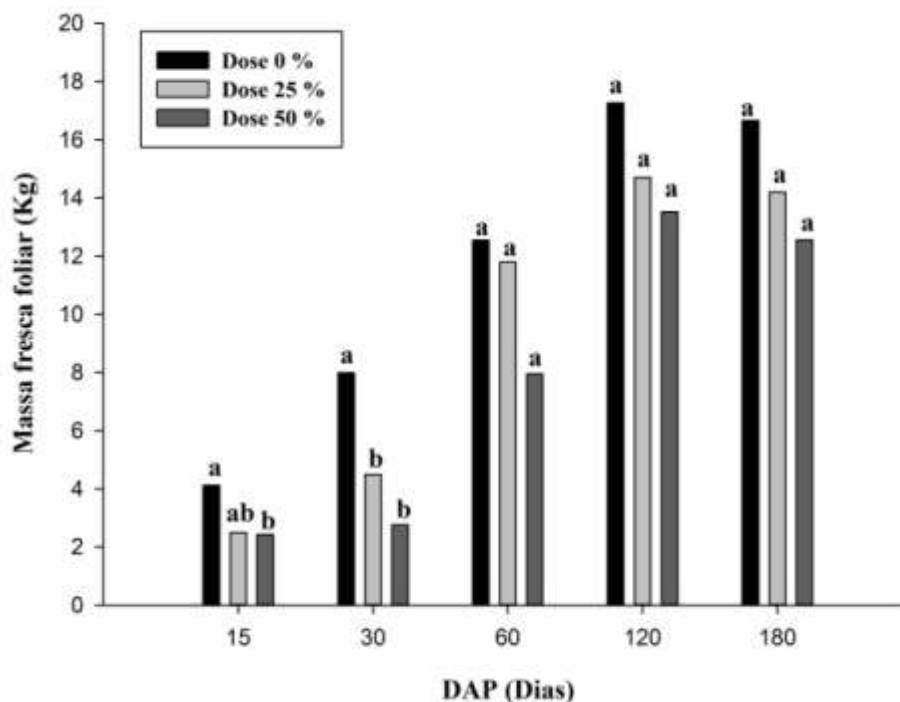
Médias seguidas por letras minúsculas distintas representam diferenças estatísticas entre as doses. As médias foram comparadas pelo teste Tukey a nível ($p>0,05$). Fonte: Elaborado pelo autor.

A matéria seca do pseudocaule das plantas de bananeira foi pouco afetada pelo aumento das doses de glyphosate 0, 25, 50%, diferindo significativamente nas avaliações de 15, 30 e 180 DAP, quando comparada à testemunha; aos 180 DAP, a matéria seca do pseudocaule na dose de 25% superou os valores observados na dose 50% e no controle.

A matéria seca do pseudocaule apresentou aumento nesta variável em comparação ao controle a partir dos 120 DAP, o que se deve provavelmente ao efeito de hormese.

Esse efeito estimulante observado na subdose de 25% aos 120 dias após a aplicação pode estar relacionado ao menor comprometimento na rota, ocasionado pela inibição da enzima EPSPS, e ao fato de que a aplicação em subdoses pode estimular o crescimento em algumas plantas, confirmando o que apontam (VELINI, et al, 2008; SILVA, et al, 2009), ao observarem que doses subtóxicas de glyphosate estimularam o crescimento de várias espécies, tais como eucalipto e pinus, e que essa estimulação ocorreu em diferentes partes da espécie avaliada.

Figura 15 – Massa fresca foliar de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.



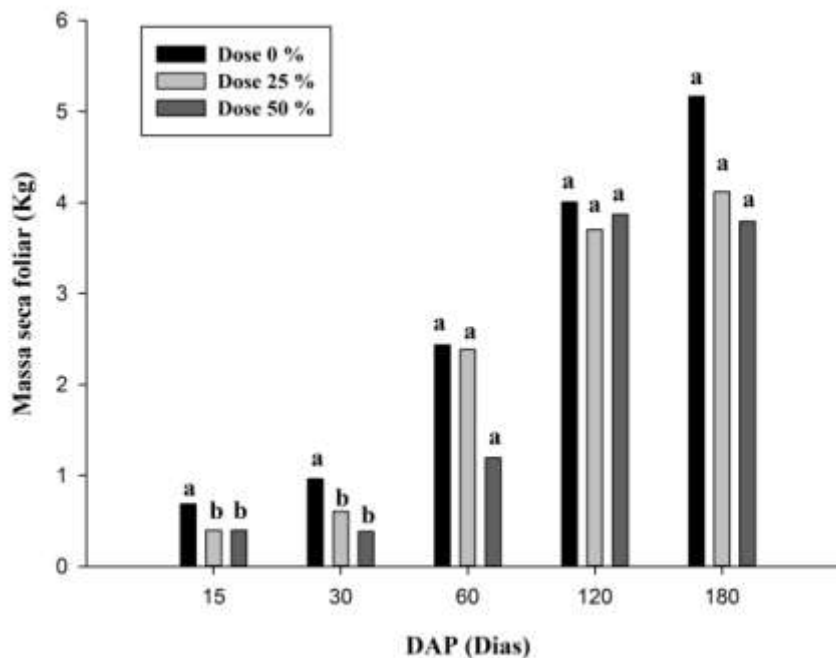
Médias seguidas por letras minúsculas distintas representam diferenças estatísticas entre as doses. As médias foram comparadas pelo teste Tukey a nível ($p > 0,05$). Fonte: Elaborado pelo autor.

As subdoses de glyphosate apresentaram efeito significativo pelo teste Tukey a nível $p > 0,05$ para os indivíduos de bananeira em relação à massa fresca das folhas. Provavelmente o

decréscimo da área foliar se deu em resposta aos danos causados pela intoxicação (Figura 9). Esse decréscimo pode ter diminuído a taxa fotossintética, se refletindo nos decréscimos na quantidade de matéria fresca de 14,6% e 29,82% nas doses de 25% 50%, respectivamente (Figura 14).

Com o desenvolvimento da planta sadia, ocorre em média o lançamento de uma folha por semana, com dimensões gradativamente maiores, especialmente no período que antecede a emissão do cacho. Segundo Amarante Junior et al. (2002), glyphosate inibe a enzima 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase (EPSPs) agem pela inibição na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos essenciais, fenilalanina, tirosina e triptofano.

Figura 16 – Massa seca foliar de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate e avaliada aos 15, 30, 60, 120 e 180 dias após aplicação das subdoses de 0,25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura. Mossoró-RN, 2020.



Médias seguidas por letras minúsculas distintas representam diferenças estatísticas entre as doses. As médias foram comparadas pelo teste Tukey a nível ($p > 0,05$). Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar a massa seca foliar de plantas de bananeiras cv. Prata Catarina, submetidas à deriva simulada de glyphosate nas subdoses de 0, 25 e 50% da dose padrão recomendada para a cultura (Figura 16), foram observadas reduções significativas aos 15 e 30 DAP, para as doses de 25% e 50% comparadas à testemunha, com diminuição 41,62% e 41,5% aos 15 DAP; na avaliação aos 30 DAP, observou-se reduções de 38% e 60% de massa seca, comparada com a testemunha.

O aumento da dose reduziu a matéria seca foliar, o que pode estar relacionada a um sintoma típico do herbicida a abscisão foliar. Costa et al. (2009), avaliando plantas de pinhão-manso, observaram que a redução no acúmulo de massa seca na cultura com a deriva de doses superiores a $45,0 \text{ g ha}^{-1}$ pode ser severamente prejudicial às plantas no período de 41 dias após a aplicação.

Santos et al. (2019) observaram que a tolerância diferencial de clones de *Eucalyptus grandis* expostos à deriva do glifosato na dose de $86,4 \text{ g ae ha}^{-1}$ reduziu o crescimento inicial, a matéria seca e a fotossíntese do eucalipto.

De acordo com Cavalieri et al. (2012), a matéria seca na parte aérea de plantas de soja foi reduzida pela aplicação de glyphosate. Langaro et al. (2014), estudando alterações fisiológicas no tomateiro em função da deriva simulada do herbicida glifosato, observaram redução dos pigmentos fotossintéticos, ocasionando maior estresse oxidativo.

4.2 QUALIDADE PÓS-COLHEITA

Na Tabela 5, estão representadas as médias de produtividade, com média de 32.5 kg, o peso do cacho com valor médio de 18,29 kg, o peso do cacho sem o engaço com valor médio de 17.18 kg, número médio de pencas do cacho obtido foi de 7,31, o peso da segunda penca teve uma média de 2,16 kg, comprimento médio do fruto com média de 15.22 cm; o diâmetro médio do fruto teve média de 39.32 mm e o número médio de dedos da segunda penca foi de 13,16.

Para a variável produtividade (Tabela 5), observa-se redução significativa da subdose de 50 quando comparada ao controle; a dose de 25% não diferiu estatisticamente do controle e da maior dose utilizada. A redução possivelmente está associada à intoxicação (Figura 9) e à redução de área foliar (Figura10) ocasionada pela dose de 50%, reduzindo a capacidade fotossintética da planta e comprometendo seu potencial produtivo.

Pode-se verificar que as doses de glyphosate de 25% e 50% promoveram reduções significativas no peso do cacho sem o engaço quando comparadas ao controle (sem aplicação), com decréscimo no peso do cacho de 17,55% e 22,9%. Analisando o peso do cacho sem o engaço, pode-se verificar comportamento semelhante ao anterior, com reduções de 8.95% e 21.41%, respectivamente. O número médio de pencas apresentou diferença significativa maior no controle e na dose de 25%, na comparação com a dose de 50%. De modo semelhante ao peso do cacho, o peso da segunda penca nas doses de 25% e 50% foi inferior ao controle ao controle, com redução de 5,5% e 21%, respectivamente.

De acordo com Vital Silva et al. (2017), o tratamento considerado como padrão (glyphosate) apresentou redução de 23% na produtividade em comparação à testemunha

capinada, possivelmente pelo fato de ter sido aplicado 60 dias após os tratamentos em pré-emergência, além de não apresentar controle residual após aplicação.

Nas variáveis comprimento e diâmetro (Tabela 5), verificou-se diferença significativa das doses de 25% e 50% quando comparadas ao controle. O número de médio de dedos da segunda penca (Tabela 5) não apresentou diferença significativa na média de 13 frutos por penca, o que pode ser justificado pelo modo de ação do herbicida, que atua sobre a síntese de aminoácidos, diretamente reduzindo área foliar e comprometendo a formação de raízes. Na ocasião da aplicação do herbicida, a cultura se encontrava recém-implantada, na fase desenvolvimento vegetativo e início da formação das raízes.

Tal fator pode explicar o retardo no número de dias até a colheita com cerca de um mês de atraso na produção, verificada na dose de 50% da dose padrão recomendada para a cultura, indicando alteração no ritmo de emissão foliar e no ritmo da diferenciação floral.

Tabela 5. Desdobramento da produtividade (PROD), peso do cacho (PC), peso do cacho sem o engajo (PE), número médio de pencas do cacho (NPC), peso da segunda penca (PSP), comprimento médio do fruto (CMF), diâmetro médio do fruto (DMF), número de dedos da segunda penca (NDSP) em resposta à deriva simulada de glyphosate na cultura da banana em um ciclo de produção. Mossoró, RN, 2020.

Tratamentos	PROD (Kg/ha)	PC (kg)	PE (kg)	NPC (Un)	PSP (kg)	CMF (cm)	DMF (mm)	NDS (Un)
Doses de glyphosate								
0	37.266 a	21.14 a	19,11 a	8,1 a	2.37 a	16 a	41.64 a	13.16 a
25%	30.930 ab	17.43 b	17,4 b	8,3 a	1.87 b	14.16 b	38.19 b	12.33 a
50%	29.480 b	16.3 b	15,02 b	6,3 b	2.24 ab	15.5 ab	38.14 b	14 a
CV (%)	14,37	10,72	9,62	13,36	13,26	7,97	4,35	9,64
Média geral	32.561	18,29	17,18	7,61	2,16	15,22	39,32	13,16

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Elaborado pelo autor.

Rodrigues et al. (2009) verificaram a influência de diferentes níveis de desfolha na produção e qualidade dos frutos da bananeira 'Prata-Anã', percebendo que maior número de pencas e de frutos ocorreu com a manutenção de, no mínimo, dez folhas na planta, porém o adequado enchimento dos frutos, que resulta em massa do cacho, exigiu um mínimo de 12 folhas.

Barrera et al. (2008), avaliando as características do cacho em função da desfolha, observaram diferenças significativas no desenvolvimento dos frutos, sendo necessárias no mínimo seis folhas funcionais para o desenvolvimento dos frutos.

Gravena (2006), avaliando a aplicação direta de glyphosato nas doses de 360, 720 e 1080 g e.a. ha⁻¹ sobre frutos de laranja, observaram que a altura e diâmetro não apresentaram diferença significativa.

Procopio et al. (2009) concluíram que a utilização do herbicida glyphosate no controle de plantas daninhas em coqueirais não afeta a queda de frutos e de folhas nas avaliações realizadas até os 28 dias após a aplicação, não diminuindo, conseqüentemente, o número de frutos comerciais na colheita seguinte.

Considerando as características de sólidos solúveis, acidez titulável, vitamina C, potencial hidrogeniônico e relação SS/AT, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6. Desdobramento das características de qualidade do fruto sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), vitamina C, potencial hidrogeniônico (pH), relação SS/AT em resposta à deriva simulada de glyphosate na cultura da banana em um ciclo de produção. Mossoró, RN, 2020.

Tratamentos	SS (° Brix)	AT (g 100g ⁻¹)	Vitamina C (mg 100g ⁻¹)	pH	Relação SS/AT
Doses de glyphosate					
0	19,98 a	0,45 a	19,58 a	4,60 a	32,44 a
25%	20,68 a	0,45 a	19,5 a	4,62 a	33,57 a
50%	21,52 a	0,47 a	19,72 a	4,61 a	35,35 a
CV (%)	11,21	13,10	2,30	3,20	11,43
Média geral	20,73	0,44	19,62	4,60	33,79

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Elaborado pelo autor.

Contudo, os valores médios observados confirmam os valores obtidos por Sarmiento et al. (2015), que avaliaram o efeito de danos mecânicos sobre a qualidade da banana 'Prata Catarina'. Gravena (2006), avaliando a qualidade dos frutos de laranja sob aplicação direta de glyphosato nas doses de 360, 720 e 1080 g e.a. ha⁻¹, verificou alteração pelos tratamentos com diferença significativa apenas para a quantidade de suco, 5% inferior aos outros tratamentos.

5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que as subdoses de glyphosate de 25% e 50% em deriva simulada reduziram significativamente as variáveis produtivas e morfológicas analisadas.

Nas épocas de avaliação após a aplicação do herbicida, a avaliação visual de intoxicação foi mais representativa até os 60 DAP, ao passo que a variável altura foi representativa até os 120 DAP, porém a dose de 25% foi significativamente maior, com tendência ao efeito hormético observado na variável matéria seca do pseudocaule.

A subdose de glyphosate de 50% reduziu a produtividade, quando comparada ao controle. Contudo, a dose de 25% não diferiu significativamente da testemunha.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. E.; OLIVEIRA, M. A.; ALVES, E. J.; DANTAS, J. L. L.; FILHO, W. S. S. **Banana para exportação: aspectos técnicos da produção**. 2ª ed., Brasília: Embrapa-SPI. Série Publicações Técnicas FRUPEX, n. 18, 1997.

ALVES, E. **Plantas daninhas na cultura da banana (*Musa sp.*)**. São: EdUNESP, 2005.

AL-KHATIB, K.; PARKER, R.; FUERST, E. P. Sweet cherry (*Prunus avium*) response to simulated drift from selected herbicides. **Weed Technol.**, Cambridge, v. 6, p. 975-979, 1992.

AL-KHATIB, K.; PARKER, R.; FUERST, E. P. Wine grape (*Vitis vinifera* L.) response to simulated herbicide drift. **Weed Technol.**, Cambridge, v. 7, p. 97-102, 1993.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul, RS: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. 88p.

ANDEF. **Manual de tecnologia de aplicação/ANDEF** - associação Nacional de Defesa Vegetal. -- Campinas. São Paulo: Linea Creativa, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17 ed. Washington, AOAC, 2002.

AMARANTE JÚNIOR, O. P. et al. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.

AGOSTINETTO, D. et al. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 271-278, jun. 2008.

BARRERA, J.; CAYÓN, G.; ROBLES, J. Influência da exposição das lojas e do epicarpo de frutos sobre o desarrollo e a qualidade do racimo do plátano 'Hartón' (*Musa AAB Simmonds*). **Agronomía Colombiana**, Córdoba, v. 27, n. 1, p. 8, 2008.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S.; ALVES, E. J. Exigências edafoclimáticas. In: CORDEIRO, Z. J. M. (org.). **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 17-23.

BUEHRING, N. W.; MASSEY, J. H.; REYNOLDS, D. B. Shikimic acid accumulation in field-grown corn (*Zea mays*) following simulated glyphosate drift. **J. Agric. Food Chem.**, Washington, v. 55, p. 819-824, 2007.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (org.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró: um município do semiárido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: ESAM, 1995. (Coleção Mossoroense, série B).

CARVALHO, J. E. B. **Sistema de produção de banana para o estado do Pará**. Embrapa mandioca e fruticultura. 2ª ed. Dezembro/2014.

CARVALHO, F. P. **Características fisiológicas do cafeeiro após aplicação do Glyphosate**. 2011. 45f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, 2011.

CAVALIERI, S. D.; VELINI, E. D.; SILVA, F. M. L.; SÃO JOSÉ, A. R.; ANDRADE, G. J. M. Acúmulo de nutrientes e matéria seca na parte aérea de dois cultivares de soja RR sob efeito de formulações de glyphosate. **Planta daninha**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 349-358, jun. 2012.

COLE, A. W.; CERDEIRA, A. L. Southern pea response to glyphosate desiccation. **HortScience**, v. 17, p. 244-246, 1982.

CORDEIRO, Z. J. M. (2005) **Cultivo da banana para o estado de Rondônia**.

EMBRAPACNPNTIA. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaRondonia/plantasdaninhas.htm>>. Acesso em: 02 fev. 2020.

COUPLAND, D. Metabolism of glyphosate in plants. In: GROSSBARD E.; ATKINSON, D. A. (org.). **The herbicide glyphosate**. London: Butterworths, 1985. p. 25-34.

COSTA, N. V.; ERASMO, E. A. L.; QUEIROZ, P. A.; DORNELAS, D. F.; DORNELAS, B. F. Efeito da deriva simulada de glyphosate no crescimento inicial de plantas de pinhão-mansão. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, p. 1105-1110, 2009.

DANTAS, J. L. L.; SOARES FILHO, W. S. S. Classificação botânica, origem e evolução. In: CORDEIRO, Z. J. M. (org.). **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 12-16.

DAYAN, F. E.; DUKE, S. O.; GROSSMANN, K. Herbicides as probes in plant biology. **Weed Sci.**, Cambridge, v. 58, p. 340-350, 2010.

DING, W.; REDDY, K. N.; KRUTZ, L. J.; THOMSON, S. J.; HUANG, Y.; ZABLOTOWICZ, R. M. Biological response of soybean and cotton to aerial glyphosate drift. **J. Crop. Improv.**, Abingdon, v. 25, p. 291-302, 2011.

DONNINI, S.; TESSARIN, P.; RIBERA-FONSECA, A.; FOGGIA, M.; PARPINELLO, G. P.; ROMBOLÃ, A. D. Glyphosate impacts on polyphenolic composition in grapevine (*Vitis vinifera* L.) berries and wine. **Food Chemistry**, v. 213, p. 26-30, 2016.

DUKE, S. O. Glyphosate degradation in glyphosate-resistant and susceptible crops and weeds. **J. Agric. Food Chem.** v.11, p.5835–5841, 2011.

DIAS, G. L. S. A. **Sintomas de fitointoxicação de culturas por herbicidas**. 2015. 52f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

FAOSTAT. **Agriculture Data Available**. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/>>. Acesso: 10 ago. 2018.

FRANCA, A. C.; CARVALHO, F. P.; FIALHO, C. M. T.; D'ANTONINO, L.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, L.R. Simulated glyphosate drift on Acaiá and Catucaí coffee cultivars. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, p. 443–451, 2013.

- FARIAS, C. C. M.; RONDON NETO, R.; YAMASHITA, O., & FARIAS, C. Efeitos de subdoses de glyphosate em plantas jovens de seringueira (*Hevea brasiliensis* Aubl.). **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 119-125, abr. 2012.
- FIGUEREDO, S. S.; LOECK, A. E.; ROSENTHAL, M. D.; AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L. C.; RIGOLI, R. P. Influência de doses reduzidas do glyphosate no tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 849-857, 2007.
- FORESTI, E. R. E.; NEPOMUCENO, M. P.; ALVES, P. L. D. C. A. Simulação da deriva de clomazone e glyphosate em mudas de laranja 'hamlin'. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 37, n. 2, p. 367-376, jun. 2015.
- GOMES, G. L. G. C.; IBRAHIM, F.N.; MACEDO, G. L.; NOBREGA, L. P.; ALVES, E. Cadastramento fitossociológico de plantas daninhas na bananicultura. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 61-68, 2010.
- GOMES, G. L. G. C. et al. Cadastro fitossociológico de plantas daninhas na bananicultura. **Planta daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 61-68, 2010.
- GRAVENA, Renan. **Respostas bioquímicas e fisiológicas de plantas de citros atingidas pelo glyphosate**. 2006. 145f. Tese (Doutorado em Agronomia - Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, 2006.
- GRUYS, K. J.; SIKORSKI, J. A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: SINGH, B. K. (org.). **Plant amino acids: biochemistry and biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1999. p. 357-384.
- IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Estatística da Produção Agrícola. 2019. p. 26-33.
- JAWORSKI, E. G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine: inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 20, p. 1195-1198, 1972.
- KOGER, C. H.; SHANER, D. L.; KRUTZ, L. J.; WALKER, T.W.; BUEHRING, N.; HENRY, W. B.; THOMAS, W. E.; WILCUT, J. W. Rice (*Oryza sativa*) response to drift rates of glyphosate. **Pest Manag. Sci.**, v. 61, p. 1161–1167, 2005.
- LIMA, M. B.; SILVA, S. O.; FERREIRA, C. F. (org.). **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- LICHTENBERG, L. A.; HINZ, R. H. Atualidades na colheita e pós-colheita da banana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 2010. **Anais...** Registro: SBF/APTA-SP/ ABAVAR, 2010. p. 59-99.
- LANGARO, A.; NOHATTO, M.; PERBONI, L.; TAROUCO, C.; AGOSTINETTO, D. Alterações fisiológicas na cultura do tomateiro devido à deriva simulada de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 40-46, abr. 2014.

- LOBO DE ANDRADE, C.; CARVALHO, M.; BARROSO, A.; ROSA, M.; GONÇALO, T.; BUCHLING, C.; RODRIGUES, R. Uso de bioestimulante na reversão de injúria de glyphosate no milho convencional. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 17, n. 4, p. e593 (1-9), dez. 2018.
- MATALLO, M. B.; ALMEIDA, S. D. B.; CERDEIRA, A. L.; FRANCO, D. A. S.; LUCHINI, L. C.; MOURA, M. A.; DUKE, M. S. O. Monitoramento do ácido chiquímico no manejo de plantas daninhas com glyphosate em pomar comercial de citros. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 77, n. 2, p. 355-358, 2010.
- MOURA FILHO, E. R.; MACEDO, L. P. M.; SILVA, A. R. S. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em cultivo de banana irrigada. **Holos**, Ano 31, v.2, p.92-97, 2015.
- OLIVEIRA, C. A. P.; SOUZA, C. M. Influência da cobertura morta na umidade, incidência de plantas daninhas e de broca-do-rizoma (*Cosmopolites sordidus*) em um pomar de bananeiras (*Musa* spp.). **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 345-347, ago. 2003.
- PEREIRA, M. R. R.; RODRIGUES, A. C. P.; CAMPOS, C. F.; FILHO, A. L. M.; MARTINS, D. Absorção de Subdoses Glyphosate aplicadas em diferentes locais de plantas de eucalipto. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, supl. 1, p. 589-594, jun. 2011.
- PETERSEN, I. L.; HANSEN, H. C. B.; RAVN, H. W.; SORENSEN, J. C.; SORENSEN, H. Metabolic effects in rapeseed (*Brassica napus* L.) seedlings after root exposure to glyphosate. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 89, p. 220–229, 2007.
- PFLEEGER, T.; BLAKELEY-SMITH, M.; HENRY LEE, E.; KING, G.; PLOCHER, M.; OLSZYK, D. Effects of single and multiple applications of glyphosate or aminopyralid on simple constructed plant communities. **Environ. Toxicol. Chem.**, v. 33, p. 2368–2378, 2014.
- PBMH; PIF – PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA; **PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS**. Normas de Classificação de Banana. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).
- PROCOPIO, S. O.; FONTES, H. R.; CARGNELUTTI FILHO, A.; FERREIRA, J. M. S.; FERNANDES, M. F. et al. Influência da aplicação de glyphosate na queda de frutos e de folhas de coqueiros. **Planta daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 337-344, jun. 2009.
- RONDON NETO, R.; BENETTI, E.; YAMASHITA, O.; GUSMÃO, G. Fitotoxicidade de perobamica (*Aspidosperma desmanthum*) submetidas à deriva de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 103-109, ago. 2011.
- ROLDER, C. A.; GRIFFIN, J. L.; HARRISON, S. A.; JONES, C. A. Wheat response to simulated glyphosate drift. **Weed Technol.**, Cambridge, v. 21, p. 1010–1015, 2007.
- RODRIGUES, J. J. V.; WORSHAM, A. D.; CORBIN, F. T. Exudation of glyphosate from wheat (*Triticum aestivum*) plants and its effects on intraplanting corn (*Zea mays*) and soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, Chichester, v. 30, p.316-320, 1982.
- RODRIGUES, M. G. V.; D, M. S. C.; PACHECO, D.; D. Influência de diferentes níveis de desfolha na produção e qualidade dos frutos da bananeira 'Prata-Anã'. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 755-762, Sept. 2009.

REIS, L. A. C.; CARVALHO, F. P.; FRANÇA, A. C.; FRANCINO, D. M. T.; PINTO, N. A. V. D.; FREITAS, A. F. Morfoanatomia foliar e variação bioquímica em cultivares de café sob simulação de deriva do glifosato. **Planta daninha**, Viçosa, v. 36, e018143560, 2018.

RÊGO, L. G. S., MARTINS, C. M.; SILVA, E. F., SILVA, J. J. A.; LIMA, R. N. S. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, State of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 1036-1042, 2016

SHANER, D. L. Role of translocation as a mechanism of resistance to glyphosate. **Weed Science**, Chichester, v. 57, p. 118-123, 2009.

SANTOS, G. C.; MAIA, V. M.; ASPIAZÚ, I.; PEREIRA, M. C. T.; DONATO, S. L. R.; NOBRE, D. A. C. Interferência de plantas daninhas na produção de banana 'Prata-Anã'. **Planta daninha**, Viçosa, v. 37, e019222533, 2019.

SANTOS, S. A.; TUFFI-SANTOS, L. D.; ALFENAS, A. C.; FARIA, A. T.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F. et al. Tolerância diferencial em clones de *Eucalyptus grandis* expostos à deriva dos herbicidas carfentrazone-ethyl e glyphosate. **Planta daninha**, Viçosa, v. 37, e019175977, 2019.

SCHRÜBBERS, L. C.; VALVERDE, B. E.; SORENSEN, J. C.; CEDERGREEN, N. Glyphosate spray drift in *Coffea arabica*—sensitivity of coffee plants and possible use of shikimic acid as a biomarker for glyphosate exposure. **Pestic. Biochem. Physiol.**, v. 115, p. 15-22, 2014.

SCHRÜBBERS, L.; VALVERDE, B. E. C.; STROBEL, B. W.; CEDERGREEN, N. Glyphosate accumulation, translocation, and biological effects in *Coffea arabica* after single and multiple exposures. **Europ. J. Agronomy**, v. 74, p. 133-143, 2016.

STASIAK, M. A.; HOFSTRA, N. J.; PAYNE, R.; PRASAD, R.; FLETCHER, A. Alterations of growth and shikimic acid levels by sublethal glyphosate applications on pin cherry and trembling aspen. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 21, n. 7, p. 1086-1090, 1991.

SOTO BALLESTERO, M. **Cultivo y comercialización Del banano**. 2. ed. Tibás: LIL, 1992.

SILVA, Wanderson da Costa. **Desempenho dos herbicidas indaziflam e glifosato na cultura do café conilon**. 2016. 60f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2016.

SILVA, J. F. et al. Herbicida: absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (org.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007.

SILVA, M. A., ARAGÃO, N. C., BARBOSA, M. A., JERONIMO, E. M., CARLIN, S. D. Efeito hormótico de glifosato no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 973-978, 2009.

SINGH, Balwinder et al. Bioactive compounds in banana and their associated health benefits – a review. **Food Chemistry**, v. 206, p. 1-11, 2016.

STROHECKER, R.; HENNING, H.M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967.

SARMENTO, J. D. A.; DE MORAIS, P. L. D.; ALMEIDA, M. L. B.; DA SILVA, G. G.; ROCHA, R. H. et al. Qualidade pós-colheita da banana 'Prata Catarina' submetida a diferentes danos mecânicos e armazenamento refrigerado. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 11, p. 1946-1952, nov. 2015.

TUFFI-SANTOS, L. D.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; MEIRA, R. M. S. A.; FERREIRA, FA.; TIBURCIO, R.; MACHADO, AFL. Leaf anatomy end morphometry in three eucalypt clones treated with glyphosate. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos., v. 69, ed. 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, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2005.

TUFFI-SANTOS, L. D. et al. Deriva de herbicidas e efeito de fungicida x herbicida em plantas jovens de pessegueiro. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 505-512, 2006.

TUFFI-SANTOS, L. D. et al. Crescimento do eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 133-137, 2007.

VITAL SILVA, V. F.; DENIS FERNANDO BIFFE, D.; CATAPAN, V.; POLESEL SILVA, V.; BALADELI, R. B.; CUBA, A. L. F. Uso potencial do novo herbicida indaziflam em pomares de banana. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 4, p. 325-332, out./dez. 2017.

WAGNER JUNIOR, A.; TUFFI SANTOS, L. D.; SANTOS, C. E. M.; SILVA, J. O. C.; PIMENTEL, L. D.; BRUCKNER, C. H.; FERREIRA, F. A. et al. Deriva simulada de formulações comerciais de glyphosate sobre maracujazeiro amarelo. **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 677-683, 2008.

WANG, Zhijun et al. Linking growing conditions to stable isotope ratios and elemental compositions of Costa Rican bananas (*Musa* spp.). **Food Research International**, v. 129, 2020.

YAMASHITA, O. M.; BETONI, J. R.; GUIMARÃES, S. C.; ESPINOSA, M. M. Influência do glyphosate e 2,4-D sobre o desenvolvimento inicial de espécies florestais. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 359-366, dez. 2009.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508-514, 1954.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Impact of glyphosate and *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis; with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, p. 825-831, 2004.

ZUCOLOTO, M.; LIMA, J. S. S.; COELHO, R. I. Modelo matemático para estimativa da área foliar total de bananeira 'Prata-anã'. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1152-1154, dez. 2008.