

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL**

The logo of the Universidade Federal do Amazonas is a circular emblem. It features a central figure of a person with arms raised, surrounded by a laurel wreath. Above the figure are three stars. The text "UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS" is written along the top inner edge of the circle, and "IN UNIVERSA SCIENTIA VERITAS" is written along the bottom inner edge. Two small dots are positioned on the left and right sides of the circle.

**CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO
GUARANAZEIRO COM HERBICIDAS, E SEUS EFEITOS
SOBRE BIOINDICADORES**

ANSSELMO FERREIRA DOS SANTOS

MANAUS

2018

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL**

ANSSELMO FERREIRA DOS SANTOS

**CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO
GUARANAZEIRO COM HERBICIDAS, E SEUS EFEITOS
SOBRE BIOINDICADORES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Orientador: Dr. José Ferreira da Silva

**MANAUS
2018**

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S237c Santos, AnselmoFerreira dos
Controle de plantas daninhas na cultura do guaranazeiro com herbicidas, e seus efeitos sobre bioindicadores. / AnselmoFerreira dos Santos. 2018
96 f.: il.; 31 cm.

Orientador: José Ferreira da Silva
Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.

1. invasoras. 2. manejo. 3. Paullinia cupana. 4. pesticidas. I. Silva, José Ferreira da II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO GUARANAZEIRO COM HERBICIDAS, E SEUS EFEITOS SOBRE BIOINDICADORES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Banca Examinadora



Prof. Dr. José Ferreira da Silva
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. Ernesto de Oliveira Serra Pinto
Universidade Federal do Amazonas



Profª. Drª. Flávia Camila Shimpl
IFAM *Campus* Presidente Figueiredo



Profª. Drª. Jânia Lilia da Silva Bentes Lima
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. José Odair Pereira
Universidade Federal do Amazonas

*Em especial a minha mãe, meu pai,
irmãos e sobrinhos pelo incentivo e
carinho.*

Dedico

Ao professor Jose Ferreira da Silva

Agradeço

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo favor imerecido concedido a mim.

Ao Professor Dr. José Ferreira da Silva, fonte de respeito e admiração, pela orientação, persistência, paciência, ensinamentos, pelo incentivo e dedicação em transmitir seus conhecimentos e por acreditar em minha capacidade.

A Professora Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino colaboração, paciência e apoio na realização deste trabalho.

À Companhia de Bebidas das Américas (Ambev).

Aos Engenheiros Agrônomos Roosevelt Hada Leal e Miriam Frota, funcionários da Companhia de Bebidas das Américas (Ambev), responsáveis técnicos pela condução do experimento, por todo empenho, dedicação e colaboração sem os quais não seria possível a realização dessa pesquisa. À equipe do Laboratório de Ciência das Plantas Daninhas (LCPD) os quais tenho muita admiração e respeito por todos. Aos meus familiares por todo incentivo ao longo deste trabalho.

À Universidade Federal do Amazonas, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, por possibilitar a realização dessa pesquisa, bem como a obtenção do título de Mestre e doutor. À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo. Enfim, a todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste sonho.

Muito Obrigado!!!

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
3 OBJETIVOS	17
4 HIPÓTESES:	17
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
CAPÍTULO I	28
LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO DE PLANTAS DANINHAS E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS NA CULTURA DO GUARANÁ	28
RESUMO	28
ABSTRACT	29
1 INTRODUÇÃO	30
2 OBJETIVOS	33
3 HIPÓTESES:	33
4 MATERIAL E MÉTODOS	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6 CONCLUSÃO	47
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
CAPÍTULO II	52
EFEITO DO HERBICIDA NA CULTURA DO GUARANAZEIRO	52
RESUMO	52
1 INTRODUÇÃO	54
2 OBJETIVOS	56
3 HIPÓTESES	56
4 MATERIAL E MÉTODOS	57
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
CONCLUSÃO GERAL	87

RESUMO

O conhecimento das alterações na comunidade infestante provocado pelo manejo de plantas daninhas é importante para definição de estratégias eficientes para o controle destas. Realizou-se um experimento de campo para avaliar os efeitos do uso de herbicidas de 16 herbicidas no controle de plantas daninhas, na cultura do guaranazeiro, e os efeitos sobre a produção de matéria seca na cultura do guaranazeiro. Nessa pesquisa foram utilizados os herbicidas e sua respectiva dose, expressa em g i.a.ha⁻¹: linuron 900, Atrazina 2500 bentazona 900, carfentrazona etílica 100, Atrazina (amina) 1750, paraquat 1200 + diuron 300, paraquat 600, setoxidim 230, glifosato 1557, Nicosulfurom, fenoxaprope-P-etílico 250, Metribuzin 720, Flumioxazina 125, 2-4D 300, Haloxifope-p-metílico 50, clomazone 72, capina mecânica e sem capina, o delineamento foi em blocos casualizados com 18 tratamentos e quatro repetições, sendo cada parcela composta de quatro plantas de guaraná na área útil. Antes da aplicação da calda herbicídica, a área foi roçada para padronizar a população de plantas daninhas, quando as plantas daninhas estavam com 30 cm de altura realizou aplicação dos tratamentos com um pulverizador costal, com capacidade de 20 L, com pontas de pulverização do tipo 110.02. Foi avaliado o efeito de herbicidas em plantas de guaraná e em plantas daninhas em escala de notas, avaliado a porcentagem de controle das plantas daninhas em relação a testemunha, a severidade da antracnose, florescimento, germinação do grão de pólen, cafeína, teobromina, teofilina e produtividade do guaranazeiro na fazenda Santa Helena, Maués-AM. Para as comparações de médias foram feitas análise conjunta (2016-2017) pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) de probabilidade utilizando o *software* assistat. O tratamento linuron indica bons rendimentos agrônômicos durante o período de avaliação de maneira geral destaca dentro os demais tratamentos.

Palavras-chave: invasoras, manejo, *Paullinia cupana*, pesticida.

ABSTRACT

The Knowledge of changes in the weed community provoked by weed management is important for the definition of efficient strategies to their control. Was performed a field experiment to evaluate the effects of the herbicide of the 16 herbicide used on weed control in the guaraná crop, and the effects on dry matter production in the guaraná crop. In this research were used herbicides and their respective dose, expressed in g iaha-1: linuron 900, Atrazine 2500 bentazone 900, ethyl carfentrazone 100, Atrazine (amine) 1750, paraquat 1200 + diuron 300, paraquat 600, setoxidim 230, glyphosate 1557, Nicosulfurom, phenoxaprope-P-ethylic 250, Metribuzin 720, Flumioxazine 125, 2-4D 300, Haloxyfop-P-methyl 50, clomazone 72, mechanical weeding and without weeding, the design was in a randomized block with 18 treatments and four replicates , each plot being composed of four guaraná plants in the useful area. Before application of the herbicide syrup, the area was scrubbed to standardize the weed population; when the weeds were 30 cm high, the treatments were applied with a costal sprayer with a capacity of 20 L, with spray tips of the type 110.02. The effect of herbicides on guaraná and weed plants was evaluated in the grading scale, evaluated the percentage of weed control in relation to control, severity of anthracnose, flowering, germination of pollen grain, caffeine, theobromine, theophylline and yield of guaraná in the farm Santa Helena, Maués-AM. For the comparisons of means were done joint analysis (2016-2017) by the Scott-Knott test ($p \leq 0.05$) probability using the assistat software. The treatments linuron indicates good agronomic yields during the period of evaluation in general it stands out in the other treatments.

Key words: invasive, handling, Paullinia cupana, defensive.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de guaraná do mundo, com uma área plantada de 15.182 ha e uma produção de 3658 t em 2015 (ATROCH, 2016; FIGUEROA, 2016; IBGE 2016). Estima-se que 70% da produção seja absorvido pelas indústrias de refrigerantes gaseificados, sob a forma de xarope, enquanto que os 30% restantes são comercializados sob a forma de pó, bastão, extrato para consumo interno e para a exportação (SCHIMPL et al. 2013; COSTA et al. 2017; SOARES, 2017).

O Amazonas já há deixou de ser o maior produtor nacional, conforme revelam os dados do IBGE (2016), sendo ultrapassado pela Bahia nos quesitos produção e produtividade, e pelo Mato Grosso em produtividade somente. Tais diferenças substantivas de produtividade referem-se ao fato de o sistema de produção adotado na Bahia e Mato Grosso utilizar a combinação de grandes áreas de monocultivo, irrigação e uso intensivo de defensivos agrícolas e está relacionado também com questões patogênicas (SUFRAMA, 2013).

Um dos fatores limitantes da produção no Estado do Amazonas é a interferência de plantas daninhas, estas plantas competem diretamente por água, luz e nutrientes, e/ou indiretamente servindo como hospedeiras de pragas e doenças (SOUZA, 2017), como a antracnose, considerada a principal doença do guaranazeiro (BENTES e COSTA NETO, 2011; MILÉO, 2007; ARAÚJO et al. 2002).

Do ponto de vista agrônomo, o conhecimento da diversidade de espécies é de fundamental importância para o entendimento da dinâmica das plantas daninhas versus culturas (KRENCHINSKI, 2015; SANTOS et al. 2016). De acordo com Cruz et al. (2014) e Albuquerque (2013) é importante e necessária a identificação das espécies de plantas daninhas, pois cada espécie apresenta o seu potencial de estabelecer-se na área e sua agressividade pode interferir de forma diferenciada entre as culturas.

A seletividade de uma cultura a um herbicida, é definida pela capacidade de algumas moléculas de eliminar plantas daninhas que se encontram presentes na cultura, sem reduzir-lhe a produtividade e qualidade do produto final obtido (SOUZA et al. 2017). Apesar de o controle químico apresentar vantagens sobre os demais métodos de controle de plantas daninhas, deve-se ressaltar que este só pode ser praticado com o uso de herbicidas seletivos para a cultura (SCARIOT et al. 2013).

A antracnose e outro fator que limita a produção e a expansão da guaranicultura no Amazonas. Estudos relacionados com a interação *Colletotrichum spp.*-hospedeiros são comuns na literatura, mas pouco se sabe sobre o patossistema *C. guaranicola* guaranazeiro e aplicação de herbicidas em plantas invasoras. Além de serem escassas as informações sobre a fitossociologia das plantas daninhas ao longo do cultivo do guaraná, e sobre a seletividade de herbicidas na cultura de guaraná. Para um manejo adequado, é essencial o conhecimento do potencial de injúria que associações de herbicidas podem ocasionar à cultura. Dentro desse contexto, objetivou com essa pesquisa no município de Maués, Amazonas avaliar a seletividade de herbicidas à cultura de guaraná e efeitos na cultura do guaranazeiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica e social do guaraná

O Brasil é o único produtor comercial de guaraná e atende ao mercado internacional e nacional, sendo Maués o principal município produtor do Estado do Amazonas, onde cerca de 2.600 famílias cultivam 3.120 ha de guaranazais (NASCIMENTO FILHO et al., 2007; ALVES, 2015; CONAB, 2016). A produção de guaraná vem ganhando importância cada vez maior no cenário econômico e social, especialmente para a região amazônica, onde ele é produzido principalmente pela agricultura familiar.

Em 2014, mais de 2,8 mil famílias atuaram no cultivo do fruto em uma área de plantio de aproximadamente 6,7 mil hectares no Estado do Amazonas. Desse total, apenas duas propriedades utilizam áreas maiores que 400 ha. Significando que os pequenos produtores são responsáveis pela maior parte da área plantada, possuindo em torno de um a três hectares cultivados com guaraná (CONAB, 2016).

Até os anos 80, a cidade de Maués era líder absoluta na produção do guaraná, com 90% da produção brasileira. A crescente demanda do produto na forma de extrato de guaraná pelas indústrias de refrigerantes, farmacêuticas e de cosméticos estimularam a expansão da guaranicultura em estados vizinhos como Acre, Pará e Mato Grosso, chegando até a região cacaueteira no sul da Bahia, que atualmente é a maior produtora (IBGE, 2016).

No entanto, o preço de comercialização da semente do guaraná na Bahia é menor (R\$ 13,00 Kg⁻¹) em relação ao Amazonas (R\$ 21,00 kg⁻¹) (CONAB, 2016). Isso se deve, em grande parte, à comercialização direta da produção do guaraná amazonense com grandes indústrias de refrigerantes localizadas no Estado, as quais não adquirem o produto da Bahia, devido ao alto custo com transporte e encargos (ALBERTINO, et. al, 2012).

Atualmente há indícios de um crescimento sustentável da produção de sementes de guaraná no Amazonas, com base na distribuição de mudas resistentes a doenças e de alta produtividade pela Embrapa-AM e na implantação de projetos empresariais de cultivo que tendem a adotar padrões agrícolas tecnificados (CONAB, 2016).

O alto consumo nacional de bebidas gaseificadas contendo extrato de guaraná abre perspectivas mercadológicas para investidores com foco no crescente mercado, bem como o surgimento de novos produtos baseados em evidências benéficas à saúde humana proporcionada pelas substâncias presentes nessa planta, que podem levar a maior aceitação e, conseqüentemente, maior demanda por guaraná (SCHIMPL, 2013).

Estimativas sugerem que a Bahia permanecerá em primeiro lugar no *ranking* brasileiro, com 2.600 toneladas e o Amazonas deverá produzir o mesmo quantitativo de 2016, se colocando em segundo lugar com 855 toneladas, as áreas plantadas com guaranazais no Brasil permanecerá próximos aos 11,4 mil hectares e a produtividade não mudará muito ficando próximo aos 312 kg há⁻¹, os preços recebidos pelos produtores de Guaraná em Grãos, no mês de fevereiro/2016, quando comparados com o mesmo período do ano de 2015 tiveram aumentos assim definidos: 1,22% no Amazonas e, na Bahia de 2,28%. Já em relação ao mês de janeiro de 2016, observa-se variação positiva de 0,73% e 4,0%, no Amazonas e na Bahia, respectivamente. Os aumentos verificados são por conta da demanda que, embora pontual, mantém os preços aquecidos. (CONAB, 2016).

Portanto, o guaraná é uma cultura que oferece oportunidades de negócios para as indústrias, remuneração para os produtores e, ainda contribui para a fixação do homem no meio rural, destacando-se como um dos produtos de alto potencial econômico e de grande significado social no meio rural amazônico (CRAVO, 2001).

O cultivo comercial do guaraná tem sido incentivado por meio de práticas agrícolas e novas tecnologias geradas pelas pesquisas. O conhecimento sobre a cultura

evoluiu consideravelmente nos últimos anos, mas muito ainda necessita ser feito (ALBERTINO et al., 2012).

2.2 Uso de herbicidas em guaranazais

O uso de herbicidas em plantios de guaraná é pouco pouco estudada. A literatura cita que Foster (1957) usou Carpinox, um produto a base de arsênico mineral. Também Freire et al. (1988) testaram quatorze herbicidas isolados e uma mistura em pré e pós emergência em plântulas de guaraná em Ilhéus, BA. Destes os mais eficientes foram Metribuzin, Oxifluorfen, Paraquat, Ametrina, Asulam, Glifosato e MSMA em pós-emergência e Metribuzin, Simazina, Atrazina, Hexazinone + Diuron, Ametrina, Oxifluorfen, Metolachlor e Diuron. Freire et al. (1990) avaliaram 5 herbicidas isolados e 10 misturas na Fazenda Brahma, em Camamu, BA, onde todas as misturas foram eficientes no controle das dicotiledôneas, notadamente Ametrina + Paraquat, Atrazina + Paraquat, Metolachlor + Paraquat, MSMA + Diuron, Oxifluorfen + Paraquat e Simazina + Paraquat.

Entre os herbicidas usados, o glifosato é o mais utilizado devido ao seu mecanismo de ação e as suas propriedades físico-químicas que propiciam esta técnica. Este herbicida é um produto sistêmico e não seletivo, porém seu uso continuado pode ocasionar resistência as plantas daninhas. Uma das estratégias de controle que busca evitar a seleção de espécies tolerantes/resistentes é a mistura do glifosato com outros herbicidas, que aumenta o espectro de ação (MALIK et al., 1989; HESS, 1994; CHRISTOFFOLETI et al., 1994).

O guaranazeiro é cultivado no interior do Amazonas com baixo nível tecnológico, sendo a remoção das plantas daninhas feita com enxada, porém este método de controle em épocas chuvosas torna-se muito ineficiente e inviável em áreas extensas, devido ao seu alto custo e dificuldade de encontrar mão-de-obra na região (SILVA e COUTINHO, 2000).

Para a cultura do guaraná recomenda-se fazer de duas a quatro capinas no coroamento das plantas por ano e duas roçagens nas entrelinhas, de acordo com o tamanho da área (CAMPOS, 1971). Na prática, a realização das capinas difere do que é recomendação da pesquisa. A maioria dos agricultores realizam uma capina por ano, em razão do alto custo da operação. Nos sete primeiros anos da implantação do cultivo o controle das plantas daninhas pode chegar a 33,2% do custo total do empreendimento, fazendo-se uma capina anual com uma produtividade de 300 g/planta/ano e da ordem de 20,3% desse custo para a realização de três capinas anuais com uma produtividade de 1 kg/planta/ano (CASTRO, 1971).

De modo geral, a maioria dos agricultores do Amazonas, acredita ser vantajoso manter o solo sob as plantas de guaraná livre de plantas daninhas e para isso realizam uma capina ao ano. Entre os agricultores existe a crença de que as folhas mortas e resto de cultura sejam prejudiciais à planta, por isso não usam a cobertura morta e deixam o solo descoberto (CASTRO, 1971).

Na Bahia o controle de plantas daninhas é realizado por meio de roçagens a facão e capinas a enxada, práticas onerosas e que não atingem seu objetivo, porque as plantas daninhas vegetam o ano inteiro e continuam interferindo com o crescimento do guaranazeiro (FREIRE et al., 1988). A alternativa a este problema é o uso de herbicidas por ser o método mais eficiente e, em áreas extensas reduz o custo de produção, solucionando o problema de escassez de mão-de-obra no meio rural e proporcionando controle mais rápido e eficiente comparado aos procedimentos de capina mecânica (DEUBER, 1992; MAROCHI, 1993; ZOSCHKE, 1994).

As plantas daninhas requerem os mesmos fatores exigidos pela cultura, ou seja, água, luz, CO₂, nutriente e espaço físico, estabelecendo um processo de competição e interferência que pode ser determinado pela composição florística, pela cultura, pelo ambiente e pelo período de convivência (KARAM et al., 2007). Quanto maior a

população da comunidade de plantas daninhas, maior será a quantidade de indivíduos que disputam os recursos do meio e mais intenso será a competição com a cultura. Além disso, espécies morfológica e fisiologicamente próximas apresentam exigências semelhantes em relação aos recursos, tornando ainda mais intensa a competição e causando maiores perdas no rendimento (SILVA e DURIGAN, 2006). A intensidade da competição imposta pelas plantas daninhas, normalmente, é avaliada por meio de decréscimos de produção e pela redução no crescimento da planta cultivada, em consequência à competição pelos recursos disponíveis no ambiente (AGOSTINETTO et al., 2008), da liberação de substâncias alelopáticas e, de forma indireta, pela transmissão de pragas, doenças e nematoides, quando são hospedeiras desses patógenos, além de dificultarem a os tratos culturais e a colheita (OLIVEIRA JR. et al., 2011).

2.3 Antracnose do Guaranazeiro (*Colletotrichum guaranicola* albuq.)

Albuquerque (1960) foi quem primeiramente identificou a espécie *C. guaranicola* em folhas de guaranazeiro coletadas na cidade de Maués, Estado do Amazonas. Depois dele, Bentes e Barreto (2004) fizeram a reavaliação taxonômica de *C. guaranicola*, concluindo não haver ocorrência do patógeno em outros hospedeiros, além do guaranazeiro. Concluem também que outras características como coloração da colônia, aspecto do micélio e presença de setas são difíceis de serem comparadas devido à grande variação entre e dentro das espécies de *Colletotrichum*. Posteriormente, Miléo et al. (2007) relataram que várias espécies de plantas daninhas são colonizadas pelo fungo *C. guaranicola* em cultivos de guaranazeiro situados em quatro municípios do Estado do Amazonas. O estudo da presença/identificação do fungo foi realizado através de isolamentos feitos a partir de fragmentos de folhas lesionadas e morfologia de conídios, concluem assim que espécies daninhas podem se constituir em fonte de inóculo potencial de propagação e sobrevivência do patógeno, reforçando a importância de se estabelecer

práticas de manejo visando o controle dessas plantas nas áreas de cultivos (MILÉO et al. 2007).

O controle das antracnoses provocadas pelas diversas formas de *Colletotrichum* spp. é feito hoje quase que exclusivamente através de pulverizações semanais alternadas com fungicidas, os quais, além de encarecerem a atividade, colocam em risco o meio ambiente e o próprio homem. E para que novos avanços significativos sejam produzidos no sentido de um controle epidemiológico eficiente e duradouro, torna-se essencial o entendimento das relações patógeno–hospedeiro em nível molecular (BENTES e COSTA NETO, 2011).

2.4 Polinização

A polinização é um fator de produção fundamental na condução de muitas culturas agrícolas, é considerada a atividade mais importante “em benefício da humanidade”, garantindo bons rendimentos, aumento no número de grãos, melhoria na qualidade dos frutos e redução nos índices de malformação, aumento do teor de óleos e outras substâncias extraídas dos frutos, grãos e sementes, encurta o ciclo de certas culturas agrícolas além de uniformizar o amadurecimento dos principais produtos agrícolas como frutas, grãos, sementes, nozes, amêndoas, vagens, folhagens, essências, corantes naturais, etc., utilizados em larga escala (WILLIAMS et al., 1991; FREE, 1993; FREITAS, 1998; MICHENER, 2000; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., et al, 2012).

A produção do pólen é uma prática complexa que envolve várias atividades de campo e laboratoriais, com rigoroso controle de qualidade em todas as etapas de produção, pois esta tem de garantir um mínimo de germinação. A viabilidade polínica é condição preliminar indispensável ao melhoramento genético, uma vez que permite obter maior sucesso nos cruzamentos realizados. Além disso, é muito importante na condução da polinização assistida, pois quanto maior o número de frutos fecundados no cacho, maior será o rendimento da colheita (IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., et al, 2012).

Cerca de 87% das angiospermas são dependentes em algum grau da polinização realizada por animais (OLLERTON et al., 2011). Tal dependência vai além da formação de frutos ou sementes, uma vez que a qualidade nutricional de tais alimentos é maior quando originados de plantas devidamente polinizadas (AIZEN et al., 2009). Estima-se que um terço de toda a alimentação humana tem como origem espécies vegetais que dependem da polinização por insetos para produzirem frutos e sementes (VERGARA et al., 2014).

No Brasil, de 141 culturas, 85 delas dependem dos serviços de polinizadores e um terço do total apresenta dependência grande ou essencial de polinizadores, dentre elas estão o guaraná, café, maçã, maracujá, girassol, trigo, algodão arbóreo e cana-de-açúcar (GIANNINI et. al., 2015).

O guaraná é espécie monóica, cuja polinização natural é efetuada por insetos, principalmente pelas abelhas. Possui pequena quantidade de pólen por flor, e a curta duração da antese masculina e feminina limita a possibilidade de realização de cruzamentos manuais em grande escala, embora, de acordo com Schultz e Valois (1974) o período de floração por indivíduo seja, em média, de 25 dias, com variação de 5 a 45 dias.

A abertura de flores de guaraná ocorre desordenadamente na inflorescência, não havendo abertura de flores masculinas e femininas em um mesmo dia, em uma mesma inflorescência. A média de flores femininas por inflorescência é de 42, com valores extremos de 0 a 136, e a de flores masculinas, de 259, com valores extremos de 69 a 506. A abertura de flores masculinas em uma mesma inflorescência dá-se, em média, por 18 dias não-consecutivos, e a de femininas, em dois dias, também não-consecutivos. Em 77% do total de dias de abertura de flores, em uma mesma planta, somente se abrem flores masculinas. Em 14,7% abrem-se flores masculinas e femininas em inflorescências

diferentes, e em 8,3% abrem-se flores femininas isoladamente, em uma mesma planta (MOREIRA FILHO et al., 1975).

A correlação positiva e significativa entre a relação de flores masculinas e femininas e a produção evidenciam a importância da quantidade de flores masculinas como fonte de pólen (GIANNINI et. al., 2015).

A abertura das flores de guaraná ocorre durante a noite. O processo se inicia aproximadamente, às duas horas da manhã e termina entre 4 e 4 h 30min (ESCOBAR et al., 1984). O conhecimento do sistema reprodutivo da espécie é de fundamental importância para a escolha dos métodos de melhoramento mais apropriados. No guaranazeiro, os métodos utilizados são característicos das plantas alógamas, apesar da existência de uma taxa variada de autofecundações naturais.

2.5 Prolina

Vários mecanismos de proteção são ativados nas plantas em resposta a condições adversas de crescimento (MARIJUAN e BOSCH, 2013). Entre estes mecanismos, um que vem sendo muito estudado, em razão de sua sensibilidade de resposta às condições de estresse (TROVATO et al., 2008; VERBRUGGEN e HERMANS, 2008; ASHRAF et al., 2011), é o acúmulo de prolina nos tecidos das plantas. Em plantas, o acúmulo de prolina está relacionado a estresse hídrico, salino, alta e a baixa temperatura, metais pesados, infecção por patógenos, anaerobiose, deficiência de nutrientes, poluição atmosférica, radiação UV e ação de herbicidas (HARE e CRESS 1997; SARADHI et al., 1995; SIRIPORNADULSIL et al., 2002; MILÉO, 2014; GONÇALVES, 2015).

O acúmulo de prolina fornece um importante parâmetro para a seleção de plantas resistentes (VERBRUGGEN e HERMANS, 2008). Além disso, é comum a constatação de que teores aumentados de prolina atenuam os efeitos de estresses e desempenha papel de adaptação em tolerância a esses estresses pela planta (CVIKROVÁ et al., 2013; FILIPPOU et al., 2014). Segundo esses autores, o acúmulo ocorre pela síntese ou pela

inibição do processo de oxidação da prolina (ASHRAF et al., 2011; SZÁBADOS et al., 2011).

O nível de acumulação de prolina em plantas varia de espécie para espécie e pode ser 100 vezes maior do que em situação de controle. Estresse osmótico, que incluem tratamentos de redução do potencial osmótico, é o mais estudado, pois representa uma grande preocupação na agricultura (VERBRUGGEN e HERMANS, 2008). A prolina foi proposta para atuar como um osmólito compatível e ser uma maneira de armazenar C e N (HARE e CRESS 1997). A salinidade e a seca induzem estresse oxidativo.

O acúmulo de prolina também tem sido proposto para funcionar como proteção molecular para estabilizar a estrutura das proteínas, além de ser uma forma de tamponar o pH no citosol e para equilibrar estado redox da célula. Por fim, a acumulação de prolina pode ser parte do sinal de tensão para influenciar respostas adaptativas (MAGGIO et al., 2002).

Em plantas, há dois precursores diferentes da prolina. A primeira via é a do glutamato, que é convertido em prolina por duas reduções sucessivas catalisadas pela pirrolina-5-carboxilato de sintase (P5CS) e pirrolina-5-carboxilato de redutase (P5CR), respectivamente. Um precursor alternativo para a biossíntese de prolina é a ornitina, que pode ser transaminada a P5C pela aminotransferase (OAT), uma enzima localizada na mitocôndria. O glutamato é a principal via durante o estresse osmótico (HU et al., 1992).

A biossíntese de prolina ocorre no citosol e nos plastos (como cloroplastos em tecidos verdes). A degradação ocorre nas mitocôndrias (FILIPPOU et al., 2014) e é catalisada por duas enzimas. A prolina desidrogenase (ProDH) catalisa a conversão de prolina em pirrolina-5-carboxilato (P5C) que é, então, oxidada a glutamato pela P5C desidrogenase (P5CDH) (CVIKROVÁ et al., 2013). O acúmulo da prolina não ocorre unicamente como resposta ao estresse. Estudos demonstram seu papel no desenvolvimento de plantas, principalmente no florescimento e formação do grão de

pólen. Nesse caso, a prolina atua como fonte de energia, já que a oxidação de uma molécula resulta em 30 ATPs (HU et al., 1996). Ainda nesse contexto, é importante saber como a prolina influencia outras vias de energia e metabolismo do carbono durante condições de estresse e recuperação. A biossíntese da prolina regula a razão NADP⁺/NADPH, cuja variação afeta o fluxo de carbono pela via oxidativa da pentose fosfato (HARE e CRESS, 1997). A prolina desempenha função adaptativa na tolerância das plantas ao estresse, principalmente devido à sua propriedade osmoprotetora cuja função é manter o equilíbrio hídrico e preservar a integridade celular de proteínas, enzimas e membranas, para a continuidade de atividades vitais, como uma estratégia adaptativa das plantas aos vários estresses (MILÉO, 2014; GONÇALVES, 2015).

2.6. Metabolitos secundários

Os metabólitos secundários de planta são classificados em três grupos quimicamente distintos: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados. No último grupo encontram-se os alcaloides, representando cerca de 20% de todos os produtos do metabolismo especializado vegetal (OGAWA et al., 2001). A cafeína juntamente com outras metilxantinas e ácidos metilúricos são alcaloides derivados de bases nitrogenadas, as purinas adenina e guanina, sendo denominados alcaloides purínicos (SCHIMPL, 2013). Alcaloides purínicos estão presentes em mais de 80 espécies vegetais, sendo preferencialmente acumulados ácidos metilúricos ou teobromina. A presença de cafeína é relatada em 13 ordens de plantas, a maioria eudicotiledôneas, Café (*Coffea arabica*), chá (*Camellia sinensis*), mate (*Ilex paraguariensis*) e cola (*Cola acuminata*), acumulam majoritariamente cafeína com concentrações em média de 1% da matéria seca (MAZZAFERA et al., 2009; OGAWA et al., 2001; ASHIHARA e CROZIER, 2011). Outras espécies como *Camellia irrawadiensis* (NAGATA e SAKAI, 1985), *Camellia ptilophylla* (ASHIHARA et al., 1998) *Theobroma*

cacao (HAMMERSTONE et al., 1994; PURA NAIK, 2001; KOYAMA et al., 2003) acumulam mais teobromina.

Dentre os principais constituintes químicos do guaraná encontram-se as metilxantinas (cafeína, teofilina e teobromina) e os taninos condensados, que são compostos por unidades monoméricas interligadas, sendo as principais a catequina e a epicatequina (MORAES et al., 2003; HEARD et al., 2006; USHIROBIRA et al., 2007).

Segundo algumas pesquisas as sementes de guaraná podem conter de 2,5 a 6% de cafeína (HECKMAN et al., 2010). Schimpl (2013) detectou que em todos os tecidos e estádios analisados havia a presença de metilxantinas, que mostrou ser a variável entre tecidos e estádios de desenvolvimento, e observou que em caule e folha, a teobromina foi a metilxantina encontrada em quantidade mais expressivas. O guaraná é a espécie na qual foi encontrado o maior conteúdo de cafeína já descrito em vegetais. Suas sementes podem conter de 2,5 a 6% de cafeína (SPOLADORE, 1987; HECKMAN et al., 2010; OLIVEIRA, 2010). As outras metilxantinas, como teobromina e teofilina, também foram encontradas em tecidos de guaraná, mas em menor proporção, abaixo de 0,3% (WISNIEWSKI, 1955; OLIVEIRA, 2010). A cafeína destaca-se entre os alcaloides pela sua aplicação industrial, estando presente na composição de diferentes produtos (café, chá, chocolates, refrigerantes de cola, produtos de beleza, medicamentos, etc.) e por consequência dessa diversidade de produtos, estima-se que cerca de 80% da população em geral faz uso dessa substância diariamente, embora seja muito difícil quantificar seu consumo (JULIANO e GRIFFITHS, 2004; MAZZAFERA et al., 2009; SCHIMPL, 2013).

O primeiro isolamento de cafeína foi feito em 1820 por Friedlieb Ferdinand Runge a partir do chá (*C. sinensis*) e do café (*C. arabica*), junto com outras metilxantinas, incluindo teobromina (3,7 dimetilxantina), paraxantina (1,7-dimetilxantina) e ácido metilúrico (Anaya et al., 2006; Mazzafera et al., 2009). Na mesma década (1826),

Theodor Martius realizava o primeiro estudo químico em guaraná e descrevia a massa do guaraná como constituída por óleo graxo verde, resina, goma, amido, celulose e uma matéria cristalina, branca e amarga, a qual denominou guaranina (MARTIUS, 1840; CORRÊA, 1926). Mais tarde, Berthemot e Dechastelus (1840) revelaram que guaranina, na verdade era a cafeína, mas a associação da molécula com taninos haviam levado Theodor Martius a crer se tratar de uma substância nova. A maioria dos estudos sobre a cafeína em plantas se concentra no chá ou no café (ASHIHARA e CROZIER, 2008). No Brasil, o cafeeiro é quem recebe destaque, por este ser um dos principais produtos agrícolas na pauta das exportações do país. Por outro lado, a cafeína do guaraná ainda é pouco investigada, apesar de ser a fonte vegetal mais rica desse alcaloide (SCHIMPL, 2013).

A via de biossíntese de cafeína em plantas foi extensivamente estudada em café e chá e ambas espécies têm as mesmas vias chave da biossíntese da cafeína. Estudos indicam que a mesma via é encontrada em cacau e mate (MAZZAFERA et al., 2009; ASHIHARA et al., 2011). Quatro possíveis rotas iniciais atuam na biossíntese de cafeína, na formação de xantosina: AMP (adenosina-5-monofosfato), IMP (inosina-5-monofosfato, de novo), XMP (xantosina-5-monofosfato), e GMP (guanosina-5-monofosfato). As evidências sugerem que a rota mais importante é a da IMP, que é derivada da biossíntese de novo de nucleotídeos purínicos (ASHIHARA et al., 2011). A formação de cafeína está intimamente associada com o ciclo de S-adenosil-L-metionina (SAM). Nos três passos de metilação da formação de cafeína SAM é usado como doador de grupo metil. Ao transferir o radical metil, SAM é convertido em S-adenosil-L-homocisteína (SAH), que em seguida é hidrolisado para L-homocisteína e adenosina. A adenosina é utilizada como intermediário para a biossíntese de cafeína, enquanto L-homocisteína é reciclado para repor os níveis de SAM (ASHIHARA et al., 2011). A elucidação da biossíntese de cafeína foi possível a partir de estudos com precursores

marcados com isótopos radioativos (ASHIHARA et al., 2011). Posteriormente, as enzimas da via foram identificadas e algumas purificadas e, mais recentemente os genes codificando estas metiltransferases foram isolados e clonados (UEFUJI et al., 2003; YONEYAMA et al., 2006). O primeiro passo, a conversão da xantosina em 7-metilxantosina, é catalisada pela enzima 7-metilxantosina sintase (XMT - xantosina 7-N-metiltransferase, EC 2.1.1.158), os genes que a codificam em café foram isolados em 2003 por dois grupos japoneses paralelamente. CmXRS1 (AB 034699) e CaXMT1 (AB048793) tiveram a atividade in vitro comprovada depois de produzidas as proteínas recombinantes (UEFUJI et al., 2003). O segundo passo da biossíntese de cafeína, uma hidrólise, é catalisada por uma Nmetilnucleosidase (7-metilxantosina, EC 3.2.2.25) que ainda não teve o gene isolado (Ashihara et al., 2008). O terceiro passo da via, e o segundo de metilação, pode ocorrer na presença de uma enzima com atividade específica na conversão de 7-metilxantina em teobromina, a teobromina sintase (TS ou MXMT) (CTS1 e CaMXMT, EC 2.1.1.159). Estudos realizados com espécies acumuladoras de teobromina, *T. cacao* (YONEYAMA et al., 2006), *Camellia ptilophylla* e *Camellia irrawadiensis* (YONEYAMA et al., 2006) foram encontrados genes homólogos de TS com apenas atividade 3-N-metiltransferase. Em café a formação de teobromina a partir de 7-metilxantina acontece tanto na presença de TS como de CS (MIZUNO et al., 2003; UEFUJI et al., 2003), enquanto que em chá não foram encontrados genes que codificassem TS. Cafeína sintase (CS ou DXMT, EC 2.1.1.160) é uma enzima bifuncional que atua nos dois últimos passos da síntese de cafeína, na conversão da 7-metilxantina em teobromina e de teobromina em cafeína. Dois genes que codificam a CS foram clonados de folhas de chá CTS1 e CTS2 (AB031280 e AB054841) (KATO et al., 2000). A CS recombinante de café (CCS1 e CaDMXT1) e de chá (TCS1) apresentam afinidade pelos substratos paraxantina, teobromina e 7-metilxantina (KATO et al., 2000; UEFUJI et al., 2003). Embora a afinidade por paraxantina seja maior que para as demais

metilxantinas, até o momento não foi detectada a presença desse metabólito no tecido vegetal. Assim, in vivo a CS está envolvida principalmente na conversão de 7-metilxantina à cafeína através de teobromina (ASHIHARA et al., 2011).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral:

Avaliar o efeito de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura do guaraná.

3.2 Objetivos Específicos:

Selecionar herbicidas que tenham eficiência agronômica no controle de plantas daninhas na cultura do guaraná.

Avaliar efeito do herbicida no controle de plantas daninhas e efeitos no guaranazeiro.

4 HIPÓTESES:

1. Os herbicidas controlarão as plantas daninhas e não causarão perdas de metilxantinas da semente do guaranazeiro.
2. Os herbicidas não reduzirão os bioindicadores e a produtividade do guaranazeiro.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AIZEN, M.A.; HARDER, L.D. The Global Stock of Domesticated Honey Bees Is Growing Slower Than Agricultural Demand for Pollination. **Current Biology**, London, v.19, n.11, p.915-918, 2009.

ALBERTINO, S. M. F. et al. Rooting of guarana cultivar cuttings with fertilization of matrix plants. *Pesq. Agrop. Bras.* v.47, p.1449-1454, 2012.

ALBUQUERQUE, F.C. Antracnose do guaraná. Belém: Instituto Agronômico do Norte, 1960. 37p. (**Instituto Agronômico do Norte. Boletim Técnico**, 40).

ALBUQUERQUE, JAA; SEDIYAMA, T; SILVA, AA; CARNEIRO, JES; CECON, PR; ALVES, JMA. 2013. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihotesculenta*). **Planta Daninha**. Viçosa. V. 26, n.2, p. 279-289.

ALVES, E. R. et al. Amostragem foliar para avaliação nutricional do guaranazeiro. 2015.

ALVES, E. R. et al. Amostragem foliar para avaliação nutricional do guaranazeiro. 2015.

ANAYA, A.L., CRUZ-ORTEGA, R., WALLER, G.R., 2006. Metabolism and ecology of purine alkaloids. **Front Biosci** 11, 2354-2370.

ARADHI, P.; ALIA, P.; ARORA, S.; PRASAD, K.V. Proline accumulates in plants exposed to UV radiation and protects them against UV induced peroxidation. **Biochem Biophys Res Commun**, v.209, p.1-5, 1995.

ARAÚJO, J. C. A. et al. Surto de antracnose (*Colletotrichum guaranicola*) do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) no Estado do Amazonas. **Fitopatol. Bras.**, v. 27, p. 78, 2002. Suplemento.

ASHRAF, M.; AKRAM, N.A.; ALQURAINY, F.; FOOLAD, M.R. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. **Advances in Agronomy**, v.111, p.249-296, 2011.

ATROCH, André Luiz; DE RESENDE, Marcos Deon Vilela; DO NASCIMENTO FILHO, Firmino José. Seleção clonal em guaranazeiro via metodologia de modelos lineares mistos (REML/BLUP). **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, n. 41, p. 193-201, 2016.

BENTES, J.L.S.; BARRETO, R.W. Reavaliação taxonômica de *Colletotrichum guaranicola* Albuquerque agente causal da antracnose do guaranazeiro. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 34, n. 1, p. 129-131, 2004.

BENTES, J.L.S.; COSTA NETO, P.Q. Variabilidade genética de *Colletotrichum guaranicola* usando marcadores AFLP. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 41, n. 2, p. 251-256, 2011.

BERTHEMOT, DECHASTELUS, 1840. Chemische Untersuchung des Guarana. **Liebigs Ann.** 36, 90-93.

CAMPOS, V.G. (Comp.). **Adequação de tecnologia básica para a cultura do guaraná, aos diversos níveis de produtores**. Manaus, ACAR-AM, 1971 26p.

CASTRO, A.M.G. Diagnóstico da cultura do guaraná em Maués; subsídios para o seu desenvolvimento. Manaus, ACAR-AM, 1971. p. 1-33.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C. B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, v. 12, n. 1, p.13-20,1994.

CONAB, conjuntura mensal, guaraná em grãos preço pago ao produtor, período de 1 a 31/05/2015, disponível em:

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_03_14_11_03_01_conjuntura_guarana_-_fevereiro_2016.pdf. Acesso em 01/02/2018.

CORRÊA, M.P., 1926. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. **Serviço de Informação Agrícola**, Rio de Janeiro.

COSTA, Luís Fernando Belém da et al. Cultivadores de guaraná: um estudo do processo de monopolização do território pelo capital no município de Maués-AM. 2017.

CRAVO, M. S. DA. Programa de pesquisa com a cultura do guaraná da Embrapa Amazônia Ocidental. **Documentos**. p. 16-42, 2001.

CRUZ, Ananias Alves. **Características morfo-culturais e moleculares de isolados de Colletotrichum guaranicola Albuquerque procedentes do Estado do Amazonas**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CVIKROVÁ, M.; GEMPERLOVÁ, L.; MARTINCOVÁ, O.; VANKOVÁ, R. Effect of drought and combined drought and heat stress on polyamine metabolism in prolineoverproducing tobacco plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.73, p.7-15, 2013.

DEUBER, R. Ciência das plantas daninhas: fundamentos . Jaboticabal: FUNDEP, 1992. 431 p.

ESCOBAR, J.R.; CORRÊA, M.P.F. **Ocorrência de autofecundação natural no guaranazeiro**. Manaus: Embrapa-UEPAE de Manaus, 1984. 2p. (Pesquisa em Andamento, 28).

FIGUEROA, Alba Lucy Giraldo. Guaraná, the time machine of the Sateré-Mawé. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 11, n. 1, p. 55-85, 2016.

FILIPPOU, P.; BOUCHAGIER, P.; SKOTTI, E.; FOTOPOULOS, V. Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive plant species *Ailanthus altissima* to drought and salinity. **Environmental and Experimental Botany**, v.97, p.1-10, 2014.

FOSTER, R. Herbicidas para guaranazeiros. Chác. E Quint., São Paulo, 96(4):528, 1957.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. 2ª ed. Londres. Academic Press, 1993. 684p.

FREIRE, A. da S.; PEREIRA, R.C. e SACRAMENTO, C.K. Efeito de herbicidas em plântulas de guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart) Ducke) e sobre as principais plantas daninhas ocorrentes na cultura. Ver. *Theobroma*, Ilhéus, 18(1):67-81, 1988.

FREIRE, A. da S.; PEREIRA, R.C. e SACRAMENTO, C.K. Efeito de herbicidas em plântulas de guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart) Ducke) e sobre as principais plantas daninhas ocorrentes na cultura. Ver. *Theobroma*, Ilhéus, 18(1):67-81, 1988.

FREIRE, A. S.; PEREIRA, R. C.; SACRAMENTO, C. K. Controle de plantas daninhas com misturas de herbicidas na cultura do guaranazeiro. **Agrotropica**, v. 2, p. 43-55, 1990.

FREIRE, A. S.; PEREIRA, R. C.; SACRAMENTO, C. K. Controle de plantas daninhas com misturas de herbicidas na cultura do guaranazeiro. **Agrotropica**, v. 2, p. 43-55, 1990.

FREITAS, B. M. Uso de programas racionais de polinização em áreas agrícolas. **Mensagem Doce**, São Paulo, n.46, p.1-6, 1998.

GIANNINI, T. C., et al. Crop pollinators in Brazil, a review of reported interactions. **Apidologie**, Paris, v.46, p.209-223, 2015.

GONÇALVES; Gerlândio Suassuna. **Período crítico de interferência de plantas infestantes e seus efeitos sobre as características fisiológicas e nutricionais em laranjeira ‘pera’, no Amazonas**. 2015, 88 f.: il. color; 31 cm. orientador: prof. Dr. José

Ferreira Da Silva, Coorientador: Dr. José Eduardo Borges de Carvalho, tese (doutorado em agronomia tropical) – Universidade Federal do Amazonas.

HAMMERSTONE JNR, J.F., ROMANCZYK JNR, L.J., AITKEN, W.M., 1994. Purine alkaloid distribution within *Herrania* and *Theobroma*. **Phytochemistry** 35, 1237-1240.

HARE, P.D.; CRESS, W.A. Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants. **Plant Growth Regulation**, v.21, p.79-102, 1997.

Heard CM, Johnson S, Moss G, Thomas CP 2006. In vitro transdermal delivery of caffeine, theobromine, theophylline and catechin from extract of guarana, *Paullinia cupana*. *Int J Pharmac* 317: 26-31.

HECKMAN, M. A.; SHERRY, Kendle; DE MEJIA, E. Gonzalez. Energy drinks: an assessment of their market size, consumer demographics, ingredient profile, functionality, and regulations in the United States. **Comprehensive Reviews in food science and food safety**, v. 9, n. 3, p. 303-317, 2010.

HESS, F. D. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: *Herbicide action: an intensive course on the activity, _ítida_an_y, behavior, and fate of herbicides in plants and soil*. **West Lafayette: Purdue University**, 1994. p 344-365.

HU, C.A.; LIN, W.W.; VALLE, D. Cloning, characterization and expression of cDNAs encoding human D1-pyrroline-5-carboxylate dehydrogenase. **Journal of Biological Chemistry**, v.271, p.9795-9800, 1996.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola – LSPA. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** 24, p. 82, 2016.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., et al. (Org.). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. 2012. 488p.

JULIANO, L.M., GRIFFITHS, R.R., 2004. A critical review of caffeine withdrawal: Empirical validation of symptoms and signs, incidence, severity, and associated features. *Psychopharmacology* 176, 1-29.

KARAM, Décio; MELHORANÇA, André Luiz. Plantas daninhas. **Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro técnico-científico (ALICE)**, 2007.

KATO, M., MIZUNO, K., CROZIER, A., FUJIMURA, T., ASHIHARA, H., 2000. Caffeine synthase gene from tea leaves. **Nature** 406, 956-957.

KRENCHINSKI, F. H. et al. Germination and dormancy in seeds of *Sorghum halepense* and *Sorghum arundinaceum*. **Planta Daninha**, v. 33, n. 2, p. 223-230, 2015.

MAGGIO, A.; MIYAZAKI, S.; VERONESE, P.; FUJITA, T.; IBEAS, J.I.; DAMSZ, B.; NARASIMHAN, M.L.; HASEGAWA, P.M.; JOLY, R.J.; BRESSAN, R.A. Does proline accumulation play an active role in stress-induced growth reduction? **Plant Journal**, v.31, p.699-712, 2002.

MALIK, J.; BARRY, G.; KISHORE, G. **The herbicide glyphosate**. **Biofactors**, v. 2, 1989. p. 17-25.

MARIJUAN, M.P.; BOSCH, S.M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v.18, p.660-666, 2013.

MAROCHI, A. I. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: **simpósio internacional sobre semeadura direta em sistemas sustentáveis**. Anais... Castro: Fundação A.B.C. 1993. p. 208-227.

MARTIUS, T.v., 1840. Ueber die Zusammensetzung des Guaranins. *Ann. Chem.* 36, 93-95.

- MAZZAFERA, P., BAUMANN, T.W., SHIMIZU, M.M., SILVAROLLA, M.B., 2009. Decaf and the steeplechase towards decaffito - the coffee from caffeine-free *Arabica* plants. **Trop. Plant Biol.** 2, 63-76.
- MICHENER, C.D. **The bees of the world.** The John Hopkins University Press. Baltimore, 2000. 878p.
- MILÉO, L. J. et al. Plantas daninhas hospedeiras alternativas de *Colletotrichum guaranicola* em cultivos de guaraná no Estado do Amazonas. **Planta daninha**, v. 25, n. 4, p. 771-782, 2007.
- MILÉO, L.J.; SILVA, J.F.; BENTES, J.L.S.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Plantas daninhas hospedeiras alternativas de *Colletotrichum guaranicola* em cultivos de guaraná no Estado do Amazonas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 771-782, 2007.
- MILÉO, LÍBIA DE JESUS, **Período crítico de interferência de plantas daninhas sobre características agrônômicas e fisiológicas de duas variedades de mandioca (*manihot esculenta crantz*).** 2014, 121 f.: il. color; 31 cm. orientador: prof. Dr. José Ferreira Da Silva, Co-orientadora: prof. DR^a. Sônia Maria Figueiredo Albertino, tese (doutorado em agronomia tropical) – Universidade Federal do Amazonas.
- Moraes ML, Micke GA, Tavares MFM 2003. Separação e análise de metilxantinas em extratos de guaraná e erva-mate por eletroforese capilar. *Rev Analytica* 5: 44-50.
- MOREIRA FILHO, A.; RIBEIRO, O.C.; FERREIRA, M.A.; MARTINS, G.A. Observações sobre abertura de flores em plantas de guaraná. **Informativo Técnico ACAR-AM**, Manaus, v.3, n.12, p.11-22, maio, 1975.
- NAGATA, T., SAKAI, S., 1985. Purine base pattern of *Camellia irrawadiensis*. **Phytochemistry** 24, 2271-2272.

NASCIMENTO FILHO, F. J. et al. Adaptabilidade e estabilidade de clones de guaraná. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 44, n. 9, p. 1138-1144, set. 2007.

OGAWA, M., Herai, Y., Koizumi, N., Kusano, T., Sano, H., 2001. 7-Methylxanthine methyltransferase of coffee plants. Gene isolation and enzymatic properties. **J. Biol. Chem.** 276, 8213-8218.

OLIVEIRA, E.R.N., 2010. **Características morfofisiológicas e bioquímicas de clones de guaraná *Paullinia cupana* Kunt. var. *sorbilis* (Mart.) Ducke cultivados sob plantio comercial.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, p. 125.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, Lund, v.120, n.3, p.321-326, 2011.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, Lund, v.120, n.3, p.321-326, 2011.

salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 6, p. 586-592, 2017.

SANTOS, Renata Thaysa da Silva. Relação do espalhamento de caldas fitossanitárias em superfícies de folhas com o controle de plantas daninhas. 2017.

SCARIOT, Cesar Augusto et al. Seletividade e eficiência de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, 2013.

SCHIMPL, Flávia Camila et al. **Guarana: revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. Journal of ethnopharmacology**, v. 150, n. 1, p. 14-31, 2013.

SCHULTZ, Q.; VALOIS, A.C.C. **Estudos sobre o mecanismo de floração e frutificação do guaranazeiro.** Manaus: IPEAOc, 1974. p.35-38. (IPEAOc. Boletim Técnico).

SILVA, J. F.; COUTINHO, E. F. Controle de plantas daninhas na cultura do guaraná por meios físicos, químicos e mistos. **Pesquisa em andamento**, n. 07.2000.002.04. Embrapa, CPAA. 2000. p. 1-2.

SILVA, M. R. M.; DURIGAN, J. C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. I - Cultivar IAC 202. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 685-694, 2006.

SIRIPORNADULSIL, S.; TRAIN, S.; VERMA, D.P.S.; SAYRE, R.T. Molecular mechanisms of proline-mediated tolerance to toxic heavy metals in transgenic microalgae. **Plant Cell**, v.14, p.2837-2847, 2002.

SOARES, Daniel Oscar Pereira et al. Período de interferência das plantas daninhas na cultura do Guaranazeiro. 2017.

SOUZA, R. P. et al. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à

SPOLADORE, D.S.B., MILAN, M.A.; SÁES, L.A., 1987. Teor de cafeína em sementes matrizes do guaranazeiro. **Bragantia** 46, 425-429.

SUFRAMA, Superintendência da Zona Franca. Potencialidades Regionais: estudo da viabilidade econômica, Guaraná. **Manaus: SUFRAMA**, 2013.

SZÁBADOS, L.; KOVACS, H.; ZILBERSTEIN, A.; BOUCHEREAU, A. Plants in extreme environments: importance of protective compounds in stress tolerance. TURKAN, I (Ed.). **Plant responses to drought and salinity stress: developments in a postgenomic Era**. London: Elsevier, 2011. p.105-150. (Advances in botanical research, 57).

TROVATO, M.; MATTIOLI, R.; COSTANTINO, P. Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. **Rendiconti Lincei**, v.19, p.325-346, 2008.

UEFUJI, H., OGITA, S., YAMAGUCHI, Y., KOIZUMI, N., SANO, H., 2003. Molecular cloning and functional characterization of three distinct N-methyltransferases involved in the caffeine biosynthetic pathway in coffee plants. *Plant Physiol.* 132, 372-380.

Ushirobira TMA, Yamaguti E, Uemura LM, Nakamura CV, Filho BPD, Mello JCP 2007. Chemical and microbiological study of extract from seeds of guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*). *Lat Am J Pharm* 26: 5-9.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**, v.35, p.753-759, 2008.

VERGARA, C H.; KEVAN, P. G.; FREITAS, B. M. Combined pollination and crop protection could increase yields. **Coffee and Cocoa International**, v. 41, n. 2, p. 34-35, 2014.

WILLIAMS, I. H.; CORBET, S. A.; OSBORNE, J. L. Beekeeping, wild bees and pollination in the European Community. **Bee World**, Bucks, v.72, n.4, p.170-180, 1991.

WISNIEWSKI, A., 1955. Industrialização do guaraná. Instituto Agrônômico do Norte, Belém, pp. 98-99.

YONEYAMA, N., MORIMOTO, H., YE, C.X., ASHIHARA, H., MIZUNO, K., KATO, M., 2006. Substrate specificity of N-methyltransferase involved in purine alkaloids synthesis is dependent upon one amino acid residue of the enzyme. **Mol. Genet. Genomics** 275, 125-135.

ZOSCHKE, A. Toward reduced herbicide rates and adapted weed management. **Weed technol.**, v. 8, 1994. p. 376-386.

LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO DE PLANTAS DANINHAS E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS NA CULTURA DO GUARANÁ

RESUMO

O conhecimento das alterações na comunidade infestante provocado pelo manejo de plantas daninhas é importante para definição de estratégias eficientes para o controle destas. Realizou-se um experimento de campo para avaliar os efeitos do uso de herbicidas de 16 herbicidas no controle de plantas daninhas, na cultura do guaranazeiro, e os efeitos sobre a produção de matéria seca na cultura do guaranazeiro. Nessa pesquisa foram utilizados os herbicidas e sua respectiva dose, expressa em g i.a.ha⁻¹: linuron 900, Atrazina 2500 bentazona 900, carfentrazona etílica 100, Atrazina (amina) 1750, paraquat 1200 + diuron 300, paraquat 600, setoxidim 230, glifosato 1557, Nicosulfurom, fenoxaprop-P-etílico 250, Metribuzin 720, Flumioxazina 125, 2-4D 300, Haloxifop-p-metílico 50, clomazone 72, capina mecânica e sem capina, o delineamento foi em blocos casualizados com 18 tratamentos e quatro repetições, sendo cada parcela composta de quatro plantas de guaraná na área útil. Antes da aplicação da calda herbicídica, a área foi roçada para padronizar a população de plantas daninhas, quando as plantas daninhas estavam com 30 cm de altura realizou aplicação dos tratamentos com um pulverizador costal, com capacidade de 20 L, com pontas de pulverização do tipo 110.02. Foi avaliado o efeito de herbicidas em plantas de guaraná e em plantas daninhas em escala de notas (1-9) e avaliado a porcentagem de controle das plantas daninhas em relação a testemunha na fazenda Santa Helena, Maués-AM. Para a comparações de médias foram feitas análise conjunta (2016-2017) pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) de probabilidade utilizando o *software* assistat. Os tratamentos: capina mecânica, paraquat + diuron, carfentrazona etílica, glifosato e Haloxifop-p-metílico, foram os que indicaram bons rendimentos agrônômicos durante o período de avaliação.

Palavras-chave: invasoras, manejo, *Paullinia cupana*, pesticida.

ABSTRACT

The Knowledge of changes in the weed community provoked by weed management is important for the definition of efficient strategies to their control. Was performed a field experiment to evaluate the effects of the herbicide of the 16 herbicide used on weed control in the guaraná crop, and the effects on dry matter production in the guaraná crop. In this research were used herbicides and their respective dose, expressed in g iaha-1: linuron 900, Atrazine 2500 bentazone 900, ethyl carfentrazone 100, Atrazine (amine) 1750, paraquat 1200 + diuron 300, paraquat 600, setoxidim 230, glyphosate 1557, Nicosulfurom, phenoxaprope-P-ethylic 250, Metribuzin 720, Flumioxazine 125, 2-4D 300, Haloxyfop-Î²-methyl 50, clomazone 72, mechanical weeding and without weeding, the design was in a randomized block with 18 treatments and four replicates , each plot being composed of four guaraná plants in the useful area. Before application of the herbicide syrup, the area was scrubbed to standardize the weed population; when the weeds were 30 cm high, the treatments were applied with a costal sprayer with a capacity of 20 L, with spray tips of the type 110.02. The effect of herbicides on guaraná and weed plants was evaluated in the grading scale, evaluated the percentage of weed control in relation to control, severity of anthracnose, flowering, germination of pollen grain, caffeine, theobromine, theophylline and yield of guaraná in the farm Santa Helena, Maués-AM. For the comparisons of means were done joint analysis (2016-2017) by the Scott-Knott test ($p \leq 0.05$) probability using the assistat software. The treatments: mechanical weeding, paraquat + diuron, ethyl carfentrazone, glyphosate and Haloxyfop-p-methyl, indicated good agronomic yield during the evaluation period.

Key words: invasive, handling, *Paullinia cupana*, pesticide.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) sofre interferência negativa de plantas daninhas, com redução de produtividade quando nenhuma ação de controle é empregada (EMPRAPA, 2007). Miléo et al. (2007), concluíram em seu trabalho que a presença de plantas daninhas hospedeiras naturais do *C. guaranicola*, antracnose, reforça a necessidade da aplicação de práticas de manejo delas, sobretudo das espécies suscetíveis ao patógeno, em sistemas de produção do guaranazeiro, como meio de diminuir a incidência da antracnose em campo.

O conhecimento sobre as populações de plantas daninhas mais prejudiciais para as culturas agrícolas é de grande relevância para reduzir as perdas de produção e ajustar sistema de gestão. Este conhecimento é usualmente obtido através de levantamentos fitossociológicos envolvendo índices de densidade relativa, frequência relativa, dominância relativa e importância relativa (SILVA, et al. 2018).

Marques et al. (2011), em um levantamento fitossociológico nos trópicos úmidos, verificaram que houve uma mudança nas classes e dominância das famílias devido ao preparo do solo com a seleção de espécies de difícil controle no sistema de corte e queima. Estudos conduzidos usando índices fitossociológicos, permitem uma análise do impacto que os sistemas de gestão e práticas culturais têm sobre o dinamismo do crescimento e dominância de comunidades invasoras de plantas daninhas em sistemas agrícolas (OLIVEIRA e FREITAS, 2008; ALVES ALBUQUERQUE, 2017). Vários estudos já demonstraram os impactos dos herbicidas nas plantas daninhas (ROCHA PEREIRA, 2011; ORZARI, I. et al. 2013; PEREIRA 2015; SALVADIO et al. 2017).

A seletividade é entendida como a capacidade de uma molécula herbicida de matar ou retardar o crescimento das plantas de uma ou mais espécies e, ao mesmo tempo, não prejudicar outras plantas de interesse comercial (DE CARVALHO, 2015).

Portanto, o conhecimento sobre a estrutura fitossociológica de plantas daninhas em uma safra agrícola e a seletividade de herbicidas é condição essencial para a definição de estratégias de manejo mais adequadas, podendo assim contribuir para maior eficiência do controle de plantas daninhas na cultura de guaranazeiro.

É necessário mencionar que, para fazer o manejo das plantas daninhas em uma área agrícola, normalmente, leva-se em consideração o tipo e o grau de infestação da área no momento da aplicação dos métodos de controle, ou pelo histórico de incidência de plantas daninhas. Assim, é importante para a adoção de estratégias de manejo investir em métodos que auxiliem no conhecimento dessas comunidades (ALBERTINO et al., 2004).

Dentre as estratégias está a fitossociologia. A fitossociologia é um dos métodos mais utilizados no reconhecimento florístico em áreas agrícolas ou não; este método foi proposto por Mueller (DOMBOIS E ELLEMBERG, 1974). Este parâmetro quantitativo realizado num dado local e num dado tempo permite fazer uma avaliação momentânea da composição da vegetação, obtendo dados de frequência, densidade, abundância, índice de importância relativa (ERASMO et al., 2004).

Para Mascarenhas et al., (2010), o levantamento fitossociológico é importante na obtenção do conhecimento sobre as populações e a biologia das espécies invasoras ocorrentes na área em estudo, visto que constitui uma das ferramentas utilizadas para recomendações de manejo tanto na recuperação do solo quanto para a condução de pastagens. Os autores ainda relatam que o principal prejuízo do desconhecimento da comunidade infestante e de sua biologia é o manejo inadequado da mesma, ocasionando frustração de resultados frente ao investimento feito. Além do mais, as repetições programadas dos estudos florísticos também podem indicar tendências de variação da importância de uma ou mais populações, e essas variações podem estar associadas às práticas agrícolas adotadas pelo produtor (MARQUES, 2008). Além disso, é válido ressaltar que, mesmo pertencendo a uma mesma família botânica, as espécies têm

comportamentos distintos, requerendo manejo diferenciado, sendo necessária a avaliação do sistema como um todo. Por isso, dentre as características a serem avaliadas no estudo fitossociológico, destaca-se o tipo e a espécie de planta invasora (herbácea, arbustiva ou arbórea), o nível de infestação, o tipo de pastagem, a lavoura, o estágio de desenvolvimento das plantas invasoras e o sistema de criação empregado. A avaliação conjunta desses fatores é que definirá o manejo de controle mais eficiente e ambientalmente sustentável (GOMES e CHRISTOFFOLETI, 2008).

Atualmente, existe a preocupação em se avaliar esses períodos associados a outros fatores, que também alteram o grau de interferência das plantas daninhas, como a localidade, a composição florística da comunidade infestante, a cultivar, o sistema de cultivo e o espaçamento utilizado (CUNHA et al., 2014).

Diferentes sistemas de cultivo podem influenciar na população de plantas daninhas, pois cada sistema apresenta características diferentes, podendo favorecer ou não o desenvolvimento das espécies. Dentre estes diferentes sistemas de controle adotado, estão a utilização de capinas e herbicidas. Os herbicidas são bastante utilizados em razão da sua maior facilidade e eficiência, entretanto, o seu sucesso depende de alguns princípios, como a identificação das espécies daninhas a serem controladas em determinada área, visto que a escolha do princípio ativo do produto a ser utilizado dependerá da planta daninha existente no local (ERASMO et al., 2004). Vale ressaltar que, o uso indiscriminado desses produtos pode causar problemas de poluição ambiental, elevar os custos da lavoura, contribuir para o desequilíbrio populacional e selecionar plantas resistentes.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Avaliar o efeito de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura do guaraná.

2.2 Objetivos Específicos:

Selecionar herbicidas que tenham eficiência agronômica no controle de plantas daninhas na cultura do guaraná.

3 HIPÓTESES:

1. Os herbicidas reduzirão o peso da matéria seca das plantas daninhas e aumentará a produtividade do guaranazeiro.
2. Não haverá redução das populações de plantas daninhas nos tratamentos com herbicidas, em relação aos tratamentos testemunha.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área cultivada com guaranazeiro de cinco anos, Cultivar BRS Maués, na fazenda Santa Helena (AMBEV) no município de Maués, AM, Localização geográfica 3° 26' 51'' S e 57° 39' 12'' W com 46m de altitude.

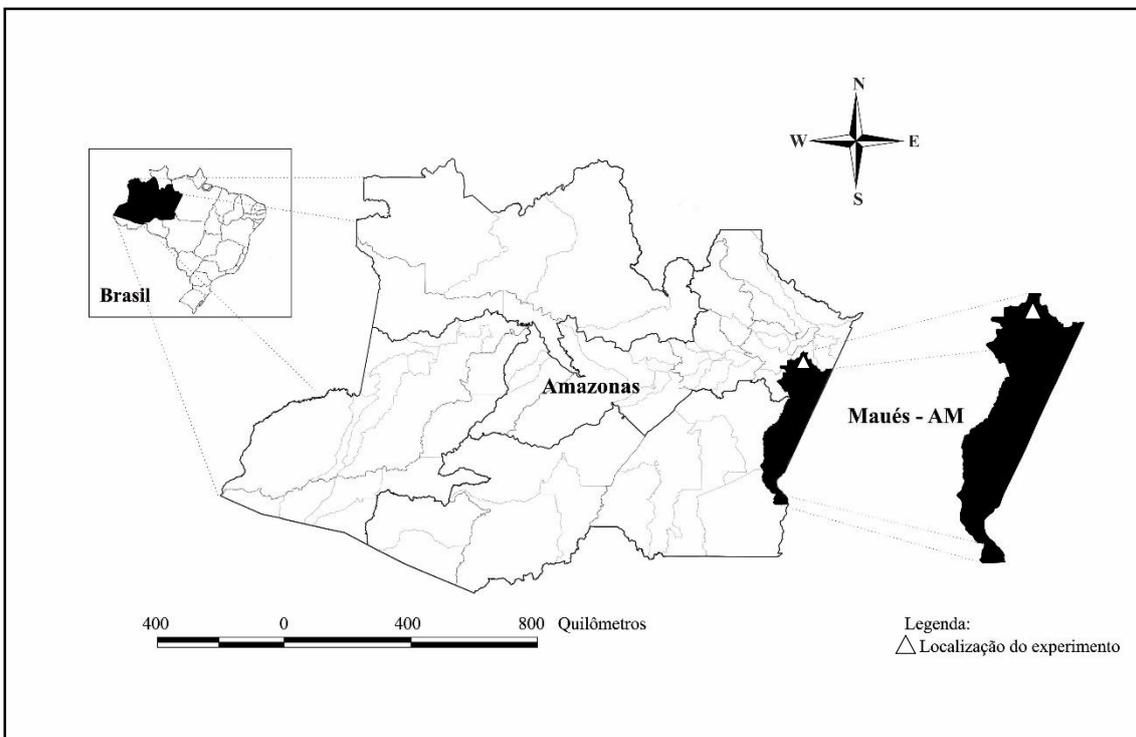


Figura 1. Localização do experimento, Maués-AM, 2016.

4.1 Fitossociologia das plantas

A fitossociologia das plantas infestantes foi realizada com a finalidade de identificar aquelas mais representativas da área de estudo. Os parâmetros avaliados foram: densidade, frequência, abundância, dominância e índice de valor de importância (IVI). No cálculo das variáveis, foram utilizadas as equações descritas a seguir por Mueller-DomboiseEllenberg (1974): Densidade (Den) = (total de indivíduos da espécie)/(área total coletada); Frequência (Fre) = (parcelas que contém a espécie)/(total de parcelas amostradas); Abundância (Abu) = (total de indivíduos por espécie)/(total de parcelas contendo a espécie); Dominância (Dom) = (massa seca da espécie)/(área total amostrada); Densidade Relativa (DR) = (densidade da espécie x 100)/(densidade total de

todas as espécies); Frequência Relativa (FR) = (frequência da espécie x 100)/(frequência total de todas as espécies); Abundância Relativa (AR) = (abundância da espécie x 100)/(abundância total de todas as espécies); Dominância Relativa (DoR) = (peso da matéria seca da espécie)/(Σ do peso da matéria seca de todas as espécies); e Índice de Valor de Importância (IVI) = (FrR + AbR + DoR).

4.2 Seletividade de herbicidas

O espaçamento entre as plantas de guaraná é de 5 x 3 m, com densidade de 667 plantas ha⁻¹. Os tratamentos foram constituídos de 16 herbicidas de diferentes ingredientes ativos e duas testemunhas; uma com capina e outra sem capina mecânica. Antes da aplicação dos herbicidas foram retiradas amostras de solo para análise, em seguida foi realizado o levantamento das plantas daninhas no local do experimento. Para uniformizar a população de plantas daninhas, antes da aplicação dos tratamentos com herbicidas, foi realizada uma capina mecanizada, com 30 dias de antecedência.

O delineamento experimental, blocos ao acaso, com quatro repetições e 18 tratamentos (Tabela 1), sendo duas testemunhas: uma com e a outra sem capina mecânica. Cada parcela teve 30 m x 15 m com 18 plantas, sendo quatro plantas na área central da parcela consideradas plantas uteis, e as demais plantas de guaraná consideradas como bordadura (Figura 2).

Tabela 1. Tratamentos de controle de plantas daninhas em guaranazal na Fazenda Santa Helena (AMBEV). Maués-AM.

Herbicidas	Nome técnico	Dose (g ia.ha⁻¹)	Mecanismo de ação
1 Afalon SC	Linuron	900	Inibidor FS II
2 Atrazina	Atrazina	2500	Inibidor FS II
3 Basagran 600	Bentazona	900	Inibidor FS II
4 Aurora	Carfentrazona-etflica	250	Inibidor da ALS
5 Gesaprim	Atrazina	1750	Inibidor FS II
6 Gramocil	Paraquat + Diuron	1200 + 300	Inibidor FS I + FSII
7 Gramoxone	Paraquat	600	Inibidor FS I
8 Poast	Setoxydim	230	Inibidor daACCCase
9 Roundup	Glifosato	1557	Inibidor EPSP
10 Sanson 40 SC	Nicosulfuron	60	Inibição ALS
11 Podium	Fenoxaprope-P-etílico	250	Inibidor daACCCase
12 Sencor 480	Metribuzin	720	Inibidor FS II
13 Sumyzin	Flumioxazina 125	125	Inibidor (PPO)
14 2-4D Amina	2-4D	300	Mimetizador de auxina
15 Verdict	Haloxypop-P-metílico	50	Inibidor ACCCase
16 Clomazone	Clomazone	72	Inibição de carotenoides
17 Capina mecânica	-	-	-
18 Sem capina	-	-	-

A aplicação dos herbicidas foi com um pulverizador costal, com capacidade de 20 L. A pressão de pulverização foi mantida por meio de um motor elétrico mantendo a pressão constante (40 lb/pol²), contendo uma ponta de pulverização do tipo leque teejet XR110.02. A quantidade de calda herbicídica usada na aplicação dos produtos foi de 150 L/ha, ou até ponto de escorrimento. Foi adicionado à calda o adjuvante na proporção de 0,3% v/v. Após aplicação de cada produto, o pulverizador foi lavado três vezes com detergente líquido e enxaguado com água.

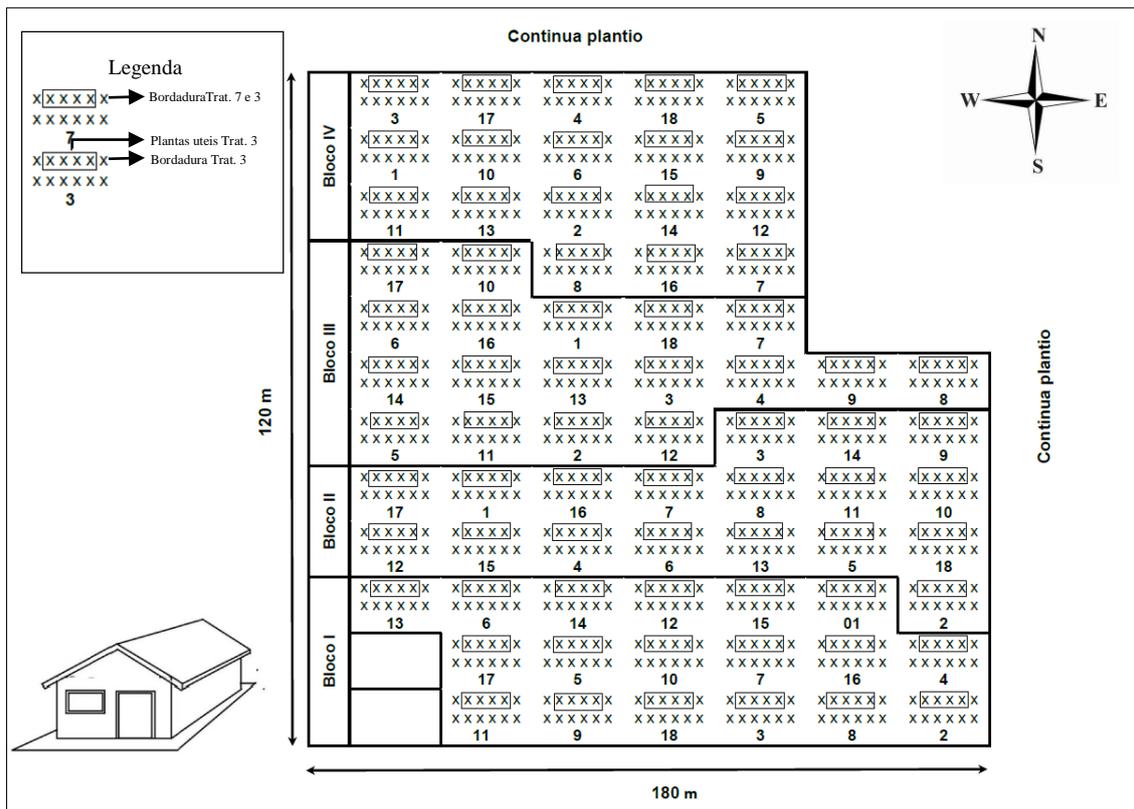


Figura 2. Croqui do experimento na Fazenda Santa Helena (AMBEV), Município de Maués-AM, 2016.

4.3 Avaliação das plantas daninhas

A avaliação da eficácia do controle das plantas daninhas com herbicidas, foi de duas maneiras de avaliação. A primeira com escala de nota visual, usa notas de 1 a 9 e a segunda utiliza o peso da matéria seca das plantas daninhas.

4.4 Escala EWRC

O método visual utilizado para avaliar o controle e a fitotoxicidade dos herbicidas, respectivamente às plantas infestantes e a cultura principal, foi baseado no modelo de escala Conceitual da *EuropeanWeedResearchCommunity* - EWRC (1964), definindo por observações visuais.

Escala de fitotoxicidade da EWRC (1964)

- 1- Sem dano;
- 2- Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas;
- 3- Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em muitas plantas;
- 4- Forte descoloração (amarelecimento) ou razoável deformação, sem, contudo, ocorrer necrose (morte do tecido);
- 5- Necrose (queima) de algumas folhas, em especial nas margens, acompanhadas de deformação em folhas e brotos;
- 6- Mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrose (deformação);
- 7- Mais de 80% das folhas e brotos destruídos;
- 8- Danos extremamente graves, sobrando apenas pequenas áreas verdes nas plantas
- 9- Morte da planta.

4.5 Peso da matéria seca

Peso de matéria seca (PMS) foi avaliado de acordo método quadrado inventário jogado aleatoriamente 4 vezes na parcela útil.

A amostragem das plantas daninhas foi feita aos 30, 60, 90, 150, 180, 210 e 240 dias após a aplicação dos herbicidas, com um retângulo de madeira medindo (0,3m x 0,4m) 0,12 m² de área jogado ao acaso, quatro vezes na área útil da parcela. As espécies de plantas daninhas dentro do retângulo foram cortadas rentes ao solo, contadas, separadas e identificadas por espécie, gênero e família com o auxílio da literatura e de especialistas.

Após a identificação as plantas foram secas à temperatura de 60°C em estufa de ventilação forçada até peso constante da matéria seca, sendo em seguida pesadas e dados foram transformados para porcentagens de controle que foram comparadas de acordo com a tabela 2 de eficácia baseadas na escala proposta dentro dos procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas (SBCPD, 1995). A

avaliação da eficácia do controle foi pela comparação do peso da matéria seca das plantas daninhas nos tratamentos com as testemunhas, expresso em porcentagem de controle.

Tabela 2. Método para avaliação do peso da matéria seca das plantas daninhas segundo SBCPD (1995).

Classe de porcentagem (%)	Conceito de controle
0	Nenhum
0 – 40	Pobre
41 – 60	Regular
61 – 70	Suficiente
71 – 80	Bom
81 – 90	Muito Bom
91 – 100	Excelente

4.6 Estatística

A análise estatística dos dados gerados foi realizada no programa computacional de estatística ASSISTAT versão 7.7 (SILVA, 2016). Para a comparações de médias foram feitas análise conjunta pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Realizou-se a análise de variância conjunta para cada caráter, após detectar-se que a relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo da análise de variância individual não excedeu a relação 7:1 (PIMENTEL-GOMES, 2009; BANZATO, 2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas daninhas identificadas nos cultivos de guaranazeiro, durante os anos de 2015 e 2016 apresentaram uma alta diversidade representadas por 27.293 indivíduos, distribuídos em 67 espécies, distribuídas em 20 famílias botânicas, sendo 4 monocotiledôneas e dezesseis dicotiledôneas, ou seja, uma maior predominância das plantas dicotiledôneas.

As famílias com maior representabilidade de espécies foram Poaceae, com dezessete espécies, seguida por Cyperaceae, com oito espécies, Solanaceae, com seis espécies, e Asteraceae, com 5 espécies, conforme tabela 3. Esses resultados também corroboram com os obtidos no levantamento realizado Miléo et al. (2007) estudando plantas daninhas hospedeiras alternativas de *Colletotrichum guaranicola* em cultivos de guaraná no estado do Amazonas, observaram também uma alta diversidade com 29 famílias e 73 espécies, e uma maior dominação de dicotiledôneas com 56 espécies. Albertino et al. (2004) estudando a composição florística de plantas daninhas em plantios de guaraná em cinco municípios do Estado do Amazonas, identificaram 40 famílias e 87 espécies, sendo a maioria Dicotiledôneas.

Para Oliveira e Freitas (2008), a famílias Poaceae são consideradas as principais famílias de plantas daninhas existentes no Brasil. Além disso, a riqueza de espécies da família Poaceae está relacionado com a maneira como a maioria de suas espécies cresce com aglomerados densos ou a presença de rizoma e indivíduos estolonífcados amplamente espalhados na comunidade que é uma das principais características do domínio desta família muito comum em pastagens degradadas (COSTA E MESQUITA, 2016; MUNHOZ E FELFILI, 2006).

Em relação a família Cyperaceae a riqueza de espécies reflete a vantagem competitiva, ou seja, a capacidade de propagação vegetativa de muitas de suas espécies através de um complexo sistema subterrâneo composto por rizomas e tubérculos com

muitas espécies apresentando estolões subterrâneos (MUNHOZ E FELFILI, 2006). Adicionalmente, a formação de banco de sementes significativo é um importante componente de regeneração para muitas espécies desta família (MESQUITA et al., 2013). A dominância dessas famílias também foi observada no levantamento de plantas daninhas em pastagens no Estado do Pará (TAROUCO, 2010), no estado do Amazonas (GALVÃO et al. 2011), e sul Brasil (LOPES, 2013).

Todas as espécies do gênero *Cyperus*, *Commelina*, *Digitaria* e *Brachiaria* destacaram com relação à densidade, com mais de 4900 plantas.M⁻², e maior destaque para as espécies: *Cyperus rotundus*, *Cyperus aggregatus*, *Cyperus difusus*, *Cyperus luzulae*, *Commelina erecta*, com 8925, 8275, 7354, 7183 e 7062 plantas.M⁻², respectivamente (Tabela 3). A espécie *C. rotundus* possui sistema assexuado de reprodução, constituído principalmente por rizomas e tubérculos, o qual contém alta reserva nutritiva, que lhes garante a perpetuação e rápida reinfestação das áreas agrícolas submetidas ao preparo mecânico do solo (FIALHO et al., 2011; FERREIRA et al., 2000).

De acordo com os parâmetros fitossociológicos, as espécies encontradas com os maiores valores de abundancia foram todas do gênero *Cyperaceae* (*C. rotundus*, *C. aggregatus*, *C. difusus*, *C. luzulae* e *C. esculentus*) variando de 13,80 a 9,49, e para os valores de frequência, destacaram-se a *Commelina benghalensis* (0,34), *Cyperus aggregattus* (0,30), *Cyperus rotundus* (0,27), *Commelina erecta* (0,27). Segundo Concenco et al. (2013) espécies abundantes que são amplamente distribuídas na área, a aplicação de herbicidas pré-emergentes vai ter um papel importante na redução da sua ocorrência. Quanto menos frequentes as espécies que ocorrem em locais específicos no campo, em muitos casos não há necessidade de aplicar o controle em toda área a fim de eliminar essas espécies. Espécies dominantes, que não são frequentes, podem apresentar apenas alguns indivíduos distribuídos aleatoriamente no campo; assim, será difícil localizá-los antes da emergência.

De acordo com Albuquerque et al. (2013), uma forma de ponderar todas as informações de frequência, densidade e abundância é avaliar a real importância de uma determinada planta daninha dentro de um ecossistema agrícola, que pode ser feito por meio do Índice de Valor de Importância Relativo (IVI). Com relação ao IVI as populações que apresentaram os maiores valores foram a *C. rotundus* (15,91), *C. aggregatus* (14,96), *C. luzulae* (14,20), *C. diffusus* (13,74) e *B. humidicola* (13,73).

Tabela3 - Parâmetros fitossociológico das plantas daninhas identificadas nos tratamentos com em dois anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017. Maués, AM

Familia	Classe	Espécies	Parâmetros Fitossociológicos									
			NTA	NTI	FRE	DEN	ABU	FRE R	DEN R	ABU R	IVI	
Rubiaceae	D	<i>Spermacoce capitata</i> Ruiz & Pav.	38	198	0,05	825,00	5,21	0,67	0,73	2,18	3,58	
Amaranthaceae	D	<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) R. Br. ex L	85	158	0,12	658,33	1,86	1,51	0,58	0,78	2,87	
	D	<i>Alternanthera tenella</i> Colla	36	86	0,05	358,33	2,39	0,64	0,32	1,00	1,95	
	D	<i>Alternanthera polygonoides</i> (L.) R.Br	128	59	0,18	245,83	0,46	2,27	0,22	0,19	2,68	
Arecaceae	M	<i>Astrocaryum aculeatum</i> G. Mey.	4	4	0,01	16,67	1,00	0,07	0,01	0,42	0,50	
Asteraceae	D	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	45	69	0,06	287,50	1,53	0,80	0,25	0,64	1,69	
	D	<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.	62	136	0,09	566,67	2,19	1,10	0,50	0,92	2,52	
	D	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	78	213	0,11	887,50	2,73	1,39	0,78	1,14	3,31	
	D	<i>Praxelis pauciflora</i>	21	108	0,03	450,00	5,14	0,37	0,40	2,15	2,92	
	D	<i>Rolandra fruticosa</i> (L.) Kuntze	65	184	0,09	766,67	2,83	1,15	0,67	1,19	3,01	
Brassicaceae	D	<i>Acanthospermum australe</i>	68	49	0,09	204,17	0,72	1,21	0,18	0,30	1,69	
	D	<i>Cleome affinis</i> L.	23	89	0,03	370,83	3,87	0,41	0,33	1,62	2,35	
Commelinaceae	M	<i>Commelina benghalensis</i>	242	1459	0,34	6079,17	6,03	4,30	5,35	2,52	12,17	
	M	<i>Commelina erecta</i> L.	195	1695	0,27	7062,50	8,69	3,46	6,21	3,64	13,31	
Cyperaceae	M	<i>Cyperus aggregatus</i> (Willd.) Endl.	215	1986	0,30	8275,00	9,24	3,82	7,28	3,87	14,96	
	M	<i>Cyperus diffusus</i> Vahl	186	1765	0,26	7354,17	9,49	3,30	6,47	3,97	13,74	
	M	<i>Cyperus esculentus</i> L.	162	1645	0,23	6854,17	10,15	2,88	6,03	4,25	13,16	
	M	<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz.	129	1724	0,18	7183,33	13,36	2,29	6,32	5,60	14,20	
	M	<i>Cyperus rotundus</i> L. CYPRO	196	2142	0,27	8925,00	10,93	3,48	7,85	4,58	15,91	
	M	<i>Cyperus sesquiflorus</i> L.	98	1352	0,14	5633,33	13,80	1,74	4,95	5,78	12,47	
	M	<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl	63	130	0,09	541,67	2,06	1,12	0,48	0,86	2,46	
	M	<i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeck	36	136	0,05	566,67	3,78	0,64	0,50	1,58	2,72	
Dennstaedtiaceae	D	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	18	64	0,03	266,67	3,56	0,32	0,23	1,49	2,04	
Euphorbiaceae	D	<i>Acalypha arvensis</i> Poepp. & Endl.	85	138	0,12	575,00	1,62	1,51	0,51	0,68	2,70	
	D	<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> L.	65	86	0,09	358,33	1,32	1,15	0,32	0,55	2,02	
	D	<i>Croton glandulosus</i> L.	74	97	0,10	404,17	1,31	1,31	0,36	0,55	2,22	
	D	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	164	362	0,23	1508,33	2,21	2,91	1,33	0,92	5,16	
Fabaceae	D	<i>Acacia plumosa</i> Lowe	3	4	0,00	16,67	1,33	0,05	0,01	0,56	0,63	
	D	<i>Mimosa pudica</i> L.	59	92	0,08	383,33	1,56	1,05	0,34	0,65	2,04	
	D	<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.) Benth	96	184	0,13	766,67	1,92	1,71	0,67	0,80	3,18	
	D	<i>Zornia latifolia</i> Sm.	21	68	0,03	283,33	3,24	0,37	0,25	1,36	1,98	
Lamiaceae	D	<i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) K	56	84	0,08	350,00	1,50	0,99	0,31	0,63	1,93	
Melastomataceae	D	<i>Clidemia rubra</i> (Aubl.) Mart.	65	96	0,09	400,00	1,48	1,15	0,35	0,62	2,12	
Molluginaceae	D	<i>Mollugo verticillata</i> L.	52	214	0,07	891,67	4,12	0,92	0,78	1,72	3,43	
Nyctaginaceae	D	<i>Boerhavia diffusa</i> Willd.	86	125	0,12	520,83	1,45	1,53	0,46	0,61	2,59	
Piperaceae	D	<i>Peperomia pellucida</i> (L.) Kunth	41	65	0,06	270,83	1,59	0,73	0,24	0,66	1,63	
	M	<i>Andropogon leucostachyus</i> Kunth	68	168	0,09	700,00	2,47	1,21	0,62	1,03	2,86	
	M	<i>Axonopus affinis</i> Chase	85	182	0,12	758,33	2,14	1,51	0,67	0,90	3,07	
	M	<i>Axonopus fissifolius</i> (Raddi) Kuhlm	97	258	0,13	1075,00	2,66	1,72	0,95	1,11	3,78	
	M	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf	187	1189	0,26	4954,17	6,36	3,32	4,36	2,66	10,34	
	M	<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schw	287	1685	0,40	7020,83	5,87	5,10	6,17	2,46	13,73	
	M	<i>Chloris polydactyla</i> (L.) Sw.	145	945	0,20	3937,50	6,52	2,58	3,46	2,73	8,77	
	M	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	65	136	0,09	566,67	2,09	1,15	0,50	0,88	2,53	
	Poaceae	M	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	178	1236	0,25	5150,00	6,94	3,16	4,53	2,91	10,60
		M	<i>Digitaria violascens</i>	144	1241	0,20	5170,83	8,62	2,56	4,55	3,61	10,71
		M	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	56	146	0,08	608,33	2,61	0,99	0,53	1,09	2,62
		M	<i>Homolepis aturensis</i> (H.B.K.) Chase	124	986	0,17	4108,33	7,95	2,20	3,61	3,33	9,14
		M	<i>Panicum laxum</i> Sw.	129	245	0,18	1020,83	1,90	2,29	0,90	0,80	3,98
		M	<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	123	224	0,17	933,33	1,82	2,18	0,82	0,76	3,77
		M	<i>Paspalum multicaule</i> Poir.	162	253	0,23	1054,17	1,56	2,88	0,93	0,65	4,46
		M	<i>Paspalum virgatum</i> L.	174	4	0,24	16,67	0,02	3,09	0,01	0,01	3,11
Rubiaceae	M	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	84	219	0,12	912,50	2,61	1,49	0,80	1,09	3,39	
	D	<i>Oldenlandia corimbosa</i> L.	64	195	0,09	812,50	3,05	1,14	0,71	1,28	3,13	
	D	<i>Psychotria medusula</i> Müll. Arg.	6	10	0,01	41,67	1,67	0,11	0,04	0,70	0,84	
	D	<i>Spermacoce latifolia</i> Aubl.	42	164	0,06	683,33	3,90	0,75	0,60	1,64	2,98	
Solanaceae	D	<i>Spermacoce verticillata</i> L.	92	168	0,13	700,00	1,83	1,63	0,62	0,76	3,01	
	D	<i>Physalis angulata</i> L.	65	122	0,09	508,33	1,88	1,15	0,45	0,79	2,39	
	D	<i>Solanum crinitum</i> Lam.	14	36	0,02	150,00	2,57	0,25	0,13	1,08	1,46	
	D	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	13	19	0,02	79,17	1,46	0,23	0,07	0,61	0,91	
	D	<i>Solanum paniculatum</i>	25	36	0,03	150,00	1,44	0,44	0,13	0,60	1,18	
	D	<i>Solanum stramonifolium</i> Jacq.	23	49	0,03	204,17	2,13	0,41	0,18	0,89	1,48	
Turneraceae	D	<i>Solanum viarum</i> Dunal.	38	94	0,05	391,67	2,47	0,67	0,34	1,04	2,06	
	D	<i>Turnera ulmifolia</i>	19	42	0,03	175,00	2,21	0,34	0,15	0,93	1,42	
Urticaceae	D	<i>Cecropia concolor</i> Willd.	6	6	0,01	25,00	1,00	0,11	0,02	0,42	0,55	
Verbenaceae	D	<i>Lantana camara</i> L.	18	25	0,03	104,17	1,39	0,32	0,09	0,58	0,99	
	D	<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.)	36	144	0,05	600,00	4,00	0,64	0,53	1,67	2,84	

NTA Número total de amostras; NTI Número total de indivíduos; FRE Frequência; DEN Densidade; ABU Abundância; FRE R Frequência relativa; DEN R densidade relativa; ABU R Abundância relativa; IVI índice de valor de importância.

Os tratamentos demonstraram diferenças significativas ($p < 0,05$) na avaliação visual a escala do ERWC, conforme figura 4. O tratamento Paraquat + diuron ($1200 + 300 \text{ g ha}^{-1}$) foi o herbicida que melhor controlou as plantas daninhas da cultura do guaraná (5,83). Possivelmente, o resultado pode estar correlacionado com o teor de matéria orgânica do solo que está diretamente relacionada com a sorção do diuron, sendo que os solos com maiores teores de m.o. apresentam os maiores coeficientes de sorção (ROCHA et al., 2013). Em seguida o tratamento com Atrazina (2500 g ha^{-1}) com nota de 4,63 foi o segundo que melhor resultado.

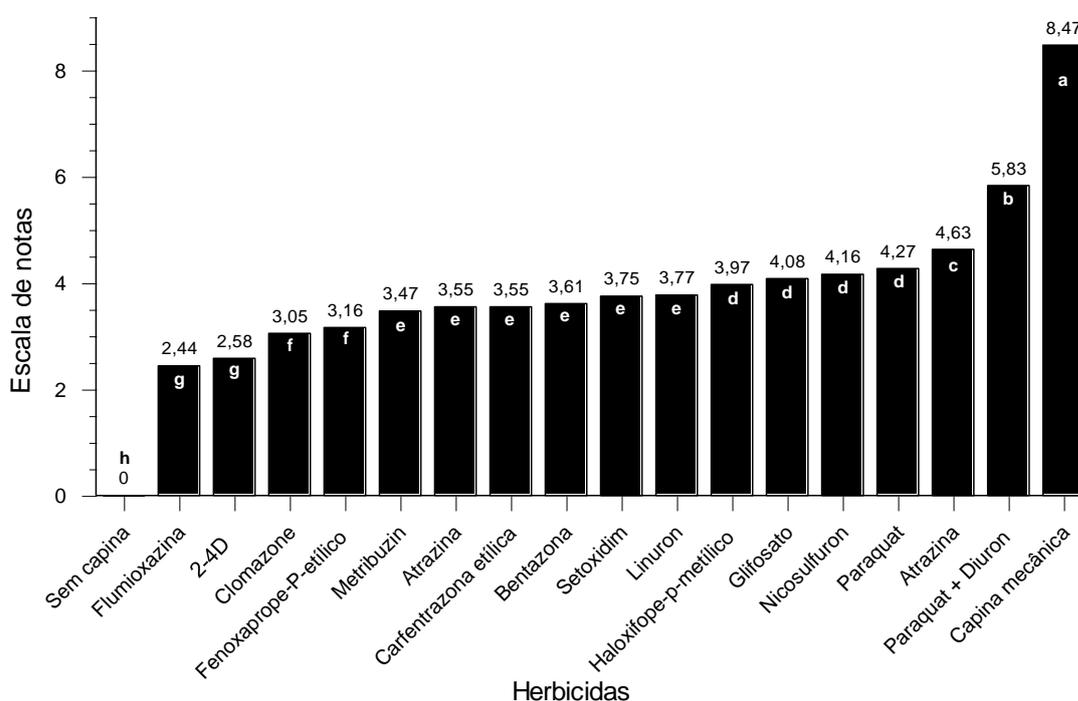


Figura4 – Avaliação visual do controle de plantas daninha, com herbicidas, na cultura do guaraná usando a escala do ERWC, na Fazenda Santa Helena–AMBEV, Maués.

Os tratamentos Paraquat (600 g ha^{-1}), Nicosulfuron (60 g.ha^{-1}), Glifosato (1557 g.ha^{-1}) e Haloxifop-p-etílico (50 g ha^{-1}) não apresentaram diferenças estatísticas, no entanto, proporcionaram injúrias na escala 4 EWRC, ou seja, forte descoloração ou razoável deformação, sem, contudo, ocorrer necrose (morte do tecido). Enquanto, Flumioxazina (125 g.ha^{-1}) e 2-4D (300 g.ha^{-1}) obtiveram a menor nota na escala de

avaliação, 2,44 e 2,58, respectivamente. Os demais tratamentos proporcionaram injúrias mais leves.

Em relação ao controle das plantas daninhas, todos os tratamentos com herbicidas diferiram da testemunha sem capina (Figura 2). Observa-se que o efeito dos herbicidas carfentrazone-etílica (250 g.ha⁻¹) e Paraquat + diuron (1200 + 300 g.ha⁻¹) proporcionaram a maior controle com 85,53% e 69,16%, respectivamente. Seis tratamentos obtiveram resultados abaixo de 40% por hectare de matéria seca, sendo: Bentazona, 2-4D, Fenoxaprope, Nicosulfuron e Flumioxazina. Quando comparado com o resultado de avaliação visual, observa-se que o tratamento com Flumioxazina e Paraquat+diuron foram similares. Tendo como base o método para avaliação do peso da matéria seca das plantas daninhas, apenas o herbicida carfentrazone-etílica (250 g.ha⁻¹) é classificado como muito bom, os demais herbicidas abaixo de 40% são classificados como pobre.

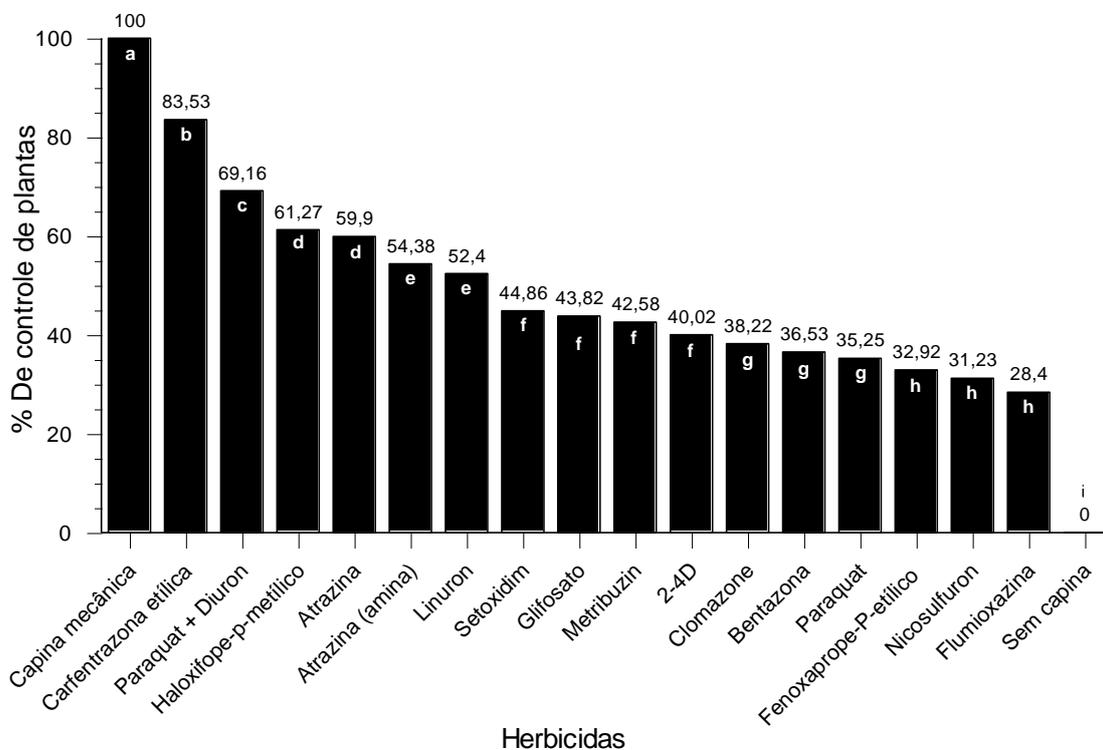


Figura 5 – Porcentagem de controle de plantas daninhas em função da aplicação de herbicidas, capina e sem capina, na Fazenda Santa Helena – AMBEV, Maués-AM.

Não foram constatados sintomas visuais de fitointoxicação nas plantas de guaraná (Figura 6). Os tratamentos com os herbicidas glifosato (1557 g ha⁻¹) e Haloxifope-p-etílico (50 g ha⁻¹) foram que proporcionaram maior fitotoxidez quando comparado com os demais tratamentos, contudo, proporcionaram fitotoxidez na escala 2 conforme EWRC, ou seja, pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas, enquanto a maioria dos tratamentos (nove) proporcionaram os menores níveis de fitointoxicação variando de 1,61 a 2,27, conforme figura 6. Fontes et al. (2010) concluíram que a deriva do herbicida glifosato em plantas de guaranazeiro provocou sintomas de fitotoxidez, caracterizadas por clorose e enrolamento das margens das folhas, no entanto, não afetou o enraizamento de estacas utilizadas para a propagação vegetativa da cultura.

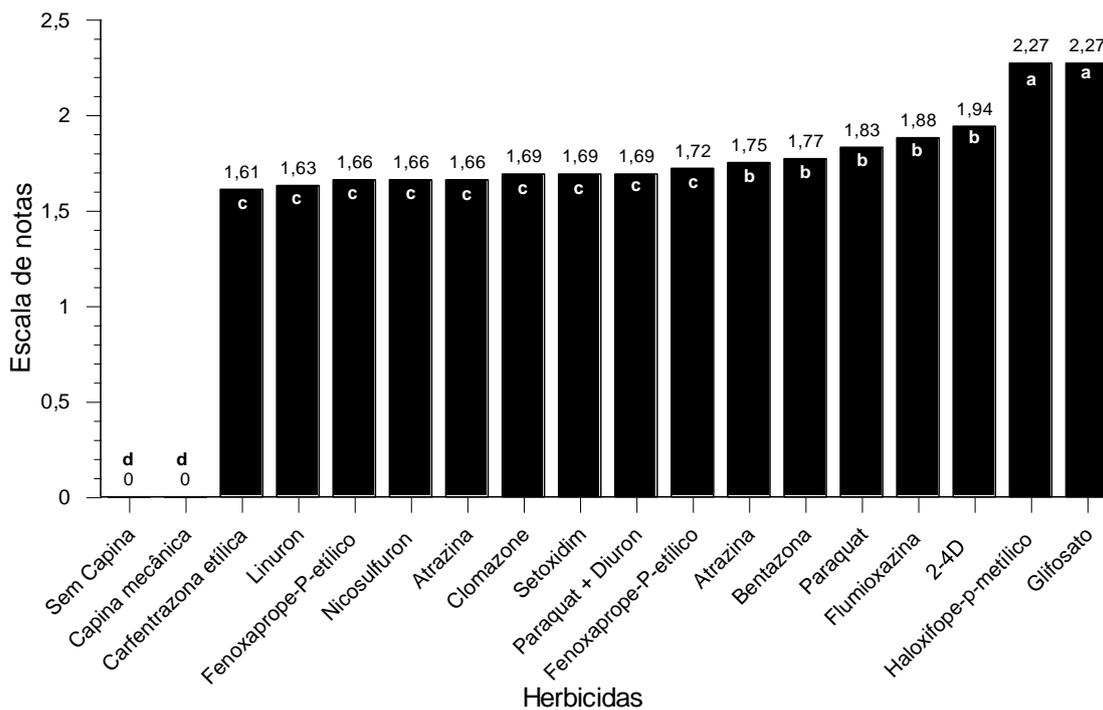


Figura 6 – Efeito de herbicidas em plantas de guaraná em escala de notas (1-9), na fazenda Santa Helena, Maués-AM.

6 CONCLUSÃO

Os tratamentos: capina mecânica, paraquat + diuron, carfentrazona etílica, glifosato e Haloxifope-p-metílico, foram os que indicaram melhores rendimentos agronômicos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTINO, S. M. F. et al. Composição Florística das Plantas Daninhas na Cultura de Guaraná (Paullinia Cupana), no Estado do Amazonas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 351-358, 2004.

ALVES ALBUQUERQUE, José de Anchieta et al. Estudo florístico de plantas daninhas em cultivos de melancia na Savana de Roraima, Brasil. **Scientia Agropecuaria**, v. 8, n. 2, p. 91-98, 2017.

COSTA, Jailson Penha; MESQUITA, Mário Luiz Ribeiro. Floristic and phytosociology of weeds in pastures in Maranhão State, Northeast Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 414-420, 2016.

CUNHA, Jorge Luiz Xavier Lins et al. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 119-126, 2014.

DA SILVA, Fernando José Carneiro et al. AVALIAÇÃO DE ÍNDICES FITOSSOCIOLÓGICOS DE PLANTAS DANINHAS EM SOLOS COM TRÊS DIFERENTES TEXTURAS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR. **REVISTA FAFIBE ON-LINE**, v. 10, n. 1, p. 223-240, 2018.

DE CARVALHO, Fernando Tadeu; ONOHARA, Guilherme Manfrinatti. Seletividade do herbicida trifluralin sobre o crescimento inicial da cana-de-açúcar. **Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agrônômicas**, v. 24, n. 4, p. 293-300, 2015.

ERASMO, E. A. L. et al. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 337-342, 2004.

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta daninha**, p. 195-201, 2004.

FONTES, J.R.A.; NASCIMENTO FILHO, F.J.N.; MORAIS, R.R. Influência do glyphosate no enraizamento de estacas de guaranazeiro. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto, SP. 2010.

GALVÃO, Anísia Karla de Lima et al. Degradação de pastagens em quatro municípios do estado do Amazonas com base na infestação de plantas daninhas e nos atributos do solo. 2011.

Gomes Jr, F. G., e Christoffoleti, P. J. (2008). Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. *Planta daninha*, 26(4), 789-798.

Guaraná (*Paullinia Cupana*), no Estado do Amazonas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 351-358, 2004.

LOPES, Vanessa. **Avaliação do banco de sementes do solo de um trecho de floresta estacional semidecidual: Mata Atlântica no município de Foz do Iguaçu-PR**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MARQUES, L. J. P. et al. Composição florística de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi no sistema de capoeira triturada. **Planta Daninha**, v. 28, n. Especial, 2010.

MARQUES, L. J. P. et al. Dinâmica de populações e fitossociologia de plantas daninhas no cultivo do feijão-caupi e mandioca no sistema corte e queima com o uso de arado. **Planta Daninha**, p. 981-989, 2011.

MASCARENHAS, MARIA HELENA TABIM et al. Flora infestante em pastagem degradada sob recuperação, pelo sistema de integração lavoura-pecuária, em região de cerrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 01, 2010.

MILÉO, L. J. et al. Plantas daninhas hospedeiras alternativas de *Colletotrichum guaranicola* em cultivos de guaraná no Estado do Amazonas. **Planta daninha**, v. 25, n. 4, p. 771-782, 2007.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley e Sons, p.547, 1974.

MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbusivo de uma área de campo sujo no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.20, n.3, p.671-685, 2006.

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.

ORZARI, I. et al. Germinação de espécies da família Convolvulaceae sob diferentes condições de luz, temperatura e profundidade de semeadura. **Planta daninha**, v. 31, n. 1, p. 53-61, 2013.

PEREIRA, Gustavo Antônio Mendes et al. Crescimento da mandioca e plantas daninhas em resposta à adubação fosfatada. **Ceres**, v. 59, n. 5, 2015.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15.ed. São Paulo: Fealq, 2009. 451p.

ROCHA PEREIRA, Maria Renata et al. Absorção de Subdoses Glyphosate aplicadas em diferentes locais de plantas de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, 2011.

ROCHA, P. R. R. et al. Sorção e dessorção do diuron em quatro latossolos brasileiros. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 231-238, 2013.

SALVADIO, M. O. et al. Associação de Glyphosate com condicionadores de calda no manejo de plantas daninhas em cafeeiros. 2017.

Silva FAS, Azevedo CAV (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res.** Vol. 11(39), pp. 3733-3740, 29 September. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522.

TAROUCO, Camila Peligrinotti et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na fase inicial de crescimento do eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1131-1137, 2010.

EFEITO DO HERBICIDA NA CULTURA DO GUARANAZEIRO

RESUMO

A planta daninha, em geral, causa redução na produção agrícola, furtam energia do agroecossistema, hospedam pragas, doenças e constituem a maior barreira para a produção de alimentos e desenvolvimento econômico no mundo. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o comportamento de 16 herbicidas mais um tratamento com capina e um tratamento sem capina, no controle de plantas daninhas, na cultura do guaranazeiro, e os efeitos sobre a severidade de antracnose, acúmulo de prolina livre, e florescimento do guaranazeiro. Nessa pesquisa foram utilizado os herbicidas e sua respectiva dose, expressa em g i.a.ha⁻¹: linuron 900, Atrazina 2500 bentazona 900, carfentrazona etílica 100, Atrazina (amina) 1750, paraquat 1200 + diuron 300, paraquat 600, setoxidim 230, glifosato 1557, Nicosulfurom, fenoxaprop-P-etílico 250, Metribuzin 720, Flumioxazina 125, 2-4D 300, Haloxifop-p-metílico 50, clomazone 72, capina mecânica e sem capina, o delineamento foi em blocos casualizados com 18 tratamentos e quatro repetições, sendo cada parcela composta de quatro plantas de guaraná na área útil. Antes da aplicação da calda herbicídica, a área foi roçada para padronizar a população de plantas daninhas, quando as plantas daninhas estavam com 30 cm de altura realizou aplicação dos tratamentos com um pulverizador costal, com capacidade de 20 L, com pontas de pulverização do tipo 110.02. Para avaliar a Severidade de antracnose utilizou escala diagramática, nas planas uteis e resultado expresso em porcentagem, para prolina utilizou método de Bates (1962), para florescimento utilizou escala de notas de 1-9 e para germinação de grão de pólen foi realiza uma contagem aleatória do número de grãos germinados e dos não germinado. As avaliações foram a cada 30 dias até 210 dias após aplicação dos tratamentos. Para a comparações de médias foram feitas análise conjunta (2016-2017) pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) de probabilidade utilizando o *software* assistat. Os tratamentos capina mecânica, sem capina, Paraquat+diuron, Linuron, clomazone, atrazina, glifosato e clomazone se destacam com bom desempenho agrônômico para as condições dessa pesquisa.

Palavras-chave: invasoras, manejo, *Paullinia cupana*, pesticida.

ABSTRACT

The weed generally causes a reduction in agricultural production, steals energy from the agroecosystem, hosts pests, diseases and constitutes the biggest barrier to food production and economic development in the world. The objective of this research was to evaluate the behavior of 16 herbicides plus one treatment with weeding and one treatment without weeding, in the control of weeds, in the guaraná crop, and the effects on anthracnose severity, free proline accumulation, and flowering. guaraná. The herbicides and their respective dose, expressed in g active ingredient ha⁻¹: linuron 900, Atrazine 2500 bentazone 900, ethyl carfentrazone 100, Atrazine (amine) 1750, paraquat 1200 + diuron 300, paraquat 600, setoxidim 230, glyphosate 1557, Nicosulfurom, phenoxaprope-P-ethyllic 250, Metribuzin 720, Flumioxazine 125, 2-4D 300, Haloxyfop-p-methyl 50, clomazone 72, mechanical weeding and without weeding, the design was in a randomized block with 18 treatments and four repetitions, each part being composed of four guaraná plants in the useful area. Before application of the herbicide syrup, the area was scrubbed to standardize the weed population; when the weeds were 30 cm high, the treatments were applied with a costal sprayer with a capacity of 20 L, with spray tips of the type 110.02. In order to evaluate the severity of anthracnose, it was used a diagrammatic scale, in the useful plans and result expressed in percentage, for proline used bates method (1962), for flowering used scale of grades 1-9 and for germination of pollen was performed a count number of germinated and non-germinated grains. The evaluations were every 30 days up to 210 days after application of the treatments. For the comparisons of means were done joint analysis (2016-2017) by the Scott-Knott test ($p \leq 0.05$) probability using the assistat software. The treatments weeding, without weeding, Paraquat + diuron, Linuron, clomazone, atrazine, glyphosate and clomazone stand out with good agronomic performance for the conditions of this research.

Key words: invasive, handling, Paullinia cupana, pesticide.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o único produtor de guaraná do mundo, em termos comerciais. Os Estados do Amazonas e da Bahia possuem a maior área plantada do fruto nas suas respectivas regiões. No Amazonas, o guaranazeiro é cultivado tanto por grandes como por pequenos produtores (IBGE 2016). Contudo, no Estado do Amazonas há uma menor produção devido diversos fatores, entre eles as plantas daninhas (FONTES e FILHO, 2010; MILÉO et al. 2007) e a antracnose (BENTES e MATSUOKA, 2002; SOUZA et al. 2012).

A utilização de herbicidas é, atualmente, o principal método para controle de plantas daninhas em diferentes culturas, em função da sua praticidade e eficiência (SOSBAI, 2012), porém, um dos inconvenientes da aplicação de herbicidas é a possibilidade de estes causarem toxicidade à cultura. A fitotoxicidade causada por herbicidas pode implicar em redução na produtividade (PETTER; ZUFFO; PACHECO, 2011), e também, dependendo de uma série de fatores, como as condições meteorológicas, prejuízos à qualidade fisiológica das sementes colhidas. Isto foi observado para braquiárias (MARTINS et al. 2007; RODRIGUES COSTA et al. 2011) e soja (ALBRECHT et al., 2012), em experimentos com diferentes classes de herbicidas.

A exposição à deriva de pulverização resulta principalmente em doses subletais de herbicidas. Além disso, doses sub-letais de herbicidas afetam o conjunto de flores, frutos e sementes de plantas herbáceas por exemplo (BOUTIN et al., 2014; OLSZYK et al., 2016), vários estudos documentaram redução abundância floral; (STRANDBERG et al., 2012; CARPENTER et al., 2013; SCHMITZ et al., 2013; BOUTIN et al., 2014; SCHMITZ et al., 2014; STRANDBERG et al., 2017). Declínio na abundância de flores e/ou mudanças na fenologia da floração resultando em perda de recursos florais é considerado como um dos principais fatores que impulsionam o declínio de visitas a flores nativas insetos (POTTS et al., 2010). Assim, a exposição das plantas não alvo o herbicida

pode ter efeitos indiretos em insetos que visitam flores e, finalmente, sobre polinização e sementes. Estes efeitos indiretos permanecem inexplorados.

Vários mecanismos de proteção são ativados nas plantas em resposta a condições adversas de crescimento (MARIJUAN e BOSCH, 2013). Entre estes mecanismos e em razão de sua sensibilidade de resposta às condições de estresse (TROVATO et al., 2008; VERBRUGGEN e HERMANS, 2008; ASHRAF et al., 2011) o acúmulo de prolina nos tecidos das plantas é um biocicador. Em plantas, o acúmulo de prolina está relacionado a estresse hídrico, salino, alta e a baixa temperatura, metais pesados, infecção por patógenos, anaerobiose, deficiência de nutrientes, poluição atmosférica e radiação UV (HARE e CRESS 1997; SARADHI et al., 1995; SIRIPORNADULSIL et al., 2002). O acúmulo de prolina fornece um importante parâmetro para a seleção de plantas resistentes (VERBRUGGEN e HERMANS, 2008). Além disso, é comum a constatação de que teores aumentados de prolina atenuam os efeitos de estresses e desempenha papel de adaptação em tolerância a esses estresses pela planta (CVIKROVÁ et al., 2013; FILIPPOU et al., 2014).

Estes fatores, em conjunto, podem ser usados como ferramentas para entender a produtividade do guaranazeiro. Ba x Am

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Avaliar o efeito de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura do guaraná.

2.2 Objetivos Específicos:

Avaliar o efeito dos herbicidas sobre o florescimento, a viabilidade do grão de pólen e da prolina livre nas folhas do guaranazeiro.

Mensurar a severidade da antracnose no guaranazeiro causada pelos herbicidas.

Quantificar teor de metilxantinas no grão do guaranazeiro e a sua produtividade.

3 HIPÓTESES

1. Os tratamentos com herbicidas não afetarão a polinização, frutificação e maturação dos frutos de guaraná e aumentará a ocorrência da antracnose.
2. Os herbicidas não alteram a quantidade de metilxantinas e a produtividade do guaranazeiro.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área supramencionada no capítulo I, bem como utilizou-se os mesmos herbicidas citados na tabela 1.

4.1 Severidade da Antracnose

A severidade da antracnose foi quantificada com a escala diagramática adaptada de Pereira e Araújo (2009) de acordo tabela 1 e figura 1, que utiliza escala de notas variando de 0 até 7, de acordo com a quantidade de lesões nas folhas das plantas de guaranazeiro. A avaliação foi realizada durante o período de abril e maio 2016 e 2017, época de maior precipitação pluvial. Foram amostradas as 4 plantas centrais de cada parcela totalizando 72 amostras por ano. Quatro ramos, por planta, localizados um em cada ponto cardeal, na altura do terço superior da copa. Posteriormente, foram selecionados folhas e folículos com sintomas de antracnose, dando preferência a quinta folha no sentido descendente do ramo, podendo incidir até na terceira folha dependendo da condição do ramo, então avaliou-se, os três folíolos da extremidade foliar. Para confirmar se os sintomas encontrados no campo eram de antracnose, foi isolado o agente causal da doença e inoculado em plantas sadias de guarazeiro para realizar o postulado de Koch. No laboratório de Fitopatologia, os fragmentos foliares com sintomas foram desinfestados superficialmente (Dhingra e Sinclair, 1995) e isolados em placas de Petri com meio de cultura BDA (Batata-Dextrose-Ágar) acrescido de antibiótico clorafenicol (250 mg L⁻¹), e mantidas por um período de sete dias em temperatura ambiente (25 ± 2 °C), sob luz direta para que ocorresse a produção de conídios. Em seguida foram medidos os esporos, com auxílio de uma ocular micrométrica acoplada a microscópio estereoscópico. Os dados médios de comprimento e largura dos esporos foram comparados com os parâmetros indicados na literatura (Bentes e Barreto, 2004).

Tabela 1: Escala de notas e de severidade de antracnose em guaranazeiro na Fazenda Santa Helena, município de Maués-AM, 2016.

Nota	Severidade
0	0% Ausência de doença.
1	Até 1 % de área foliar lesionada.
2	Até 5 % de área foliar lesionada.
3	Até 10 % de área foliar lesionada.
4	Até 15 % de área foliar lesionada.
5	Até 25 % de área foliar lesionada.
6	Até 50 % de área foliar lesionada.
7	Até 75 % de área foliar lesionada.

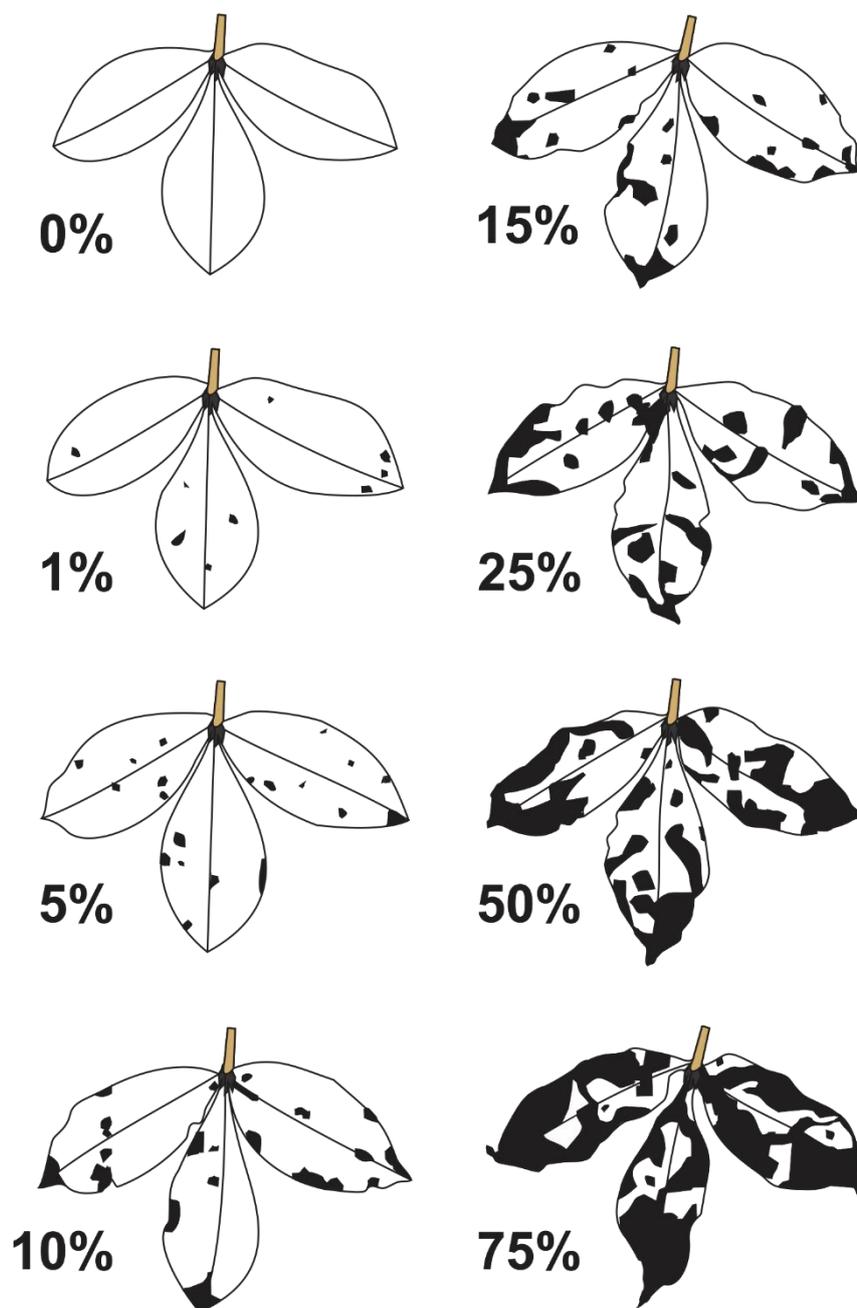


Figura 1. Escala diagramática utilizada para avaliar antracnose, adaptada de PEREIRA e ARAÚJO (2009), Maués-AM, 2016.

4.2 Prolina

A determinação de prolina foi realizada com base em curva-padrão, conforme Bates et al. (1973) e o resultado expresso em μmol de prolina por g^{-1} de matéria seca.

Amostras de folhas de plantas de guaraná da área útil do experimento foram utilizadas para a análise de prolina. Devido à variação da concentração desse aminoácido em função do estágio de desenvolvimento da folha foi padronizado o uso de folhas maduras, sem sintomas visuais de doença ou deficiência nutricional no terço médio da planta de guaranazeiro expostas a luz solar. Foi coletada uma folha por quadrante de cada planta da área útil, totalizando 16 folhas por parcela.

A extração da prolina foi realizada com a adição de 5 mL de ácido sulfosalicílico a 3% e, em seguida, o extrato foi centrifugado por 5 minutos a 3000 rpm em temperatura ambiente. Deste extrato foi retirado 1 mL do sobrenadante do centrifugado, transferido para um tubo de ensaio e adicionado 1 mL de ninidrina ácida e 1 mL de ácido acético glacial. A mistura foi colocada em banho-maria por uma hora a 100°C e depois resfriada em gelo para cessar a reação. Em seguida foram adicionados 2 mL de tolueno p.a. e agitado vigorosamente em vortex por 30 segundos para separação das fases (o tolueno extrai a substância cromófora formando um complexo com coloração avermelhada). Após a solução atingir a temperatura ambiente, a fração aquosa superior que contém o grupo cromóforo foi coletada e lida em espectrofotômetro a 520 nm.

4.3 Florescimento

O florescimento das plantas de guaraná foi avaliado na escala de 1-9 adaptado da Escala de fitotoxicidade da EWRC (1964), quanto maior o número de flores, maior a nota até o valor de 9, e quanto menor for o número de flores menor a nota sendo o mínimo igual a 1.

4.4 Polinização

Para a viabilidade do grão de pólen por ocasião do florescimento, foi coletado grãos de pólen originário das plantas que compõe plantas úteis de cada parcela do experimento. Para esse procedimento, a inflorescência foi isolada utilizando-se saco de polietileno por volta de 10 dias antes da antese.

Quando a inflorescência apresenta dois terços de suas flores no estágio de antese completa realizou-se a colheita. O pólen coletado foi submetido a uma secagem de 18 horas sobre sílica gel. Depois de seco, o mesmo foi distribuído em micro tubo Eppendorf, (CUNHA et al. 2007). O grão de pólen foi colocado em meio de cultura constituído por sacarose-ágar (11 g de sacarose, 1,2 g de ágar e água destilada na quantidade suficiente para 100 mL de meio). Para o preparo deste meio inicialmente o ágar foi dissolvido em 50 mL do volume da água, agitado e aquecido em micro-ondas até sua ebulição. Essa suspensão foi agitada, após intervalos de três minutos de aquecimento, de maneira que tal procedimento foi repetido até a obtenção de uma solução homogênea, sendo então adicionada a essa solução a sacarose diluída no restante nos outros 50 mL de água. O meio de cultura foi distribuído em placas de petri, as quais receberam aproximadamente, 15 mL de meio e mantidas em repouso até o resfriamento e a solidificação do meio. Em seguida foi adicionado a placa de Petri a quantidade de 0,01 g de pólen diluídas em 1 mL de água destilada. Após distribuição do pólen, as placas de petri foram fechadas e incubadas em temperatura de 40 °C, em câmara climatizada tipo BOD por um período de duas horas.

Para a avaliação da germinação dos grãos de pólen foi realiza uma contagem aleatória do número de grãos germinados e dos não germinados, considerando-se germinado o grão de pólen que apresentar o comprimento do tubo polínico igual ou

superior ao seu diâmetro. Para a contagem foi utilizado o microscópio com objetiva com aumento de 10x.

4.5 Quantificação das metilxantinas

Cerca de 100 mg de material vegetal triturado e peneirado foi homogeneizado com 5 mL de metanol a 80% em tubos de vidro com tampa rosqueada e mantido em banho térmico a 50°C durante 2h, realizando a agitação a cada 15 minutos com o auxílio de um agitador de tubos (vortex). Após resfriamento em temperatura ambiente, foi coletado aproximadamente 1,2 mL da solução e colocados em micro tubos tipo eppendorfs. As amostras foram centrifugadas a 14.000 x g durante 20 min e 0,5 mL do sobrenadante foi diluído em água destilada, na proporção de 1:1 (v:v) e depositados em *vials* para cromatografia.

Para a quantificação das metilxantinas, os extratos foram analisados em um cromatógrafo HPLC com detector de diodo (Shimadzu Inc., Kyoto, Japão) operando em 272 nm. A separação foi feita em coluna de fase reversa C18 (25 cm x 4,6 mm, Allcrom®) sendo a fase móvel (A) água com ácido acético a 1% e (B) metanol, sob um fluxo de 1,2 mL.min⁻¹. O gradiente utilizado foi: 0 min 20% B, 13 min 45% B, 23 min 100% B e 30 min 20% B. Para quantificação das metilxantinas foram construídas curvas com padrões comerciais de cafeína (Sigma-Aldrich®) em concentrações de 0,0125 a 0,2 mg.mL⁻¹ (figura 2A), teobromina (Sigma-Aldrich®) de 0,0125 à 0,2 mg.mL⁻¹ e teofilina (Sigma-Aldrich®) de 0,002 à 0,01 mg.mL⁻¹ (figura 2C), a partir da curva foi gerada uma equação linear para calcular as concentrações das metilxantinas nas amostras de guaraná. O tempo de retenção das metilxantinas para a detecção na HPLC foi de aproximadamente 5 minutos para teobromina, 7 minutos para teofilina e 9 minutos para cafeína.

4.6 Produtividade

Para avaliar a produtividade foi realizada colheita na área útil das parcelas até duas vezes por semana por ocasião da maturação dos frutos. Em seguida, os frutos foram levados para galpão de beneficiamento onde foram despolpados, lavados e secos. Em seguida, pesados e os dados transformados para produção kg ha^{-1} com a umidade padronizada para 15%. Este material foi moído e usado para quantificar as metilxantinas.

4.7 Estatística

A análise estatística dos dados foi no programa computacional de estatística ASSISTAT versão 7.7 (SILVA, 2016).

Realizou-se a análise de variância conjunta para cada caráter, após detectar-se que a relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo da análise de variância individual não excedeu a relação 7:1 (PIMENTEL-GOMES, 2009; BANZATO, 2013)

Para a comparações de médias foram feitas análises conjuntas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Severidade da Antracnose

Na verificação da ação dos herbicidas sobre a severidade de antracnose nos guaranazeiros, verificou-se forte interferência do herbicida glifosato na severidade da doença, que diferiu estatisticamente dos demais herbicidas, ou seja, com até 15 % de área foliar lesionada (Figura 2).

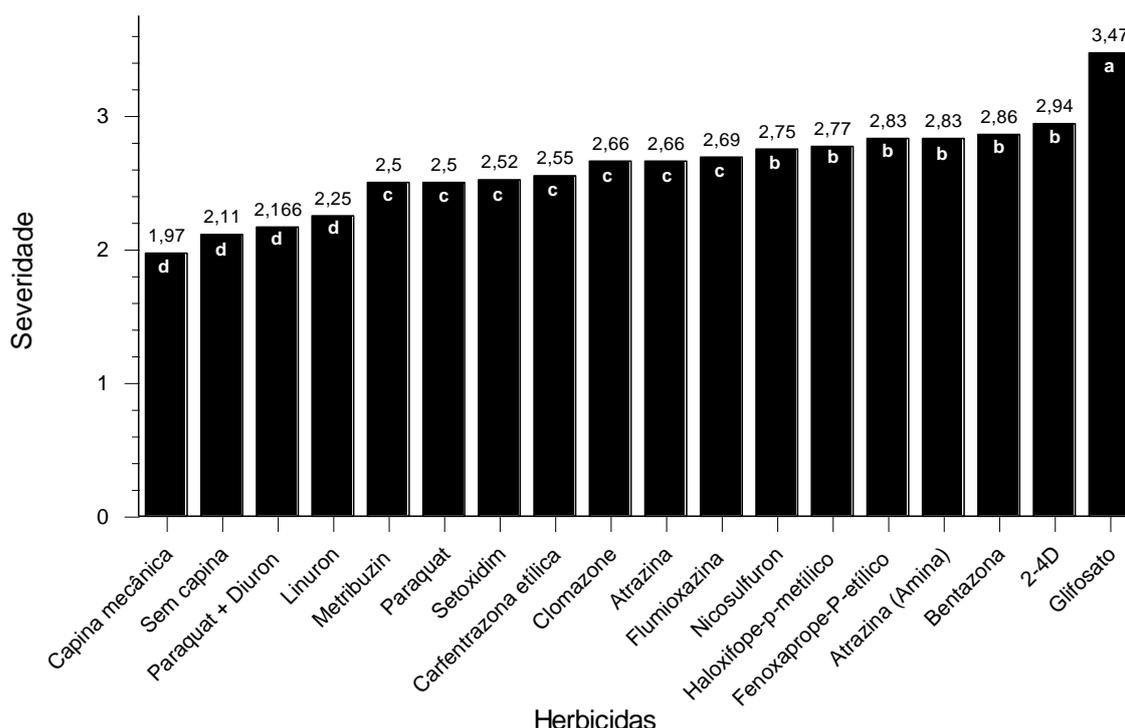


Figura 2. – Severidade de antracnose em função da aplicação de herbicidas, em escala de notas (1-7) na Fazenda Santa Helena – AMBEV. Maués-AM.

Os herbicidas Paraquat + Diuron e Linuron apresentaram a menor taxa de severidade de com valores de 2,11 e 2,16, respectivamente (Figura 2). Valores similares estatisticamente quando comparados com os tratamentos com e sem capina. Os demais herbicidas variaram de 2,50 a 2,94, que de acordo com a tabela de notas equivale em torno de 5 % a 10% de área foliar lesionada.

Depois do herbicida ser absorvido pela planta e atuar em seu local primário de ação, vários eventos bioquímicos e fisiológicos relacionados ocorrem sequencialmente

(DEVINE et al., 1993). Alguns desses efeitos dos herbicidas podem interferir nas reações das plantas ao ataque de patógenos, com influências tanto positivas quanto negativas na severidade de doenças e na indução à síntese de fitoalexinas (RIZZARDI et al., 2003).

Em geral, sob condições de estresse, algumas plantas têm a capacidade de aumentar a produção de alcalóides, como a cafeína e a teobromina, que podem atuar como substâncias de defesa contra doenças, além de contribuírem para a manutenção foliar (MAZZAFERA et al., 1996; VERPOORTE et al., 2000, OLIVEIRA, 2010).

Somac e Foster-Hartnett (2012), quando avaliaram o manejo de doenças foliares em alfafa resistente ao glifosato, observaram que o tratamento foi eficiente no controle da ferrugem da alfafa causada por Estriado de *Uromyces*. No entanto, não foi eficiente na redução dos sintomas da antracnose (*Colletotrichum trifolii*) e mancha preta (*PhKoma medicaginis*).

A inibição também foi observada por Feng et al. (2005) que mostraram que mais de 75% das plantas estavam infectadas com ferrugem quando pulverizado com água ou controle de formulação. No entanto, nenhuma ferrugem era evidente em plantas pulverizadas com a formulação de glifosato demonstrando que o controle da ferrugem foi máximo imediatamente após a aplicação do glifosato, além disso, concluíram que o glifosato persistiu no planta por pelo menos 14 dias e o nível de controle da doença foi proporcional à concentração de glifosato no tecido vegetal.

Lévesque e Rahe (1992) relataram inibição na expressão da resistência para *Colletotrichum lindemuthianum* em feijão e para *Fusarium* spp. em tomate. Os autores associaram esse efeito a alterações no metabolismo secundário das plantas, que ocasionam supressão nas suas defesas e aumento na suscetibilidade a doenças em culturas e em plantas daninhas (WEAVER e HERRMANN, 1997).

O glifosato é um herbicida não seletivo e seu mecanismo de ação afeta a rota de ácido shikimico, precursor envolvido no defesa de plantas para patógenos, destacando-

se: taninos e antocianinas, ácido salicílico, lignina, flavonas, cumarinas e isoflavonas (BUCHANAN et al. 2000; SANTOS et al. 2016). Assim sendo, plantas sensíveis, previamente tratadas com o glifosato pode se tornar mais vulnerável ao ataque de patógenos, mesmo que o herbicida não tenha sido aplicado diretamente na cultura do guaranazeiro, sempre ocorre perdas por deriva, lixiviação e entre outros, que pode afetar diretamente a cultura principal no caso o guaranazeiro.

Tuffi-Santos et al. (2015) relatam que uso de herbicidas seletivos, embora não haja efeito tóxico para a cultura, o efeito adjuvantes na fórmula comercial dos herbicidas, pode causar perda de turgescência e /ou degradação de tricomas, degradação da cutícula e cera epicuticular, dano ao estômato complexo e degradação da epiderme, ou seja, efeitos que estão diretamente relacionados com o mecanismo de defesa da planta. Em casos de herbicidas não seletivos, caso do glyphosate na cultura do guaranazeiro, além do efeito adjuvante, o produto também causará o efeito herbicida, que, em vários casos, resulta na alteração da fisiologia e na metabolismo das plantas cultivadas (LANGARO et al. 2014).

Os efeitos dos herbicidas e desenvolvimento de doenças e estresses vegetais geralmente resultam de interações do seu efeito direto no patógeno e de efeitos indiretos em respostas mediadas pelas plantas. Supressão ou aumento da incidência e da severidade de doenças por herbicidas podem ocorrer diretamente através do efeito único ou combinado no patógeno, no hospedeiro ou em outros microrganismos. O efeito também pode ocorrer de forma indireta, afetando os níveis de doenças pelo controle das plantas daninhas, o que elimina hospedeiros alternativos e altera o próprio microclima (DEVINE et al., 2013).

5.2 Prolina

A prolina é um composto osmoprotetor que se acumula nas células, estando relacionada ao ajustamento osmótico (GIANNAKOULA et al., 2008). No presente estudo houve uma ampla variação no conteúdo deste aminoácido nas plantas de guaranazeiro frente aos diferentes herbicidas, apresentando concentrações que variaram de 6,3 a 13,4 μM de prolina por grama de massa fresca. As plantas que foram submetidas ao tratamento com herbicida 2-4 D foi o que maior obteve teor de prolina (13,4 $\mu\text{mol.g}^{-1}$), seguido dos herbicidas nicosulfuron (11,3 $\mu\text{mol.g}^{-1}$), clomazone (11,1 $\mu\text{mol.g}^{-1}$) que não diferiram estatisticamente entre si. O tratamento capina mecânica, e sem capina apresentaram menores valores para acúmulo de prolina (6,9 e 6,3 $\mu\text{mol.g}^{-1}$), evidenciando dessa forma um comportamento de plantas semi domesticada (Figura3).

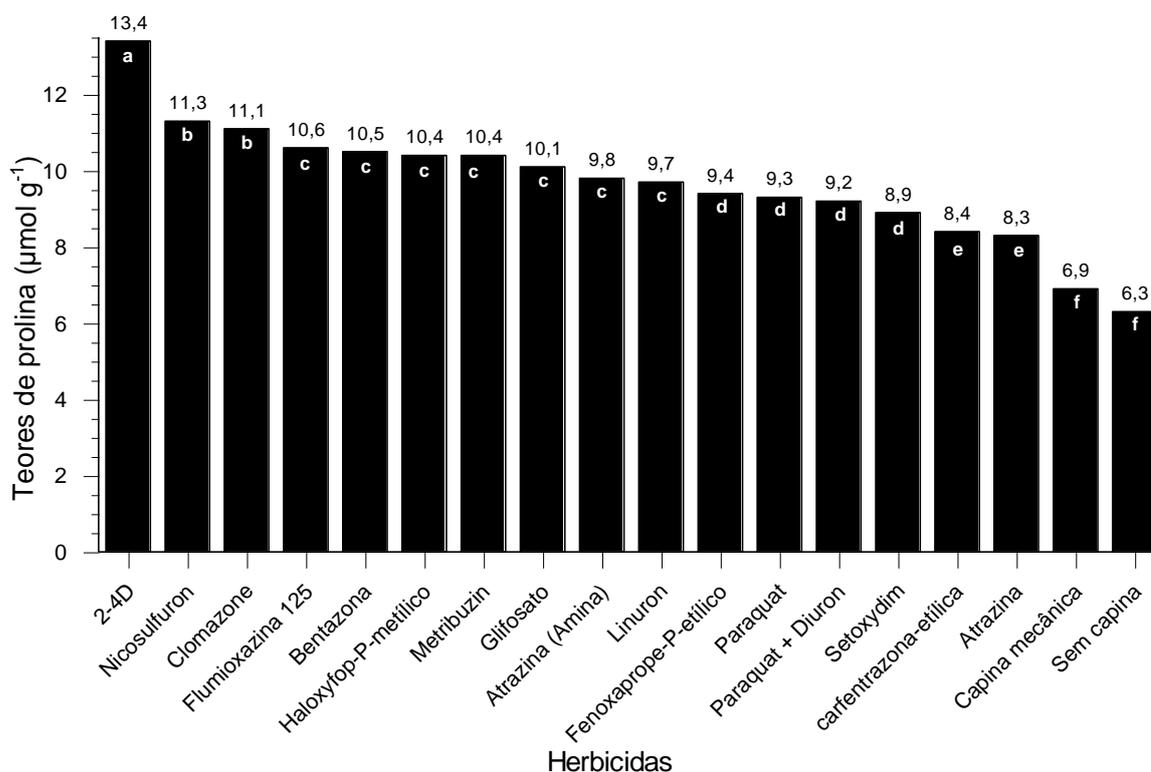


Figura 3 – Teores de prolina em função da aplicação de herbicidas na cultura do guaranazeiro na Fazenda Santa Helena – AMBEV. Maués-AM.

O teor de prolina nos tecidos foliares de plantas tem sido o foco de estudos de várias pesquisas (NASCIMENTO et al., 2008; CAMPOS et al., 2009; MONTEIRO et al., 2014). O acúmulo de prolina nos tecidos foliares de plantas estressadas é relatado como uma resposta adaptativa das plantas a estresses abióticos. Em plantas sob estresse, o conteúdo de prolina pode aumentar até 100 vezes, em comparação ao observado em plantas cultivadas sob condições normais (VERBRUGGEN e HERMANS, 2008), e após esse período de estresse, a planta utiliza da prolina acumulada para se recuperar do estresse passado.

5.3 Florescimento, Polinização e Produtividade

Os tratamentos com os herbicidas Atrazina (7,43) e Clomazone (7,34) obtiveram valores estatísticos iguais ao tratamento sem capina (7,23) (Figura 4).

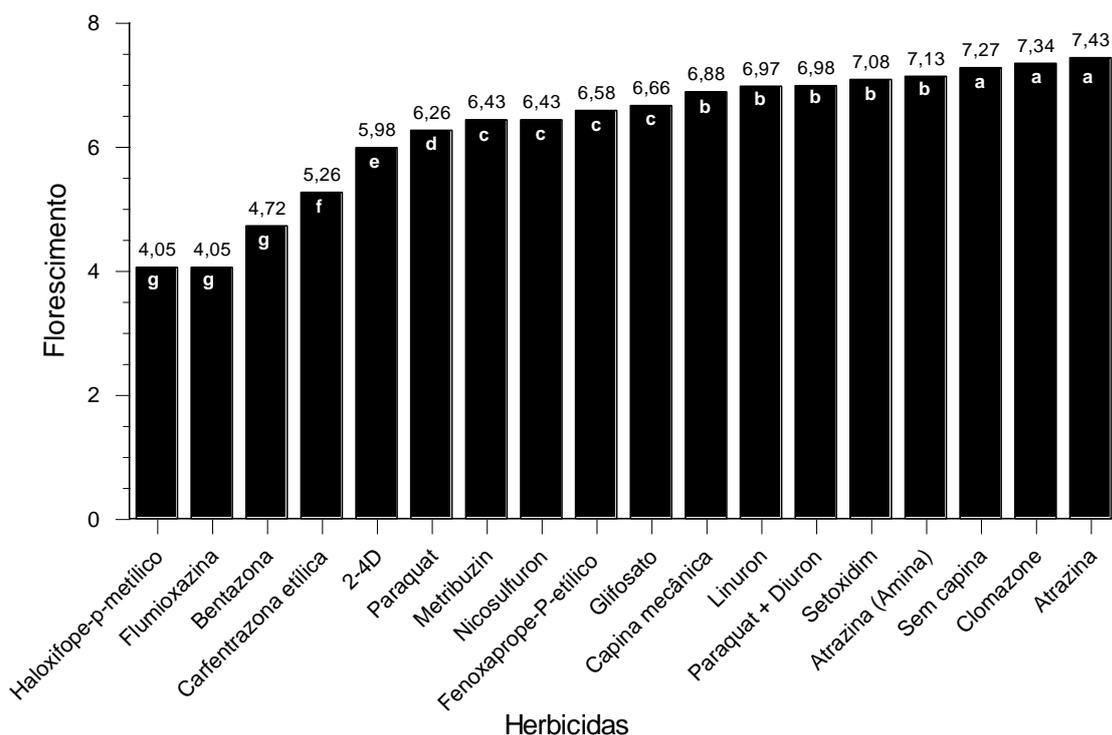


Figura 4 - Florescimento da cultura do guaraná em escala de notas (1-9) em função da aplicação de herbicidas na fazenda Santa Helena – AMBEV, Maués –AM.

Ao contrário dos tratamentos com os herbicidas Haloxifope-p-metilico (4,05) e Flumioxazina (4,05) que adquiriram notas mais baixas, ou seja, baixo florescimento das plantas de guaraná, ou seja os herbicidas mais eficientes no controle de plantas daninhas, foram capazes de causar estresse em plantas de guaraná o suficiente para o acúmulo de prolina, desse modo auxiliando no processo de florescimento.

O florescimento envolve diversos fatores, tanto da planta como do ambiente. A compreensão das interações entre esses fatores pode contribuir para o desenvolvimento de práticas de manejo mais adequadas. Tais práticas podem vir a promover uma uniformização da floração, conseqüentemente uniformização da maturação dos frutos, minimizando os custos de produção.

Embora os acúmulos de prolina nas flores sejam constantemente relatados, levando a crer que seja um fenômeno generalizado entre as espécies de plantas (MATTIOLI et al., 2009). Mattioli et al. (2008) relataram que a baixa concentração de prolina localizada nos meristemas apicais pode sinalizar condições ideais para o florescimento, enquanto que as elevadas concentrações, podem ser interpretadas pela planta como um estresse, sinalizando e induzindo respostas adaptativas, incluindo o florescimento tardio, dessa forma, a pesquisa mostrou que alguns dos herbicidas deste estudo podem causar reduções na produção de flores em cultivos de guaranazeiro.

A prolina é um dos aminoácidos de maior abundância no pólen de muitas plantas (BRITIKOV et al., 1964). Chiang e Dandekar (1995) relataram que em tecidos reprodutivos de *Arabidopsis*, como flores, grãos de pólen e sementes, a prolina pode representar até 26 % dos aminoácidos totais, enquanto que nos demais tecidos corresponde apenas a 1-3 %. Assim, o acúmulo de prolina pode estar associado a diversos processos relacionados à fase reprodutiva da planta, entre os quais se destaca seu papel como fonte de energia primária durante o rápido alongamento do tubo polínico (ZHANG et al., 1982), e sua atuação na dessecação dos tecidos reprodutivos, que pode comprometer

seriamente as células da planta, em que a prolina atua como agente neutralizador (MATTIOLI et al., 2009).

A porcentagem de germinação do grão de pólen (Figura 5) está diretamente relacionado com o teor de prolina (Figura 3). A aplicação de herbicidas provoca estresse fisiológico nas plantas, com alteração no teor de prolina nas folhas de plantas estressadas (COSTA et al., 2010). O glifosato e clomazone foram os herbicidas proporcionaram maior valor de porcentagem de germinação do grão de pólen, ao mesmo tempo proporcionaram valores consideráveis de teores de prolina.

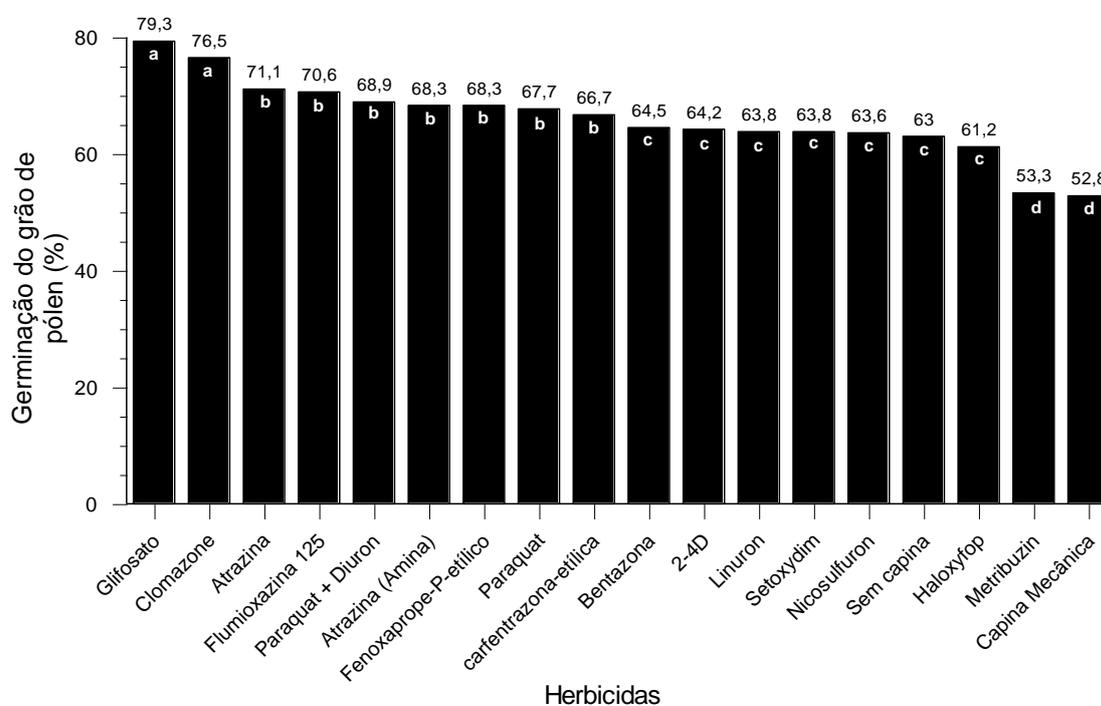


Figura 5 – Germinação do grão de pólen na cultura do guaraná em porcentagem em função da aplicação de herbicidas na fazenda Santa Helena – AMBEV, Maués –AM.

Quanto a produtividade da cultura do guaranzeiro houve diferenças entre os tratamentos (Figura 6). Os herbicidas Paraquat + Diuron (326 Kg. ha⁻¹) e Metribuzin (312,8 kg. ha⁻¹) proporcionaram a maior produtividade e não diferiram estatisticamente do tratamento capina mecânica (330 kg. ha⁻¹). Os demais tratamentos não diferiram entre

si, mas apresentaram amplitude de 197,6 a 306,2 Kg. ha⁻¹. O tratamento com haloxyfope proporcionou a menor produtividade (175,5 Kg. ha⁻¹).

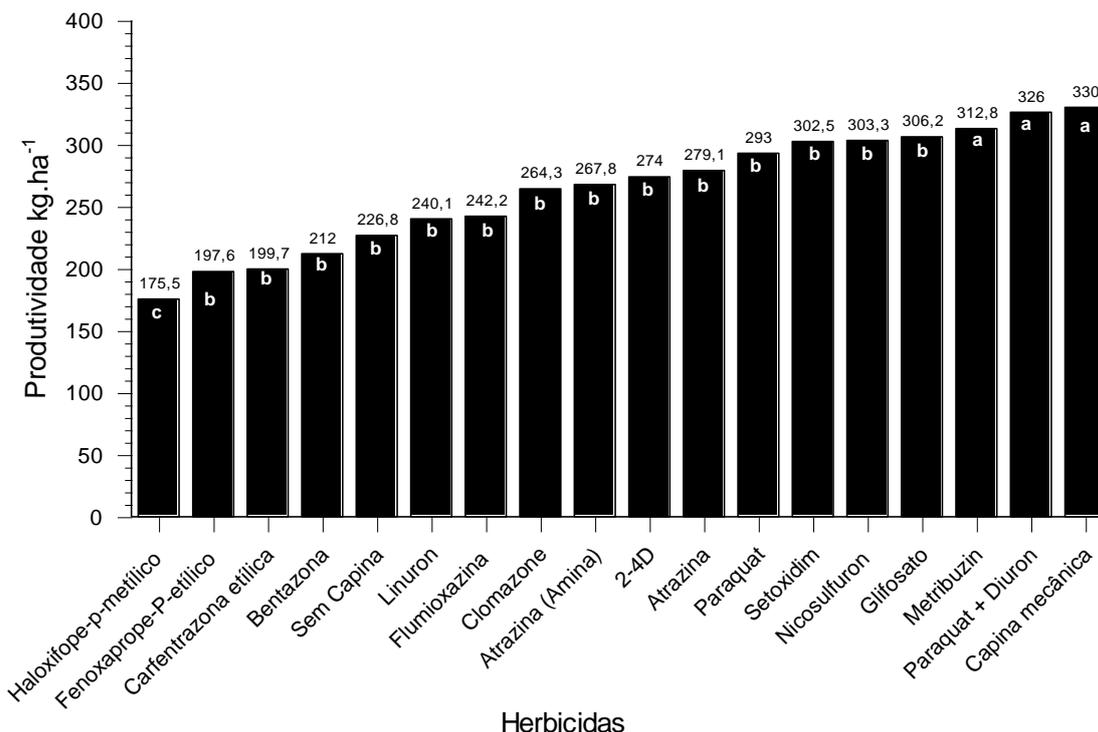


Figura 6 – Produtividade da cultura do guaraná em kg/ha em função da aplicação de herbicidas na fazenda Santa Helena – AMBEV, Maués –AM.

Bohnenblust et al. (2016) estudando a influência do herbicida dicamba (mimetizador da auxina) aplicando várias doses subletais de dicamba nas plantas de *Medicago sativa* L. (Fabaceae) e *Eupatorium perfoliatum* L. (Asteraceae) avaliaram a floração das plantas e a visitação floral por polinizadores. Os autores concluíram que doses de dicamba simulando deriva de partículas ($\approx 1\%$ da taxa de aplicação em campo) atrasaram o início da floração e reduziram o número de flores de cada espécie vegetal; embora não tenha alterado a qualidade do pólen. Além disto, o número de visitas por abelhas foi significativamente menor.

Segundo De La Ru'a, et al, (2009) os defensivos agrícolas podem afetar diretamente as abelhas, um polinizador natural, causando alterações na dinâmica de coleta de recursos e prejudicando a condição da colônia. A aplicação de defensivos agrícolas

reduz ainda mais a presença de polinizadores em áreas cultivadas, pois os inseticidas utilizados para controlar as pragas podem fazer o mesmo com os insetos polinizadores. Além da problemática relacionada aos inseticidas, os herbicidas quando aplicado promovem o cultivo sem a presença de uma flora heterogênea da comunidade infestante, podendo reduzir a um número mínimo as flores nas quais as abelhas se alimentam (MONQUERO et al, 2018).

Boutin et al., (2000) verificaram que a dose subletal do herbicida metsulfuron-methyl (sulfonilureia - inibidor da enzima acetolactato sintase - ALS) sobre as plantas *Mimulus ringens* L. (Phrymaceae), *Bidens cernua* L. (Asteraceae), *Sinapis arvensis* L. (Brassicaceae) e *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae), reduziu a produção de néctar e a densidade floral em mais de 85%.

Linhares et al., (2012) estudando o crescimento do feijão-caupi sob efeito dos herbicidas fomesafen e bentazon+imazamox concluíram que o fomesafen causou severa intoxicação no feijão-caupi, retardando o florescimento e a colheita em sete dias, e ainda reduzindo a produtividade. Os autores verificaram também que a aplicação da mistura dos herbicidas bentazon+imazamox, não afetou nenhuma das características relacionadas à produção da cultura.

A aplicação de fomesafen reduziu significativamente a produtividade de grãos das cultivares de feijão-comum BRS Timbó e BRS Vereda, em 23 e 16%, respectivamente, mesmo sendo este um herbicida registrado para uso na cultura e amplamente empregado no controle em pós-emergência inicial de plantas daninhas latifoliadas (Procópio et al., 2009).

Walter e Young (2010) estudaram o efeito do herbicida e da cultura de cobertura no controle de plantas daninhas em produção de abóbora (*Cucurbita pepo* L.) sob plantio direto, concluíram que a cultura de cobertura teve relativamente pouca influência no

rendimento de abóboras em comparação com os tratamentos com herbicida, sendo que a adição de halosulfuron ao clomazone e ao ethalfluralin proporcionou maior controle de plantas daninhas de folhas largas, resultando em maiores rendimentos de abóboras.

Alguns herbicidas podem causar severas intoxicações na cultura do guaranazeiro, que podem conseqüentemente influenciar no florescimento, germinação de grãos de pólen e produtividade, ou até mesmo influenciar os polinizadores naturais, que não foi foco desta pesquisa, considerando que na cultura do guaranazeiro, o uso de herbicidas é limitado devido à escassez de trabalhos envolvendo o uso de produtos nesta cultura e da falta de defensivos registrados junto ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, o que impede a recomendação e o uso de tais produtos no campo.

5.4 Metilxantinas

a) Teor de cafeína

Os valores percentuais médios de cafeína na matéria seca de grãos como um todo, para cada tratamento estudado encontram-se na figura 7.

Pode verificar que o teor de cafeína nos grãos de guaranazeiro tratado com herbicidas variou de 2,8% a 5,1% de cafeína no período da pesquisa. Os tratamentos que mais acumularam cafeína foram Linuron e Atrazina no primeiro ano, esses dois herbicidas possuem respectivamente o mesmo mecanismo de ação, são inibidores do FSII já no segundo ano de avaliação o Linuron e sem capina foram os tratamentos que acumularam o maior teor de cafeína. Já tratamento capina mecânica e 2-4D foi o que apresentou menor percentual de cafeína em 2015 e 2016 respectivamente.

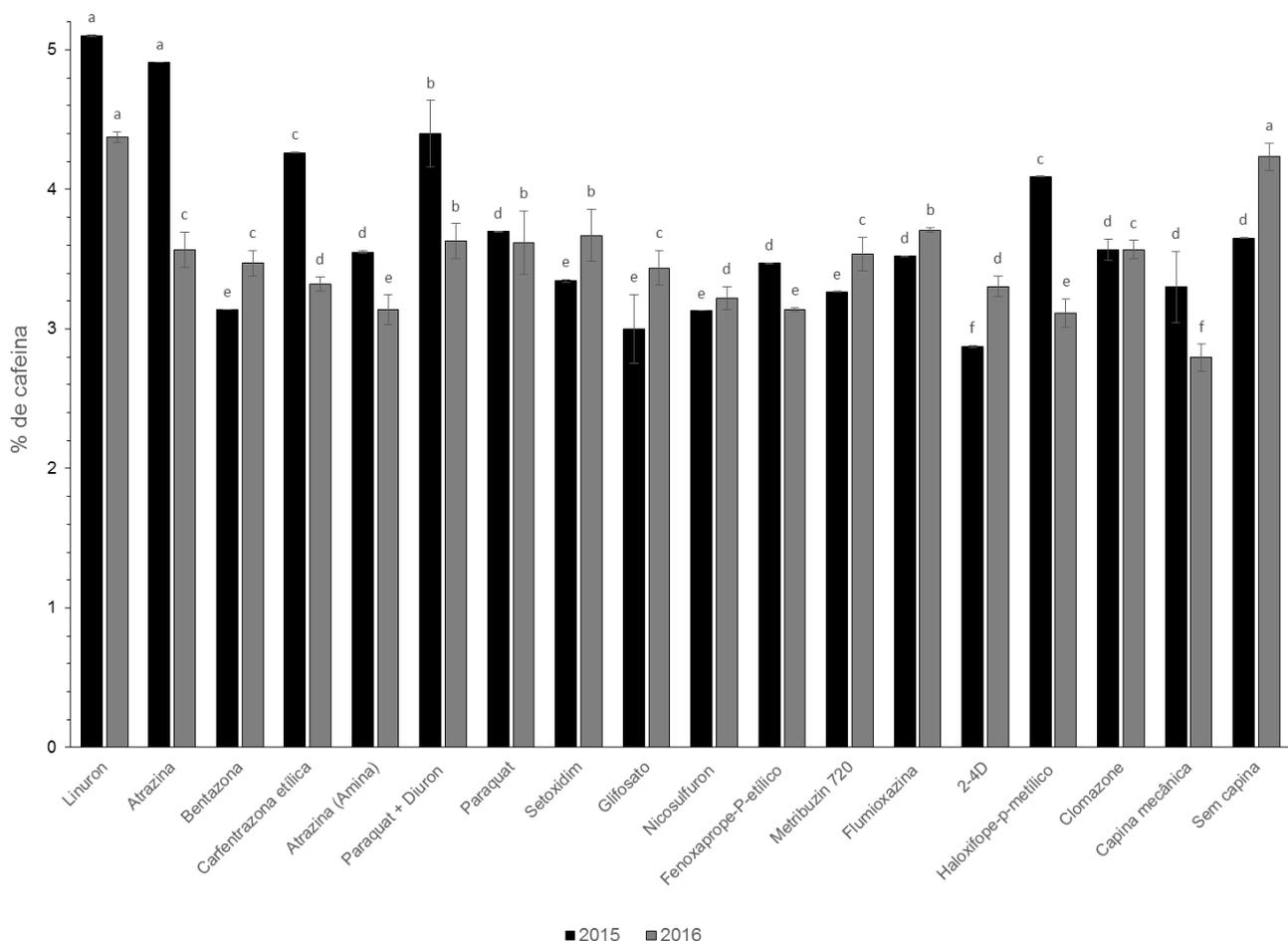


Figura 7 – Porcentagem de cafeína na cultura do guaraná em função da aplicação de herbicidas na fazenda Santa Helena – AMBEV, Maués –AM.

Herbicidas inibidores do FSII bloqueiam o fluxo de elétrons. Esses herbicidas ligam-se à proteína D-1 (no sítio onde se acopla à plastoquinona Qb), competindo com a plastoquinona Qb parcialmente reduzida (QbH) pelo sítio de ligação na proteína D-1. Como não é formada a plastohidroquinona (QbH2) (responsável pela transferência de elétrons para o complexo citocrômico Cyt b6f), interrompe-se, assim, o fluxo de elétrons entre os fotossistemas. Com isso, há redução na produção de energia (ATP e NADPH) na etapa fotoquímica da fotossíntese, com conseqüente redução na produção de carboidratos, açúcares e outros compostos que necessitam de energia metabólica para serem produzidos, acarretando a morte da planta Blanco (2013), porem em baixas concentrações do herbicida, não foi capaz de cessar toda a produção de energia ao ponto de causar a

morte da planta, causou apenas estresse, o que induziu as plantas a acumular prolina livre e após esse período de estresse, as moléculas de prolina acumuladas foram utilizadas pelas plantas de guaraná em forma de energia, suprimindo a demanda das plantas de guaranazeiro por energia, principalmente ATP, e não existe uma relação direta entre a aplicação de herbicidas e acúmulo de cafeína, pois atuam em rotas metabólicas diferentes.

As sementes de guaraná, por apresentarem altos teores de substâncias como a teobromina (vasodilatadora), teofilina (broncodilatadora) e cafeína (2,5-5%), propícias para serem usadas nas indústrias farmacêuticas e de bebidas, constituem-se em interessante alternativa de exploração agrícola (LIMA *et al.*, 2005, OLIVEIRA 2010).

b) Teor de teobromina

Na Figura 7 estão apresentados os valores de teobromina. Nota-se que as amostras apresentaram diferenças estatísticas no primeiro e segundo ano, contudo no primeiro ano de análise (2015), apenas 4 tratamentos apresentaram quantidades significativas deste alcaloide, com valores acima de 0,15%, sendo: atrazina (amina), atrazina, bentazona e carfentrazona etílica. Nas demais amostras o valor obtido foi inferior a 0,01%, exceto para os tratamentos com Paracat + Diuron e Setoxidim com valores variando de 0,11 a 0,13%. Enquanto, no segundo ano (2016) constatou-se um declínio na porcentagem de teobromina em todos os tratamentos quando comparado com ano anterior (2015), com apenas o tratamento carfentrazona etílica com maior resultado 0,03%, seguido do tratamento atrazina 0,2%. Os tratamentos Atrazina, bentazona e carfentrazona-etílica apresentaram teores significativos de teobromina, esses herbicidas atuam diretamente no bloqueio do fluxo de elétrons no FSII e inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), os em geral herbicidas não alteram o teor de teobromina diretamente, pois atuam em uma rota metabólica diferente da rota metabólica de onde é produzido a teobromina.

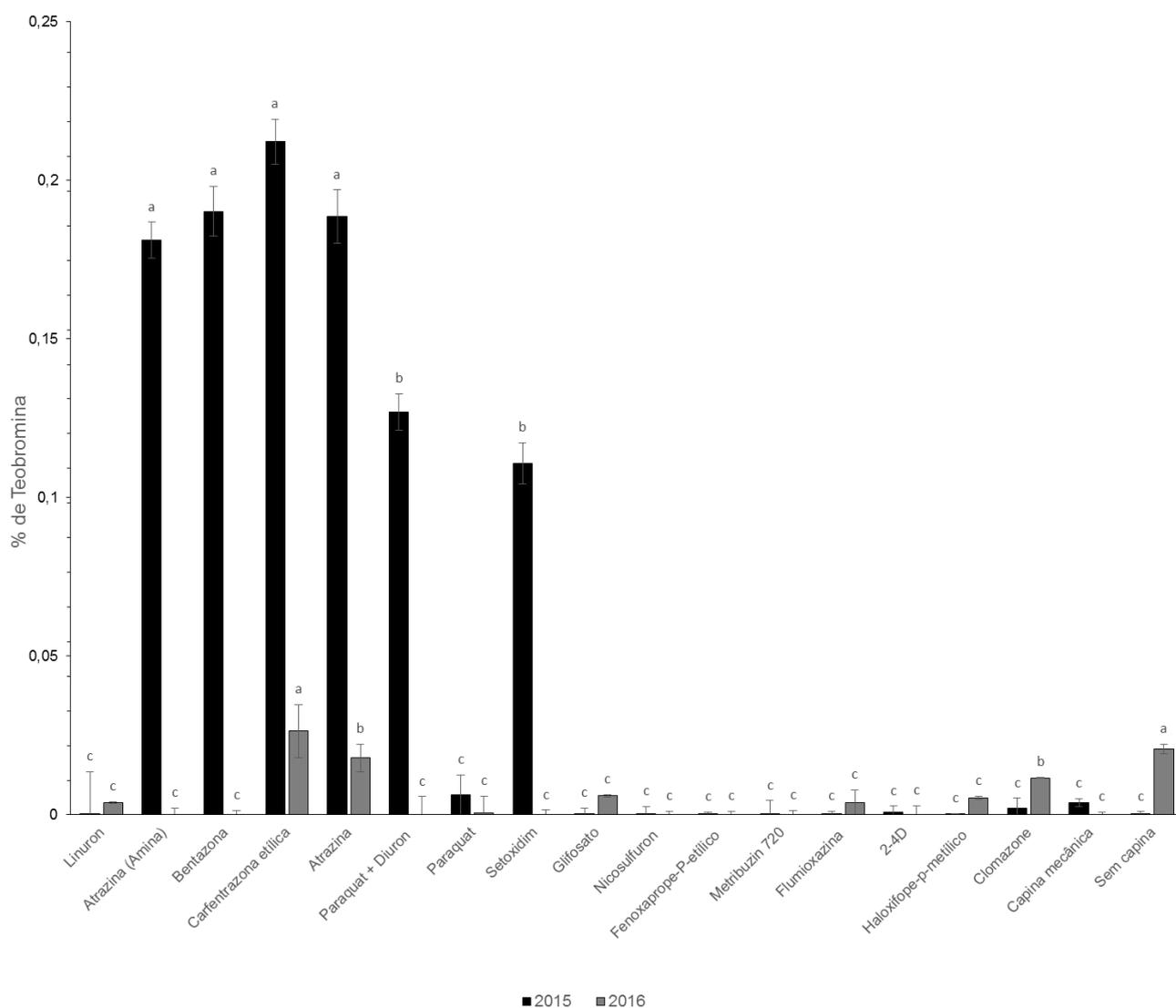


Figura 7 - Porcentagem de Teobromina na cultura do guaraná em função da aplicação de herbicidas na fazenda Santa Helena – AMBEV, Maués –AM.

c) *Teor de Teofilina*

Teofilina foi detectada em todas os tratamentos e em ambos os anos (2015 e 2016), cujos valores variaram de 0,43% a 0,02% no primeiro ano de análise, e 0,06% a 0,02% no segundo. Observa-se que houve uma enorme redução de teofilina quando comparado os diferentes anos de coleta. No ano de 2015 os tratamentos com os herbicidas atrazina (0,44%) e carfentrazona etílica (0,41%) foram o que apresentaram as maiores porcentagens de teofilina, superior ao tratamento testemunha sem capina, entretanto, no segundo ano ocorreu também uma redução abrupta em todos os tratamentos, no entanto, apenas o tratamento sem capina apresentou maior percentual de teofilina, seguido do tratamento carfentrazona etílica (0,06%) juntamente com o tratamento Linuron (0,05%).

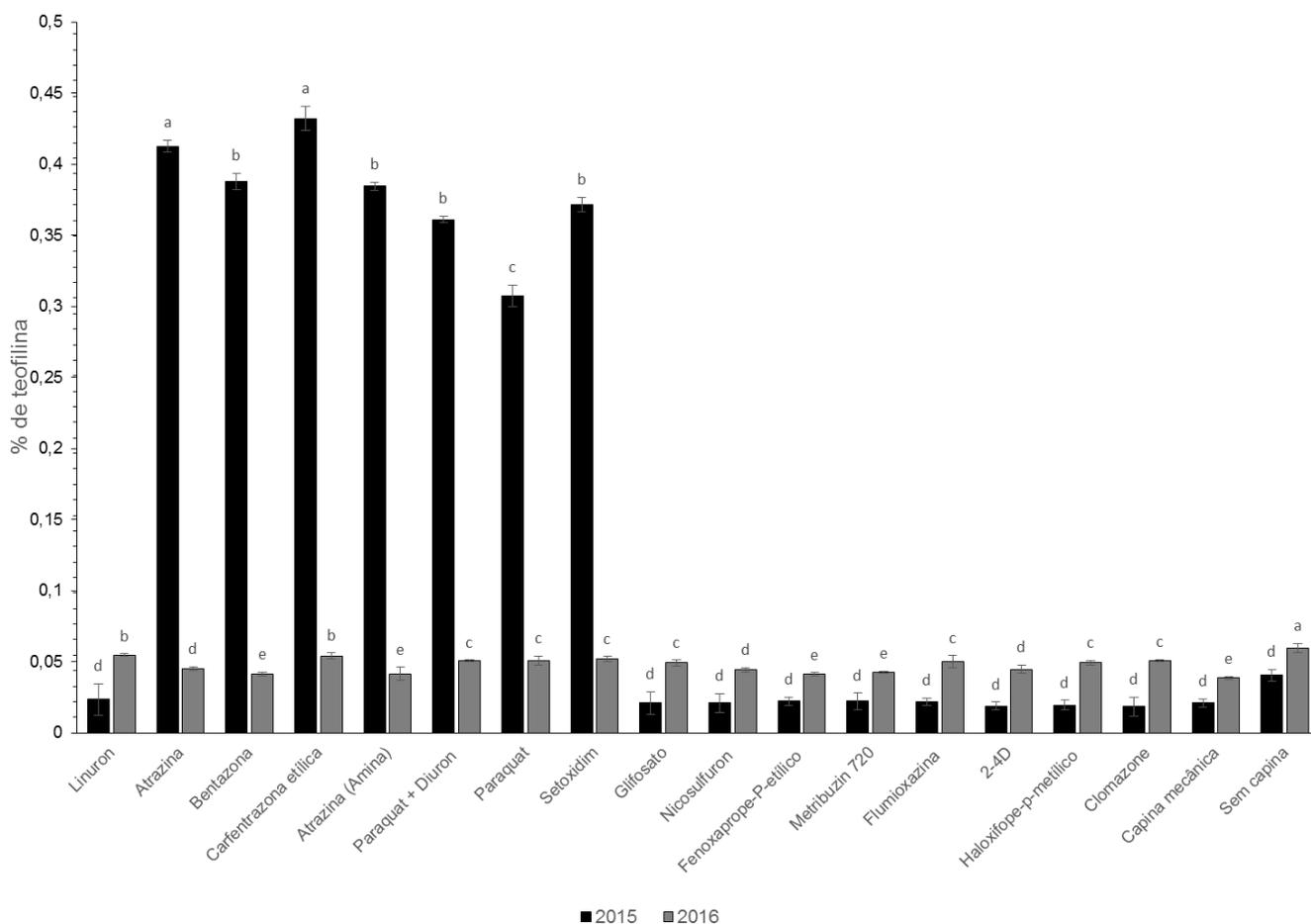


Figura 8 – Porcentagem de Teofilina na cultura do guaraná em função da aplicação de herbicidas na fazenda Santa Helena – AMBEV, Maués –AM.

6 CONCLUSÃO

O glifosato foi o herbicida que proporcionou maior severidade da antracnose no guaranazeiro.

O efeito do tratamento com clomazone aumentou o florescimento, a germinação do grão de pólen e o acúmulo de prolina. Entretanto, isto não refletiu em aumento da produtividade.

Os tratamentos capina mecânica, Paraquat+diuron metribuzin proporcionaram maior produtividade do guaranazeiro.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, L. P. et al. Glyphosate e associações em pós-emergência no desempenho agrônomico e na qualidade das sementes de soja RR. *Planta Daninha*, v. 30, n. 1, p. 139-146, 2012.

ASHRAF, M.; AKRAM, N.A.; ALQURAINY, F.; FOOLAD, M.R. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. **Advances in Agronomy**, v.111, p.249-296, 2011.

BATES, L. S. et al. Rapid determination of free proline for waterstress studies. **Plant and Soil**, v.39, p.205-207, 1973.

BENTES, J. L. S.; BARRETO, R. W. Reavaliação taxonômica de *Colletotrichum guaranicola* Albuquerque agente causal da antracnose do guaranazeiro. **Acta Amaz.**, v. 34, p. 129-131, 2004.

BENTES, J.L.S. e MATSUOKA, K. Histologia da interação *Colletotrichum guaranicola* e *Paullinia cupana* var. *sorbilis* em clones resistente e suscetível. *Fitopatologia Brasileira* 27:071-077. 2002.

Boutin, C. et al. Herbicide impact on non-target plant reproduction: What are the toxicological and ecological implications? *Environmental Pollution* , v. 185, p. 295-306, 2014. DOI: 10.1016/j.envpol.2013.10.009

Boutin, C. et al. Herbicide impact on non-target plant reproduction: What are the toxicological and ecological implications? *Environmental Pollution*, v. 185, p. 295-306, 2014. DOI: 10.1016/j. envpol.2013.10.009.

BOUTIN, Céline et al. Effects of the sulfonylurea herbicide metsulfuron methyl on growth and reproduction of five wetland and terrestrial plant species. **Environmental**

Toxicology and Chemistry: An International Journal, v. 19, n. 10, p. 2532-2541, 2000.

BRITIKOV, E. A. et al. Proline in the reproductive system of plants. **Pollen physiology and fertilization**, v. 16, 1964.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEN, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1.367p.

CAMPOS, M.K.F. Relações hídricas, trocas gasosas e atividade de enzimas antioxidantes em plantas transgênicas de citrumelo 'swingle' com alto acúmulo de prolina submetidas ao déficit hídrico. 2009. 122f. Dissertação (Agronomia – área de concentração em Produção Vegetal). Universidade Federal do Paraná. 2009.

CHIANG, H. H.; DANDEKAR, A. M. Regulation of proline accumulation in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh during development and in response to desiccation. **Plant, Cell e Environment**, v. 18, n. 11, p. 1280-1290, 1995.

CUNHA, J. L. X. L. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do

CVIKROVÁ, M.; GEMPERLOVÁ, L.; MARTINCOVÁ, O.; VANKOVÁ, R. Effect of drought and combined drought and heat stress on polyamine metabolism in prolineoverproducing tobacco plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.73, p.7-15, 2013.

DA COSTA, V. P. **Influência do déficit hídrico no crescimento, acúmulo de carboidratos de reserva e na anatomia e ultra-estrutura do rizoma de *Costus arabicus* L. (Costaceae, Monocotiledoneae)**. Tese. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2010.

De La Rua, P.; Jaffe, R.; Dall'Olio, R.; Munoz, I.; Serrano, J. Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees. *Apidologie*, v.40, n.2, p.263-284, 2009.

DEVINE, M.; DUKE, S.O.; FEDTKE, C. Oxygen toxicity and herbicidal action; Secondary physiological effects of herbicides. In: Physiology of herbicide action. New Jersey : Prentice-Hall, 1993. Cap.9, cap.16, p.177-188.

DHINGRA, O. D.; SINCLAIR, J. B. **Basic plant pathology methods**. 2.ed. Boca Raton: CRC, 1995. 434 p.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL - EWRC. Report of 3rd and 4 rd meetings of EWRC. Committee of methods in weed research. Weed Research, v. 4, 1964. p. 88.

FILIPPOU, P.; BOUCHAGIER, P.; SKOTTI, E.; FOTOPOULOS, V. Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive plant species *Ailanthus altissima* to drought and salinity. **Environmental and Experimental Botany**, v.97, p.1-10, 2014.

FONTES, J.R.A.; NASCIMENTO FILHO, F.J.N.; MORAIS, R.R. Influência do glyphosate no enraizamento de estacas de guaranazeiro. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ribeirão Preto, SP. 2010.

GIANNAKOULA, A.; MOUSTAKAS, M.; MYLONA, P.; PAPADAKIS, I.; YUPSANIS, T. Aluminum tolerance in maize is correlated with increased levels of mineral nutrients, carbohydrates and proline, and decreased levels of lipid peroxidation and Al accumulation. **Journal of Plant Physiology**, v.165, p.385-396, 2008.

HARE, P.D.; CRESS, W.A. Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants. **Plant Growth Regulation**, v.21, p.79-102, 1997.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola – LSPA. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** 24, p. 82, 2016.

LANGARO, A. C. et al. Biochemical and Physiological Changes in Rice Plants Due to the Application of Herbicides1. **Planta Daninha**, v. 34, n. 2, p. 277-290, 2016.

LÉVESQUE, C.A.; RAHE, J.E. Herbicide interaction with fungal root pathogens, with special reference to glyphosate. *Annual Review Phytopathology*, Palo Alto, v.30, p.579-602, 1992.

Lima, W.P; Carnevali-Jr, L.C.; Eder, R.; Rosa, L.F.B.P.; Bacchil, E.M.; Seelaender, M.C.L. 2005. Lipid metabolism in trained rats: Effect of guarana (*Paullinia cupana* Mart.) supplementation. *Clinical Nutrition*, 24: 1019-1028.

MARTINS, D.; TRIGUERO, L.R.C.; DOMINGOS, V.D.; MARTINS, C.C.; MARCHI, S.R.; COSTA, N.V. Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre capim-braquiária. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, p.1969-1974, 2007.

MATTIOLI, R. et al. Modulation of intracellular proline levels affects flowering time and inflorescence architecture in Arabidopsis. **Plant Molecular Biology**, v. 66, n. 3, p. 277-288, 2008.

MATTIOLI, R. et al. Modulation of intracellular proline levels affects flowering time and inflorescence architecture in Arabidopsis. **Plant Molecular Biology**, v. 66, n. 3, p. 277-288, 2008.

MAZZAFERA, P., BAUMANN, T.W., SHIMIZU, M.M., SILVAROLLA, M.B., 2009. Decaf and the steepchase towards decaffito - the coffee from caffeine-free *Arabica* plants. **Trop. Plant Biol.** 2, 63-76.

MILÉO, L. J. et al. Plantas daninhas hospedeiras alternativas de *Colletotrichum guaranicola* em cultivos de guaraná no Estado do Amazonas. **Planta daninha**, v. 25, n. 4, p. 771-782, 2007.

MONQUERO, Patricia Andrea; OLIVEIRA, Alessandro Santos. Os herbicidas causam impactos na sobrevivência e desenvolvimento de abelhas?. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 95-105, 2018.

MONTEIRO, J.G.; CRUZ, F.J.R.; NARDIN, M.B.; SANTOS, D.M.M. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.49, n.1, p.18-25, 2014.

NASCIMENTO, M.N.; ALVES, J.D.; SOARES, Â.M.; CASTRO, E.M.; MAGALHÃES, M.M.; ALVARENGA, A.A.; SILVA, G.H. Alterações bioquímicas de plantas e morfológicas de gemas de cafeeiro associadas a eventos do florescimento em resposta a elementos meteorológicos. Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.5, p.1300-1307, 2008.

Oliveira, A. D.; Fernandes, E.J.; Rodrigues, T. de J.D. 2005. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. Engenharia Agrícola, 25(1): 86-95.

OLIVEIRA, E.R.N., 2010. **Características morfofisiológicas e bioquímicas de clones de guaraná *Paullinia cupana* Kunt. var. *sorbilis* (Mart.) Ducke cultivados sob plantio comercial.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, p. 125.

OLSZYK, David et al. Pea (*Pisum sativum*) seed production as an assay for reproductive effects due to herbicides. **Environmental toxicology and chemistry**, v. 28, n. 9, p. 1920-1929, 2016.

PEREIRA, J. C. R.; ARAÚJO, J. C. A. Escala Diagramática para Quantificar a Antracnose do Guaranazeiro. **Comunicado técnico 70:** Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, 2009.

PETTER, F. A.; ZUFFO, A. M.; PACHECO, L. P. Seletividade de herbicidas inibidores de ALS em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz de terras altas. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 41, n. 3, p. 408-414, 2011.

pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Agro@mbiente Online**, v.9, n. 2, p. 175-183, 2007.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15.ed. São Paulo: Fealq, 2009. 451p.

PINTÓ-MARIJUAN, Marta; MUNNÉ-BOSCH, Sergi. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in plant science**, v. 18, n. 12, p. 660-666, 2013.

Planta, 154:199-203, 1982.

POTTS, Simon G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in ecology e evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

RIZZARDI, Mauro Antônio et al. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência rural. Santa Maria. Vol. 33, n. 5 (set./out. 2003), p. 957-965**, 2003.

RODRIGUES, A.C.P.; COSTA, N.V.; CARDOSO, L.A.; CAMPOS, C.F.; MARTINS, D. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 28, p. 23-31, 2011.

salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 6, p. 586-592, 2012.

SANTOS, Renata Thaysa da Silva. Relação do espalhamento de caldas fitossanitárias em superfícies de folhas com o controle de plantas daninhas. 2017.

SARADHI, P. Pardha et al. Proline accumulates in plants exposed to UV radiation and protects them against UV-induced peroxidation. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 209, n. 1, p. 1-5, 1995.

SIRIPORNADULSIL, S.; TRAIN, S.; VERMA, D.P.S.; SAYRE, R.T. Molecular mechanisms of proline-mediated tolerance to toxic heavy metals in transgenic microalgae. **Plant Cell**, v.14, p.2837-2847, 2002.

SOSBAI. XXIX REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Sociedade sul-brasileira de Arroz irrigado. Gravatal, RS, 2012.

SOUZA, R. P. et al. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à Strandberg R., Klaassen R. H. G., Hake M., Alerstam T. 2012 How hazardous is the Sahara Desert crossing for migratory birds? Indications from satellite tracking of raptors. *Biol. Lett.* **6**, 297–300. doi:10.1098/rsbl.2009.0785.

TROVATO, Maurizio; MATTIOLI, Roberto; COSTANTINO, Paolo. Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. *Rendiconti Lincei*, v. 19, n. 4, p. 325-346, 2008.

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, 2015.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. *Amino Acids*, v.35, p.753-759, 2008.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. *Amino Acids*, v.35, p.753-759, 2008.

VERBRUGGEN, Nathalie; HERMANS, Christian. Proline accumulation in plants: a review. *Amino acids*, v. 35, n. 4, p. 753-759, 2008.

VERPOORTE, Robert. Pharmacognosy in the new millennium: leadfinding and biotechnology. *Journal of pharmacy and pharmacology*, v. 52, n. 3, p. 253-262, 2000.

Walters, S. A.; Young, B. G. Effect of herbicide and cover crop on weed control in no-tillage jack-o-lantern pumpkin (*Curcubita pepo* L.) production. *Crop Protection*, v.29, p.30-33, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2009.09.001>.

WEAVER, L. M.; HERRMANN, K. M. Dynamics of the shikimate pathway in plants.

Trends Plant Sci., v. 2, n. 9, p. 346-351, 1997.

ZHANG, H. Q. et al. Protein synthesis in germinating pollen of petunia role of proline.

CONCLUSÃO GERAL

A partir das constatações apresentadas, pode-se afirmar que devido aos diferentes mecanismos de ação dos herbicidas e das peculiaridades não é possível prever com segurança o efeito real de a ação do herbicida na planta de guaranazeiro. Os herbicidas não tem acao direta sobre as metilxantinas. Os tratamentos Clomazone, Paraquat + Diuron apresentaram bom desempenho.