

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MARCIA FERNANDA FRANCHIN ADAMI

**SELETIVIDADE A HERBICIDAS E CULTIVO CONSORCIADO DE
TREVO BRANCO + MILHO**

TESE

PATO BRANCO
2018

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

MARCIA FERNANDA FRANCHIN ADAMI

**SELETIVIDADE A HERBICIDAS E CULTIVO CONSORCIADO DE
TREVO BRANCO + MILHO**

TESE

PATO BRANCO

2018

MARCIA FERNANDA FRANCHIN ADAMI

**SELETIVIDADE A HERBICIDAS E CULTIVO CONSORCIADO DE
TREVO BRANCO + MILHO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Alcir José Modolo

PATO BRANCO

2018

A198s Adami, Marcia Fernanda Franchin.
Seletividade a herbicidas e cultivo consorciado de trevo branco
+ milho / Marcia Fernanda Franchin Adami. -- 2018.
47 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Alcir José Modolo
Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR,
2018.

Bibliografia: f. 67 - 74.

1. Trevo-branco. 2. Nitrogênio - Fixação. 3. Biomassa. I. Modolo,
Alcir José, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD (22. ed.) 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Tese nº XXX

Seletividade a herbicidas do cultivo consorciado trevo branco + milho

por

MARCIA FERNANDA FRANCHIN ADAMI

Tese apresentada às 13 horas 30 min. do dia 22 de Junho de 2018 como requisito parcial para obtenção do título de DOUTORA EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Integração Lavoura-Pecuária, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Jonatas Thiago Piva
UFSC

**Prof. Dr. Christiano Santos
Rocha Pitta**
IFPR

**Prof. Dr. Tangriani Simioni
Assmann**
UTFPR

Prof. Dr. Alcir José Modolo
UTFPR
Orientador

Prof. Dr. Luis Cesar Cassol
UTFPR

Prof. Dr. Moeses Andriago Danner
Coordenador do PPGA

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa.

Dedico a meus filhos, Davi e Laura Franchin Adami

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde e oportunidade de conhecer pessoas exemplares, pela companhia e força, levando-me a superar obstáculos e a alcançar meus objetivos.

Ao professor Dr. Alcir José Modolo por me aceitar como orientada, pela confiança, pelas palavras de conforto, ajuda, incentivo e ensinamentos. Pelo seu exemplo de profissionalismo, dedicação e ser humano. O meu muito obrigada e eterno reconhecimento.

Agradeço à UTFPR por disponibilizar excelentes professores, ensino gratuito e de qualidade. Obrigada pelos ensinamentos, alegrias, brincadeiras. Meus sinceros agradecimentos a todos.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para tornar possível a realização deste trabalho, que me incentivaram e me deram forças para enfrentar os obstáculos.

Ao Reuni pelo apoio financeiro concedido e indiretamente a todos os brasileiros que pagam seus impostos e permitem a disponibilização deste recurso.

RESUMO

ADAMI, Marcia Fernanda Franchin. Seletividade a herbicidas e cultivo consorciado do trevo branco + milho. 76f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

Consortiar culturas anuais com leguminosas perenes pode trazer uma série de benefícios e melhorar os sistemas de produção agrícola. No entanto, há uma falta de conhecimento sobre o manejo de herbicidas para o controle de plantas daninhas em trevo-branco (*Trifolium repens* L.) bem como para suprimi-lo quando cultivado em consórcio com milho (*Zea mays* L.). Com intuito de esclarecer algumas dessas dúvidas, o trabalho foi dividido em duas partes: uma realizada em casa de vegetação e outra no campo. A primeira parte teve por objetivo avaliar a seletividade do trevo branco a três herbicidas e quatro doses, avaliados no estágio fenológico de terceiro trifólio (herbicidas: Glifosato; 2,4-D e Imazetapir), em pleno desenvolvimento e floração plena (herbicidas: Glifosato; 2,4-D e Paraquat/Diuron). A segunda parte foi realizada a campo, sendo as parcelas principais representadas pelas diferentes plantas de cobertura (aveia, trevo branco de 1 e 2 ciclos produtivos) sobre as quais foram estabelecidos os diferentes manejos para supressão do trevo branco e nas subparcelas foram alocadas as doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180 kg ha⁻¹). Os experimentos foram alocados em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo que a parte de campo, as doses de nitrogênio foram alocados em delineamento de parcela subdividida (4,2 x 8 metros). Os tratamentos do experimento a campo foram divididos em dois experimentos em função de ter-se trabalhado com duas épocas de semeadura do milho. No primeiro experimento (primeira época de semeadura do milho) a campo, os tratamentos foram: Consórcio trevo branco de 1 ciclo + milho + glifosato, consórcio trevo branco de 2 ciclos + roçada, consórcio trevo branco de 2 ciclos + roçada + 2,4-D e o tratamento controle que foi o cultivo de milho sobre palhada de aveia. No segundo experimento a campo, foram estabelecidos os seguintes tratamentos: aplicação sequencial de gramocil + 2,4-D (300 + 806 g i.a); glifosato + 2,4-D (1080 + 806 g i.a) e glifosato + glifosato (1080 + 1080 g i.a). A fitotoxicidade dos herbicidas no trevo branco variou de ausência de sintomas a clorose precoce, necrose de folhas, crescimento atrofiado e morte dependendo da dose do herbicida e do estágio fenológico do trevo branco. O trevo branco pode ser considerado seletivo aos herbicidas imazetapir, 2,4-D e glifosato, porém, a fitotoxicidade varia em função da dose, do tempo após aplicação e do estágio fenológico. O herbicida Paraquat + Diuron se destacou como o herbicida mais efetivo para controle de trevo branco, enquanto Imazetapir apresentou a maior seletividade ao trevo, podendo ser utilizado no manejo de plantas daninhas em áreas de trevo branco. Trevos de 1 ciclo produtivo apresentam maior facilidade de supressão por herbicidas em relação a trevos de 2 ciclos, que apresentam maior capacidade de competição com o milho e maior tolerância ao herbicida, dificultando seu manejo em sistemas consorciados. A produção de grãos de milho variou de 3,0 a 12,3 t ha⁻¹ entre os tratamentos. O consórcio trevo branco de 1 ciclo + milho não afeta o rendimento de grãos em relação ao milho cultivado sobre aveia preta e permite a perenização da pastagem de trevo branco. A aplicação

de doses crescentes de nitrogênio em cobertura promoveu incremento na altura de plantas, no número de grãos por fileira, grãos por espiga, na massa de 1.000 grãos e na produtividade de grãos milho, sendo estes parâmetros otimizados quando o trevo é suprimido com a aplicação de herbicidas. A aplicação sequencial de glifosato resultou em melhor supressão do trevo em comparação aos outros herbicidas, apresentando maior produtividade do milho. O trevo branco pode ser manejado como cobertura viva em sistemas de consórcio com a cultura do milho, com muita ou nenhuma redução de rendimento de grão de milho podendo apresentar plena recuperação ou não do seu crescimento na próxima estação de crescimento sem a necessidade de replantio, dependendo do manejo de supressão adotado.

Palavras-chave: Supressão do trevo. Fixação biológica de nitrogênio. Biomassa.

ABSTRACT

ADAMI, Marcia Fernanda Franchin. White clover herbicide selective and its intercropp with corn. 76 f. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Crop), Federal University of Technology Paraná. Pato Branco, 2018.

Intercropping cash crops with perennial legumes can improve crop-livestock systems. However, there is a lack of knowledge on herbicide management to control weed into white clover (*Trifolium repens* L.) fields and to suppress it when grown intercropped with corn. Aiming to answer some of these questions, the work was divided into two parts: one carried out at greenhouse and one at the field. Glyphosate, 2,4-D, imazethapyr and paraquat + diuron were studied in greenhouse experiments at four application rates in order to evaluate their effects on white clover (*Trifolium repens* L.) growth and aerial shoot injury at three different phenological stages. At the field, interference between white clover living mulch and corn crop (*Zea mays* L.) was studied using a clover sward established after one and two growing season in relation to the usual system of corn grown over black oat straw aiming to study the relationships occurring in this intercrop, such as white clover herbicide suppression, competition and its nitrogen effects on corn yield as well as its potential to become perennial after corn growth. Field experiment was divided in first and second period of corn sowing. White clover suppression at the first experiment were: partial suppression achieved by mowing the plots at the corn seeding day; partial suppression achieved by mowing plus chemically broadcast application of 2,4-D and partial suppression achieved by broadcast application of glyphosate. At the second corn sowing period, partial suppression was achieved by a chemically broadcast application of Paraquat/Diuron + 2,4-D; glyphosate + 2,4-D and glyphosate + glyphosate. Cover plants management were established in the main plots, while different nitrogen fertilization levels (0, 60, 120, 180 kg ha⁻¹) were established at the subplots (4.2 x 8 meters). Herbicide-induced foliar injury on white clover ranged from no symptoms to early chlorosis, leaf necrosis, stunted growth and death depending on herbicide rate and white clover phenological stage. Imazethapyr showed the highest selectivity at the three-leaf trifoliolate stage. Seedlings treated with glyphosate at 1080 g a.i. ha⁻¹, however, were dead at 21 days after application (DAA). White clover herbicide tolerance increased with plant age, and selectivity was found to be affected as herbicide rate increased. Paraquat + diuron caused the highest levels of white clover phytotoxicity and plant death. The studied herbicides showed potential to be used as selective products on white clover depending on their rates, as well as the timing of their application onto white clover. Clover with 1 growing season is easier suppressed and can be handled in corn intercropping without affecting grain yield, with ability to resume growth in the next growing season. Although, perennial clover sward has greater ability to compete with corn and show higher herbicide tolerance, which difficult its management in intercropping systems. Corn grain yields ranged from 3.0 to 12.3 Mg ha⁻¹ and were greatest in the Gly + Gly treatment. Nitrogen input is an important element for the optimization of such systems, combined with herbicide application to minimize competition effects on the main crop. Nitrogen rates increased plant height, number of grains per row, grain per spike, thousand grain weight and grain yield, being these parameters optimized when white

clover was suppressed with broadcast application of herbicides. Based on the results, it is possible to use white clover as living mulch in corn cropping systems with its full recovery after corn harvest without replanting.

Keywords: White clover suppression. Nitrogen biological fixation. Biomass.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Vasos com plantas de trevo branco no estágio de desenvolvimento de terceiro trifólio.	28
Figura 2 - Vasos com plantas de trevo branco no estágio de desenvolvimento pleno (A) e plena floração (B).....	29
Figura 3 - Dados meteorológicos observados durante o período experimental (setembro de 2014 a maio de 2015).....	31
Figura 4 - Areá com trevo branco em desenvolvimento e 30 dias após a dessecação com 1080 g i.a ha-1 em pré-semeadura do milho.	33
Figura 5 - Vasos de trevo branco 21 dias após a aplicação de diferentes doses de imazetapir (PivotR).	36
Figura 6 - Vasos de trevo branco 21 dias após a aplicação de diferentes doses de glifosato (A) e 2,4-D (B).	39
Figura 7 - Vasos de trevo branco 2 (A) e 14 (B) dias após a aplicação de doses de Gramoxone + Diuron.	40
Figura 8 – População de plantas por hectare em função das doses de nitrogênio.	46
Figura 9 - Altura de plantas de milho (cm) avaliadas aos 20 e 40 dias após emergência (DAE) e altura final das plantas (cm) em função de diferentes doses de nitrogênio.....	49
Figura 10 – Número de fileiras por espiga (A) e número de grãos por fileira (B), submetida a quatro doses de nitrogênio.	50
Figura 11 – Número de grãos por espiga (A) e massa de mil grãos (B), submetida a quatro doses de nitrogênio.	51
Figura 12 – Produtividade de grãos de milho (kg ha-1) em função das doses de nitrogênio	52
Figura 13 – Milho semeado sobre resteva de aveia preta (A) e sobre o trevo branco de 1 ciclo vegetativo (B) no momento da colheita do milho.	55
Figura 14 – População de plantas de milho (mil ha-1) em função das doses de nitrogênio	57
Figura 15 - Altura de plantas de milho (cm) avaliadas aos 20 e 40 dias após emergência e altura final de plantas em função de diferentes doses de nitrogênio.	59
Figura 16 – Número de grãos por fileiras (A) e grãos por espiga (B), submetida a quatro doses de nitrogênio.	61
Figura 17 - Massa de mil grãos (A) e rendimento de grãos (B) em função de doses de nitrogênio....	62
Figura 18 – Biomassa de trevo branco no tratamento glifosato + glifosato no dia da colheita do milho e 98 dias após.....	63

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Fitointoxicação (%) e rendimento de massa seca (MS – gramas por vaso) do trevo branco (*Trifolium repens* L.) submetida à aplicação de diferentes doses de herbicidas⁴ no estágio fenológico de terceiro trifólio.37
- Tabela 2 - Fitointoxicação (%) e rendimento de matéria seca (MS - gramas por vaso) do trevo branco (*Trifolium repens* L.) submetida à aplicação de herbicidas⁴ e doses no estágio fenológico de pleno desenvolvimento..... 41
- Tabela 3 - Fitointoxicação (%) e rendimento de massa seca (MS – gramas por vaso) do trevo branco (*Trifolium repens* L.) submetida à aplicação de herbicidas⁴ e doses no estágio fenológico de pleno florescimento..... 43
- Tabela 4 – Altura de plantas de milho (cm) aos 20 e 40 dias após emergência e altura final em função das diferentes plantas de cobertura.47
- Tabela 5 – População final de plantas de milho por hectare (POP) em consórcio com trevo branco submetido a diferentes manejos com herbicidas.56
- Tabela 6 – Altura de plantas de milho (cm) em consórcio com trevo branco (*Trifolium repens* L.) em função dos diferentes manejos com herbicidas.58
- Tabela 7 - Componentes de rendimento de milho: número de fileiras (NF), número de grão por fileira (GF), grãos por espiga (GE), massa de mil grãos (MMG), população (POP) final (plantas ha-1) produtividade (PROD) de milho (kg ha-1) em consórcio com trevo branco submetido a diferentes manejos com herbicidas.60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 TREVO BRANCO.....	17
2.2 CULTIVO CONSORCIADO: TREVO BRANCO + MILHO	19
2.3 NITROGÊNIO NO CONSÓRCIO TREVO BRANCO + MILHO.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	27
3.2 EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	27
3.2.1 Semeadura do trevo branco.....	27
3.2.2 Aplicação dos herbicidas.....	28
3.2.3 Avaliação da fitointoxicação e biomassa área.....	29
3.2.4 Análise dos dados.....	30
3.3 EXPERIMENTO A CAMPO.....	30
3.3.1 Caracterização do local.....	30
3.3.2 Delineamento experimento de campo.....	31
3.3.3 Semeadura do trevo.....	33
3.3.4 Semeadura do milho.....	33
3.3.5 Parâmetros avaliados.....	33
3.3.5.1 Massa seca do trevo branco.....	33
3.3.5.2 Desenvolvimento, componentes de rendimento e produtividade de milho....	34
3.3.6 Análise dos dados.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1 EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	36
4.1.1 Fitointoxicação de trevo branco no estágio de terceiro trifólio.....	36
4.1.2 Fitointoxicação de trevo branco no estágio de pleno desenvolvimento.....	40
4.1.3 Fitointoxicação de trevo branco no estágio de floração plena.....	42
4.2 EXPERIMENTO A CAMPO.....	45
4.2.1 Consórcio trevo branco + milho semeado em outubro (1a época).....	45
4.2.1.1 População de plantas.....	45
4.2.1.2 Altura de plantas.....	47
4.2.1.3 Componentes de rendimento do milho.....	50
4.2.1.4 Produtividade de grãos de milho.....	52
4.2.1.5 Produtividade de biomassa do trevo branco e aveia.....	54
4.2.2 Consórcio trevo branco + milho semeado em novembro (2a época).....	56

4.2.2.1 População de plantas.....	56
4.2.2.2 Altura de plantas.....	58
4.2.2.3 Componentes de rendimento e produtividade de grãos.....	59
4.2.2.4 Biomassa do trevo branco.....	62
5 CONCLUSÕES.....	64
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

O uso de tecnologias aplicadas na agricultura no último século tem promovido benefícios como o aumento na produção de alimentos e a sua acessibilidade, embora, ao mesmo tempo, encaramos os desafios de reduzir os impactos climáticos e ambientais da atividade humana sobre os ecossistemas (Canfield et al., 2010).

Alcançar maiores rendimentos por área com menor uso de fontes minerais de fertilizantes é um dos maiores desafios à comunidade científica. Neste sentido, o cultivo de forrageiras leguminosas pode permitir a redução da adubação nitrogenada pela fixação biológica de N, entretanto, a inclusão de leguminosas de inverno tem sido pouco adotada no sul do Brasil e os estudos têm se restringido a espécies como a ervilhaca (*Vicia vilosa*) (Silva et al., 2007) e poucas informações são disponíveis em relação a leguminosas perenes, especialmente trevos (*Trifolium* spp), gênero que se destaca no sul do Brasil (Assmann et al., 2007).

Entre as vantagens de utilizar trevo branco em pastagens, pode ser citado seu alto valor nutritivo, por suprir uma rica fonte de proteína e minerais, alto consumo voluntário, representando uma importante contribuição no suprimento de alimento durante o ano, boa adaptação a vários tipos de solo e condições de ambiente, bom potencial de consórcio com gramíneas, resistência ao pastejo e sua capacidade de fixar nitrogênio (Assmann et al., 2007; Peoples et al., 1995).

Entre as várias causas apresentadas da baixa adoção de pastagens de trevo branco, cita-se a dificuldade de controle de plantas daninhas e o custo de estabelecimento. No Brasil, são escassas as informações de seletividade a herbicidas para o trevo branco e não há indicação ou registro de herbicidas para o controle de plantas daninhas nesta cultura no sistema Agrofit do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estes aspectos associados ao lento desenvolvimento inicial e ao longo período crítico de interferência das plantas invasoras podem comprometer e inviabilizar o estabelecimento do trevo branco (Schuster et al., 2013).

O conhecimento da seletividade de herbicidas para o controle químico de plantas daninhas na fase de estabelecimento do trevo branco é fundamental no

seu processo de adoção nos sistemas de produção. Ainda, o manejo com herbicidas no trevo para cultivo consorciado busca a supressão do desenvolvimento e a sua rebrota/perenização após a colheita do milho, viabilizando assim o trevo branco no sistema produtivo. Uma vez superado o problema de matocompetição por plantas daninhas e possibilidades de supressão, o trevo branco apresenta cenário positivo, seja para uso como pastagem, seja para cultivo consorciado com milho.

Importante destacar também que a campo, existirão duas situações distintas aodo o produtor pode adotar o consórcio trevo branco + milho. A primeira situação é sobre trevo implantado no mesmo ano agrícola, ou seja, trevo branco com 1 ciclo produtivo, e a segunda situação, é o consórcio sobre áreas de pastagem de trevo já estabelecidas a mais tempo, aonde o cultivo consorciado pode ter como interesse a recuperação da fertilidade do solo por exemplo.

Entre as culturas utilizadas no verão, o milho se destaca por ser um dos grãos mais produzidos no Brasil, com participação de 44% na produção de grãos (95 milhões de toneladas) (FIESP, 2018), sendo o Paraná responsável por 16,18 milhões de toneladas em uma área cultivada de 2,74 milhões de hectares, isto somando-se a área de produção da safra de verão e de safrinha (Conab, 2018). Isto ocorre devido às inúmeras aplicações que este cereal tem dentro da propriedade agrícola, quer seja na alimentação animal, na forma de grãos, forragem verde ou conservada (silagem), na alimentação humana ou na geração de receita mediante a comercialização da produção excedente.

Dentre os vários fatores determinantes do sucesso produtivo do milho, destaca-se a adubação nitrogenada. Neste sentido, por se tratar de uma espécie perene de inverno, o trevo branco pode ser consorciado com o cultivo do milho no verão, entretanto, dados sobre este consórcio e possíveis sinergias entre estas duas espécies precisam ainda ser pesquisadas, avaliando a sua capacidade de contribuir para a redução do aporte de nitrogênio na cultura do milho cultivado sequencialmente.

Por se tratar de uma espécie perene de inverno e outra anual de verão, o consórcio permite a introdução do milho em uma época na qual as plantas de trevo branco apresentam menor taxa de crescimento, com tendência a entrada no florescimento e senescência de algumas plantas, reduzindo assim a competição. No

entanto, estudos relatam efeitos negativos do consórcio no rendimento do milho, como resultado da competição por água, e, em menor extensão, luz e nutrientes (Eberlein et al., 1992; Zemenchik et al., (2000). Assim, o uso de herbicidas para supressão do crescimento vegetativo durante o período de consórcio pode diminuir a competição interespecífica, permitindo ao mesmo tempo o crescimento e desempenho do milho e a recuperação do trevo na próxima estação de crescimento (Den Hollander et al., 2006).

Neste contexto, este trabalho porta sobre um modelo de consórcio que associa trevo branco (*Trifolium repens* L.), uma forragem leguminosa perene de inverno com lavoura de milho no verão em contraponto ao sistema usual de cultivo de milho sobre palhada de aveia e busca estudar as relações que ocorrem neste consórcio, como: seletividade de trevo a herbicidas, potencial de redução do aporte de N no milho, formas de reduzir a matocompetição em cultivo consorciado de trevo branco + milho bem como o potencial de perenização do trevo branco.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade do trevo branco a diferentes herbicidas e doses nos estádios fenológicos de terceiro trifólio, desenvolvimento pleno e floração plena bem como a capacidade de supressão e produção de biomassa sob diferentes manejos de herbicidas no cultivo consorciado trevo branco + milho em relação ao cultivo tradicional de milho sobre aveia além da capacidade de perenização do trevo branco após a colheita do milho.

Os objetivos específicos consistiram em:

Identificar herbicidas com potencial de uso no controle de plantas daninhas na cultura do trevo branco visando também conhecer o potencial de supressão destes herbicidas para cultivo do trevo em sistemas de consórcio.

Avaliar o potencial de competição do consórcio trevo branco + milho;

Avaliar o efeito dos diferentes espécies hibernais (aveia, trevo de 1 e 2 ciclos produtivos) e doses de nitrogênio sobre o desenvolvimento, componentes de rendimento e produtividade do milho;

Avaliar a capacidade de perenização do trevo branco de 1 e 2 ciclos produtivos manejado em consórcio e após a colheita do milho submetido a diferentes manejos de herbicidas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TREVO BRANCO

Trevo branco (*Trifolium repens* L.) é a fabácea forrageira perene mais utilizada mundialmente na composição de sistemas de produção a pasto em regiões de clima temperado e subtropical por se tratar de uma espécie com alta qualidade de forragem, habilidade de competição com poáceas perenes e capacidade de fixação biológica de nitrogênio (Monteiro et al., 1996).

A sua importância é tal, que em alguns países, como na Nova Zelândia (clima muito similar ao do sul do Brasil), o trevo branco é considerado a chave das vantagens competitivas e do sucesso da produção leiteira devido a sua capacidade de fixar nitrogênio, seu alto valor nutritivo e sua capacidade de melhorar o consumo animal (Caradus et al., 1996). Na Austrália por exemplo, estima-se que a área cultivada de trevo chega a 15 milhões de hectares na Austrália com cerca de 4 milhões de hectares semeados anualmente em todo o mundo (Mather et al., 1996).

O potencial de produção de biomassa e fixação biológica de nitrogênio são sem dúvida os dois parâmetros mais pesquisados pela literatura e que mais motivam o seu uso. De acordo com Montardo et al. (2008), a produção de matéria seca de cinco genótipos de trevo branco em cinco locais do sul do Brasil apresentaram rendimentos médios de 5.858 kg ha⁻¹.

Para Carvalho et al. (2010), o trevo branco produz de 4.000 a 7.000 kg ha⁻¹ de massa seca em cultivo exclusivo. Sob consorciação com gramíneas ou outras leguminosas pode produzir até 5.500 kg ha⁻¹ de massa seca. Sartor et al. (2010) avaliando o potencial de produção de cultivares de trevo branco no sudoeste do Paraná observaram que a cultivar de trevo branco Yi foi a que obteve maior produtividade, alcançando 4.330 kg ha⁻¹ de massa seca. Também, no quesito qualidade bromatológica, Deguchi et al (2014) relataram valor de 4,03% de N nas amostras de trevo branco.

Apesar de suas vantagens, o cultivo de trevo branco ainda é pouco usual em nível de Brasil, especialmente na região sul, aonde apresenta ampla adaptação ao clima (Monteiro et al., 1996) com melhores resultados em regiões de

altitude e clima Cfb, com temperaturas entre 20 e 25° C no verão e sem limitação de umidade, favorecida pela presença de matéria orgânica (Carvalho et al., 2010).

Entre os fatores da baixa adoção do trevo branco, destaca-se a sua exigência em fertilidade do solo e a dificuldade no manejo de plantas daninhas. O trevo requer solo fértil, tanto em relação ao pH (>5,5) quanto ao teor de fósforo e potássio (Assmann et al., 2008). Solos que apresentam naturalmente baixo teor de fósforo reduzem o enraizamento, a ramificação e a persistência dos estolões de trevo branco (Sanderson e Elwinger, 2002), dificultando seu estabelecimento e perenização.

Além disso, o estabelecimento e desenvolvimento inicial do trevo branco são relativamente lentos, e à convivência com plantas daninhas pode comprometer o estabelecimento e o potencial produtivo dessa cultura, resultando em frustração em relação ao seu uso.

No entanto, ainda, não há indicação ou registro de herbicidas para o controle de plantas daninhas na cultura de trevo branco no Paraná (SEAB, 2014), e pouco se sabe sobre herbicidas seletivos a essa espécie. Nesse sentido, para impulsionar a utilização do trevo branco nos sistemas de produção há a necessidade da identificação de herbicidas para o controle químico de plantas daninhas na fase de estabelecimento da cultura, destacando ainda que a suscetibilidade do trevo branco ao efeito de herbicidas ocorre em função de fatores, como o estágio fenológico de aplicação do produto na cultura.

O fato de se tratar de uma espécie leguminosa perene de crescimento hibernal/primaveril com estacionalidade de crescimento com hábito prostrado ou rasteiro, a sua capacidade de tolerar geadas e sombreamento, prosperar quando submetido a pastejo e suportar tráfego de máquinas, torna o trevo branco um candidato ideal para o cultivo consorciado com culturas anuais de verão. Entretanto, para ser eficaz, se faz necessário identificar herbicidas com potencial de uso capaz de suprimir o desenvolvimento do trevo branco evitando a competição com o milho sem, no entanto, eliminá-lo a fim de garantir sua perenização.

A sua capacidade de perenização e possibilidade de uso em cultivo consorciado com milho é sem dúvida um fator importantíssimo capaz de contribuir para impulsionar a adoção e uso do trevo branco no sul do Brasil, uma vez que o

custo de implantação se dilui em função da capacidade de perenização.

Paim et al. (1994) relataram que além das temperaturas elevadas, o trevo branco tem sua persistência afetada pela competição com outras espécies, baixa fertilidade e deficiências de umidade do solo, adquirindo muitas vezes o comportamento de espécie anual de ressemeadura natural. Assim, a perenização do trevo está associada a sua capacidade de se renovar pela emissão de estolões a cada estação de crescimento ou anualmente pela própria ressemeadura via produção de sementes.

Os estudos levantados neste referencial demonstram grande potencial de uso do trevo branco em sistemas integrados de produção (Monteiro et al., 1996; Carvalho et al., 2010). Percebe-se, no entanto, que as avaliações são de curto prazo e as pesquisas conduzidas com essa leguminosa em consorciação com gramíneas, em diferentes regiões do Brasil, são escassas.

Além disso, a integração adequada das leguminosas em sistemas integrados de produção requer um bom conhecimento do papel da leguminosa no interior do sistema e uma melhor compreensão das contribuições relativas das fontes de N e os destinos de N fixado biologicamente. Estas espécies devem ser consideradas no contexto dos sistemas de produção em que são cultivadas e não isoladamente.

2.2 CULTIVO CONSORCIADO: TREVO BRANCO + MILHO

O consórcio entre espécies apresenta-se como uma técnica avançada de cultivo de duas ou mais culturas no mesmo espaço e ao mesmo tempo capaz não apenas de ser mais eficiente que o cultivo em monoculturas, mas também trazer benefícios ecológicos aos agroecossistemas (Thayamini e Brintha, 2010).

Para se obter sucesso no consórcio, é preciso observar uma série de requisitos antes e durante o cultivo. Fatores como a compatibilidade entre as espécies, a densidade de plantas utilizadas e a época de semeadura são determinantes na maior ou menor competição. Ainda, a viabilidade econômica do consórcio depende na capacidade de adaptação do padrão de cultivo e seleção de espécies compatíveis (Seran e Brintha, 2009).

Todos os consórcios apresentam particularidades que dependem das espécies escolhidas, sendo que há necessidade de conhecer quais as características morfo-fisiológicas (suas raízes, hábito vegetativo, tolerância a sombra) de cada espécie para que o arranjo espacial das mesmas favoreça o crescimento e desenvolvimento sem que haja competição mútua de recursos. Entre os critérios a serem observados na escolha das espécies, destaca-se hábito de crescimento e recursos disponíveis como água, luz e nutrientes (Brintha e Seran, 2009).

De forma geral, quanto mais parecido é o ciclo das culturas, maior é a dificuldade de obter sucesso, desse modo se opta por gramíneas de porte alto como o milho e leguminosas de porte rasteiro como o trevo branco, para que a diferença possibilite a menor competição possível e não prejudique a produtividade do milho (Ofori e Stern, 1987). Além dos aspectos e vantagens agronomicas que possibilitam/viabilizam o uso do milho em cultivos consorciados, trata-se de uma *commoditie* com grande demanda global, o que torna esta espécie muito promissora para estes sistemas de produção.

Apesar de apresentar-se como terceiro maior produtor mundial de milho, pode-se afirmar que o Brasil contribui pouco no cenário global frente ao enorme potencial de produção que apresenta (média de produtividade muito baixa). Na safra 2017/2018, a produção brasileira foi de 95 milhões de toneladas, ou seja, 9,11% da produção global, estimada em 1,042 bilhões de toneladas (FIESP 2018).

Alguns fatores têm contribuído para melhorar a produtividade no Brasil tais como a adaptação de cultivares as mais variadas situações de clima e solo, melhoramento genético, melhoria de propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos cultivados e a adoção de práticas culturais mais adequadas no controle de plantas daninhas e pragas (SANGOI et al., 2010).

Entretanto, o Brasil apresenta baixa produtividade média (milho safra - 5.556 kg ha⁻¹) (CONAB, 2018) quando comparada aos principais países produtores (EUA – 11.079 kg ha⁻¹) (USDA, 2018). Essa baixa produtividade está relacionada, em grande parte, com o baixo nível tecnológico empregado na produção, principalmente no quesito adubação de base e capacidade do solo de suprir a demanda nitrogenada do milho.

Para tanto, faz-se necessário que um maior número de produtores passe a adotar técnicas de cultivo, que proporcionem aumentos em produtividade e renda líquida, das quais pode-se destacar o cultivo de leguminosas, devido ao potencial de fixação biológica e contribuição de N acumulado na parte aérea destas espécies, que após processo de decomposição acabam sendo liberados ao solo para a cultura seguinte (consórcio trevo/milho).

Porém essa vantagem pode ser diminuída dependendo da proporção e população da leguminosa, que pode apresentar competição e redução no potencial produtivo do milho. Neste contexto, estratégias de supressão do trevo branco com herbicidas ou fornecimento de N mineral ao consórcio se apresentam como estratégias de manejo capazes de reduzir a competição entre as espécies evitando redução na produtividade de milho. Ainda, a utilização da leguminosa traz todos os benefícios já citados anteriormente permitindo concluirmos que a espécie reduz/ameniza indiretamente os riscos de perdas na produtividade do milho.

Também, o período de maior crescimento e/ou maior demanda por nutrientes deve ser diferente entre as espécies utilizadas (Enyi, 1977). Neste caso, a época de estabelecimento do consórcio trevo-milho é importante, uma vez que o trevo é uma leguminosa perene de inverno que apresenta altas taxas de crescimento na primavera, ou seja, momento em que geralmente o milho é semeado. Neste sentido e considerando a lógica da integração lavoura-pecuária, o cultivo consorciado, deve favorecer o pastejo por períodos mais longos na primavera, realizando a semeadura do milho em novembro por exemplo. Esta estratégia pode ajudar a amenizar a competição entre as espécies, favorecendo o desenvolvimento do milho.

Outro fator que pode afetar diretamente o sucesso do consórcio é a taxa de semeadura utilizada e o arranjo entre plantas. Nesse sentido, a taxa de semeadura do milho pode ser utilizada como uma estratégia capaz de suprimir o trevo branco, sendo esta supressão desejada até certo ponto a fim de que permita, no entanto a perenização do trevo branco no sistema. O ideal é que seja utilizada a densidade de plantas mínima capaz de oferecer os máximos rendimentos, sendo este um desafio e algo a ser pesquisado.

Uma vez atendidos alguns destes requisitos, o cultivo consorciado

pode oferecer uma série de benefícios ao sistema produtivo. A utilização de espécies leguminosas em cultivos consorciados pode proporcionar em longo prazo, habitats heterogêneos e estáveis para os insetos, herbívoros, predadores e as populações microbianas, aumentando as inter-relações entre os níveis tróficos do agroecossistemas, diminuindo as perdas causadas por pragas e doenças, bem como o uso de defensivos agrícolas (Culman et al., 2010; Ratnadass et al., 2012).

Ainda a principal explicação para a obtenção de maiores rendimentos em sistemas de cultivos consorciado é o uso mais eficiente dos fatores de crescimento à medida que capturam e usam melhor a energia radiante (Belel et al., 2012), água disponível e nutrientes (Sullivan, 2003). As diferenças morfológicas de raiz e folha entre as espécies utilizadas permitem a melhor exploração do solo e da luminosidade, aumentando a eficiência de uso destes recursos naturais (Belel et al., 2012).

O melhor controle de plantas daninhas também tem sido relatado em cultivos consorciados (Den Hollander et al., 2007). Dimitrios et al. (2010), relatam que a menor luminosidade disponível as plantas daninhas no cultivo consorciado milho + leguminosas, reduziu consideravelmente a densidade de plantas daninhas em relação ao cultivo de milho solteiro. No consórcio trevo branco + milho, formas químicas de supressão de plantas daninhas precisam ser estudadas, uma vez que o uso de herbicidas no milho pode afetar esta dinâmica.

Além das plantas daninhas, o consórcio aparece como um método cultural promissor de controle de pragas e doenças, uma vez que um dos componentes do consórcio, pode atuar como uma barreira, dificultando a dispersão das pragas e doenças (Thayamini e Brintha, 2010; Culman et al., 2010). A diminuição da erosão do solo também pode ser observada nos cultivos consorciados, seja pela maior cobertura e proteção do solo proporcionado pelas plantas (Kariaga, 2004), ou pela melhor eficiência do uso da água (Reddy e Reddi, 2007).

Ainda, a utilização de leguminosas em sistemas tradicionais de cultivo de milho é considerada uma excelente alternativa, capaz de garantir economia de nitrogênio e aumento de produtividade (Assmann et al., 2007; Thayamini & Brintha, 2010), capaz de manter e melhorar a fertilidade do solo (Seran e brintha, 2010).

O potencial do consórcio trevo branco + milho em fornecer nitrogênio depende da densidade das espécies, interceptação luminosa e disponibilidade de nutrientes (Francis, 1989). A capacidade do milho de absorver o nitrogênio fixado pelo trevo (transferência de N) reduz os níveis de N mineral no solo e aumenta a proporção do total de N fixado pela leguminosa em relação a monocultura.

Sanders et al. (2017), avaliando o cultivo consorciado trevo branco como cobertura viva no milho, relatam que o trevo branco pode fornecer mais de 100 kg ha⁻¹ N ao milho. Destacam, porém, que a aplicação de glifosato e dicamba no trevo 14 dias antes da semeadura do milho é necessária, para fornecer nutrição inicial para o estabelecimento do milho.

Sanders et al. (2017), avaliando o efeito da largura de faixas dessecadas (20 ou 40 cm), do espaçamento das entrelinhas do milho (75 ou 90 cm) e diferentes populações de milho (60.000 ou 90.000 plantas ha⁻¹) sobre o nitrogênio potencialmente mineralizável (PMN) do trevo branco (*Trifolium repens* L.) e a perenização do trevo no sistema de consórcio com milho, relatam que o espaçamento de 90 cm com dessecação de faixas de 20 cm é a melhor estratégia de manejo para o sistema de consórcio.

De acordo com Smith et al. (1987), a quantidade de N presente na biomassa do trevo branco no momento da semeadura do milho (173 kg ha⁻¹) foi comparável ao da ervilhaca peluda (130 - 200 kg ha⁻¹) (*Vicia villosa* Roth.).

Deguchi et al. (2014), avaliando o consórcio trevo branco + milho, observaram que o manejo do trevo apenas com uma roçada aumenta a absorção de N do milho e pode reduzir a aplicação de N necessária para a produção de milho. Relatam também, que a colonização de fungos micorrízicos arbusculares no trevo branco aumentou a absorção de fósforo e conseqüentemente o rendimento do milho.

No entanto, existem também algumas limitações do cultivo consorciado. A principal preocupação dos sistemas de consórcio trevo branco + milho é a competição entre a cultura primária e a planta de cobertura e a possível redução no rendimento e qualidade de grãos (Wiles et al., 1989). Portanto, talvez o maior desafio no cultivo consorciado seja a necessidade de minimizar essa interferência através da supressão da planta de cobertura. Ainda, para ser uma

alternativa aceitável aos agricultores, esta supressão deve ser prática e econômica. Nesse contexto, estratégias de manejo como aplicação de fertilizantes, época de semeadura, proporção de mistura das espécies são determinantes para o fator de concorrência.

Deguchi et al. (2014) relataram que a concentração de N no colmo do milho cultivado sobre trevo branco roçado aos 35 DAE foi de 2,22%, valor este inferior ao milho em cultivo solteiro (3,42%) e também abaixo dos teores considerados adequadas (3,5-5%) para este período conforme relatado por Lockman (1969). Estes dados demonstram a competição do trevo branco com o milho nos estádios iniciais de desenvolvimento, uma vez que o trevo pode ter utilizado parte deste N para sua rebrota. No entanto, considerando o teor e a absorção de N no momento da colheita e o rendimento de milho, a presença do trevo foi equivalente a aplicação de 53, 62 e 70 kg N ha⁻¹ respectivamente. Portanto, sugere-se que o trevo branco fornece N ao milho depois de um estágio inicial e pode reduzir a demanda de N mineral pelas plantas de milho (Deguchi et al., 2014).

2.3 NITROGÊNIO NO CONSÓRCIO TREVO BRANCO + MILHO

Uma mudança fundamental tem ocorrido na pesquisa agrícola e na produção mundial de alimentos. No passado, a força propulsora principal era aumentar o potencial de produção de culturas alimentares e maximizar a produtividade. Hoje, a busca pela produtividade está cada vez mais combinada com a necessidade de se produzir de forma sustentável.

Em países desenvolvidos, o interesse por uma agricultura de baixo uso de insumos externos é determinado em grande parte pela superprodução de alimentos e por uma preocupação ambiental sobre os efeitos do uso intenso de agroquímicos sobre os agroecossistemas. Em países menos desenvolvidos, o interesse pela agricultura de baixo uso de insumos é uma necessidade alimentada pela falta de acesso aos insumos, que ocorre muitas vezes devido à falta de condições financeiras.

Independente do motivo, o uso de leguminosas na fixação biológica de nitrogênio (FBN) é uma forma sustentável de produção por se tratar do uso de um

recurso natural disponível de forma gratuita aos produtores. No entanto, apesar da FBN fazer parte dos sistemas agrícolas em todo o mundo, sua importância como uma fonte primária de N para a agricultura tem diminuído nas últimas décadas, com o aumento da quantidade de fertilizantes nitrogenados, que são utilizados para a produção de *commodities*.

Neste contexto, maior atenção deve ser focada sobre o papel potencial da FBN no fornecimento de N para a agricultura, uma vez que para manter a produtividade de sistemas de produção de forma sustentável em longo prazo, se faz necessário repor as reservas de nutrientes que são removidos ou perdidos do solo.

No caso do N, as entradas em sistemas agrícolas podem ocorrer na forma de N-fertilizante, matéria orgânica, descargas elétricas ou ser derivado a partir de N₂ atmosférico, através de fixação biológica do N₂ (FBN), esta por sua vez, muito mais sustentável (Hungria et al., 1994).

O N é responsável por grande parte do gasto com as adubações, além de ser um dos elementos que mais contribui para a contaminação de lençóis freáticos (Di & Cameron, 2002). Diante disto, faz-se necessário o estudo de modelos agrícolas menos dependentes do uso de insumos minerais e que reduzam o custo de produção tornando-os mais eficientes, sendo o cultivo de espécies leguminosas e a FBN uma das melhores opções.

O nitrogênio é um dos elementos mais abundantes na natureza (78% do ar), entretanto, o mesmo não está diretamente disponível à planta (Malavolta, 1980). É um dos nutrientes mais absorvidos pela cultura do milho e justamente por esta razão, é o elemento mais limitante, caso não seja suprido adequadamente em tempo e em quantidade exigida pelas plantas. Em geral, 70 a 90% dos experimentos de campo realizados no Brasil, apresentaram respostas à aplicação de N na cultura do milho (Coelho, 2003). Ainda, estima-se que a necessidade de N para produção de uma tonelada de grãos de milho varie entre 20 a 28 kg ha⁻¹ de N (Cantarella & Marcelino, 2008).

A adubação nitrogenada do milho, entre os temas sobre adubação de culturas, é um dos itens mais estudados. Inúmeras pesquisas têm sido feitas no sentido de identificar qual o melhor momento de aplicação, qual a dose recomendada, tipos de fonte, manejo da adubação nitrogenada de inverno sobre o

desenvolvimento da cultura de verão (Argenta & Silva, 1999; Amado et al., 2002; Pöttker & Wiethölter, 2004; Silva et al., 2005; Bortolini et al., 2001; Assmann et al. 2003).

Entretanto, poucos são os trabalhos que avaliam o efeito de leguminosas perenes sobre a produção do milho. Diante deste contexto, trabalhos que avaliam o efeito do uso de trevo branco sobre a produtividade do milho são importantes, seja pela carência de dados ou pelo seu importante papel ambiental e potencial de uso.

A maioria dos consórcios de milho com leguminosas demonstram que o aproveitamento do nitrogênio no sistema é muito maior pela gramínea por conta da simbiose realizada pela leguminosa, eminente também à redução de impacto ambiental, devido às raízes explorarem maiores volume o solo e a cobertura do solo ser mais densa. De acordo com Assmann et al. (2001), plantas de milho cultivadas em áreas com trevo podem acumular mais nitrogênio foliar que plantas cultivadas em locais que não contêm a leguminosa.

De acordo com Ladd e Amato (1986), nos primeiros anos de consórcio o trevo representa pouca contribuição de N ao milho (4 a 25%). Quando se faz aplicação de N em cobertura, parte desse adubo fica imobilizado e é remineralizado nos cultivos subsequentes (Frame e Newbould, 1986). Desse modo, podemos concluir que quanto maior o desenvolvimento da gramínea, menor será a fixação biológica de N, no entanto, quando a gramínea para seu crescimento, o trevo retorna ao seu desenvolvimento normal e a fixação biológica, sendo que a proporção de N fixado que é transferido para a gramínea é de 0 a 75% do total fixado (Boller e Nösberger, 1987). Mesmo que parte dos nutrientes fiquem imobilizados na biomassa do trevo e sejam mineralizados aos poucos, estes irão permanecer no sistema e serão retirados somente quando houver exportação dos grãos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Dois experimentos foram realizados com objetivo de avaliar a seletividade do trevo a herbicidas e o cultivo consorciado entre trevo branco + milho. Em ambos os experimentos utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições. O 1º experimento foi conduzido em casa de vegetação da UTFPR, campus Pato Branco, e avaliou a seletividade do trevo branco a três herbicidas e quatro doses, avaliados nos estádios fenológicos terceiro trifólio, em pleno desenvolvimento e floração plena (Cada estágio fenológico analisado de forma separada, ou seja, cada estágio fenológico um experimento). Os resultados deste trabalho serviram de base para definir os herbicidas e as doses a serem utilizadas no 2º experimento, que foi conduzido a campo na área experimental do IFPR, campus Palmas a fim de estudar diferentes estratégias de supressão do trevo branco com herbicidas em cultivo consorciado com milho. Nas parcelas principais foram inseridas os manejos de herbicidas para supressão do trevo branco e nas subparcelas as quatro doses de nitrogênio. O segundo experimento também foi dividido em duas épocas de semeadura, o que caracterizou duas épocas de semeadura do milho, ou seja, o experimento foi dividido em 1 e 2 e as variáveis respostas analisadas dentro de cada época de semeadura. Os tratamentos foram diferentes entre o experimento de campo 1 e 2 e por isto foram analisados de forma separada.

3.2 EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO

3.2.1 Semeadura do trevo branco

A semeadura do trevo branco foi realizada manualmente em 01/05/2014 com 15 sementes em vasos de 10 litros. O solo utilizado apresentou as seguintes características químicas: pH (CaCl₂) 5,0; V% 64; matéria orgânica 62,99 g dm⁻³; P-Mehlich 9,55 mg dm⁻³; Ca, Mg, K e Al 6,6; 1,9; 0,30 e 0,0 cmol_c dm⁻³

respectivamente; H+Al 5,01 e CTC 13,81 cmol_c dm⁻³. De acordo com a CQFS (2004), os teores de P e K são considerados altos para o trevo branco representando assim uma boa fertilidade do solo. Por isso, não foi realizada adubação mineral. Também não foi realizada a inoculação das sementes devido a falta de inoculante disponível no mercado regional. Os vasos foram irrigados diariamente e a presença de plantas daninhas foi controlada com arranquio manual.

3.2.2 Aplicação dos herbicidas

A aplicação dos herbicidas foi realizada em três estádios fenológicos distintos (3º trifólio, desenvolvimento pleno e plena floração) do trevo branco com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado com CO₂, trabalhando na pressão de 30 PSI, regulado para um volume de aplicação de calda de 200 L ha⁻¹ (Figura 1).

A barra de aplicação possuía 4 bicos de aplicação equipados com pontas do tipo “leque” XR110.02 VS. A quantidade dos herbicidas aplicados foi calculada considerando a concentração de ingrediente ativo das marcas comerciais utilizadas.



Figura 1 - Vasos com plantas de trevo branco no estágio de desenvolvimento de terceiro trifólio.

Os herbicidas glifosato (Zapp Qi), 2,4-D (Aminol 806) e imazetapir (Pivot), nas doses de 0, 540, 1080, 1620; 0, 200, 400, 600 e 0, 100, 150 e 200 g i.a ha⁻¹ respectivamente, foram pulverizados aos 40 dias após a emergência, quando as plântulas de trevo branco se encontravam no estágio fenológico de terceiro trifólio em expansão. O período de aplicação e doses foi definido com objetivo de simular o

momento para controlar plantas daninhas no trevo branco, cujo período crítico de interferência no desenvolvimento do trevo branco ocorre entre o 20º e 62º dia após emergência (Schuster et al., 2013).

No pleno desenvolvimento, 105 dias após a emergência das plantas de trevo branco, os herbicidas glifosato (Zapp Qi), 2,4-D (Aminol 806), Paraquat + Diuron (Gramocil) nas doses de 0, 540, 1080, 1620; 0, 400, 600, 800 e 0, 300, 600 e 900 g i.a ha⁻¹ respectivamente foram aplicados a fim de avaliar a seletividade do trevo aos herbicidas. Estes resultados servem de base para definir o melhor herbicida e dose a fim de suprimir o desenvolvimento do trevo de 1 ciclo (para situações aonde o produtor semeou trevo branco em maio e irá suprimir este em outubro, para semeadura do milho) a fim de permitir seu cultivo consorciado.

Em plena floração, 125 dias após a emergência das plantas de trevo branco, os herbicidas glifosato (Zapp Qi), 2,4-D (Aminol 806) e Paraquat + Diuron (Gramocil) nas doses de 0, 720, 1440, 2160; 0, 800, 1600, 2400 e 0, 300, 600, 900 g i.a ha⁻¹, respectivamente, foram aplicados a fim de avaliar a seletividade do trevo aos herbicidas. Este período simula uma possível dessecação do trevo branco ou sua supressão para o cultivo de espécies comerciais de verão. Trevo branco cv. Zapican foi usado em todos os experimentos.



Figura 2 - Vasos com plantas de trevo branco no estágio de desenvolvimento pleno (A) e plena floração (B)

3.2.3 Avaliação da fitointoxicação e biomassa área

A avaliação da fitointoxicação nas plantas de trevo branco foi realizada semanalmente aos 07, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias após a aplicação dos herbicidas

(DAA), atribuindo-se notas percentuais de 0% para ausência de fitointoxicação e 100% para a morte das plantas conforme metodologia proposta por SBCPD (1995).

A biomassa área do trevo branco dos vasos foi cortada 50 dias após a aplicação dos herbicidas, acondicionada em sacos de papel e seca em estufa a 55 °C até peso constante, e posteriormente pesadas em balança de precisão para determinação do peso de matéria seca de trevo branco por vaso.

Alerta-se que nenhum dos herbicidas testados apresenta registro de uso em trevo branco na Secretaria de Agricultura do Estado do Paraná (SEAB, 2016), porém estes foram testados a fim de estudar seus efeitos e possibilidades de uso uma vez que dependendo destes resultados, podem ser utilizados, desde que em concordância com a instrução normativa conjunta MAPA/IBAMA/ANVISA nº 1, de 23 de fevereiro de 2010. Essa normativa foi lançada com o objetivo de regularizar o registro de agrotóxicos para culturas com suporte fitossanitário insuficiente, também chamadas *minor crops*.

3.2.4 Análise dos dados

Cada estágio fenológico (3º trifólio, pleno desenvolvimento e floração plena) representou um experimento diferente e os dados foram analisados dentro de cada estágio fenológico. Os resultados foram submetidos aos testes homogeneidade de variâncias Bartlett e de normalidade de resíduos LiLiefors, análise de variância e teste de Tukey, a 5% de probabilidade com o programa estatístico Statgraphics 4.1. Não foi necessário a transformação de dados para satisfazer os pressupostos da análise, pois todos seguiram os pressupostos de normalidade (teste de LiLiefors) e de homogeneidade da variância (Bartlett).

3.3 EXPERIMENTO A CAMPO

3.3.1 Caracterização do local

O trabalho foi conduzido na área experimental do Instituto Federal do Paraná, Campus Palmas, localizada na região fisiográfica denominada Terceiro

Planalto Paranaense entre as coordenadas de 26° 29' Sul e 51° 59' Oeste e com altitude média de 1115 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é o Cfb (MAAK, 1968). A precipitação anual varia de 1.800 a 2.000 mm (IAPAR, 1994). O solo classificado como Latossolo vermelho distroférico (Embrapa, 2006). A área experimental vem sendo utilizada com sistema de plantio direto, no verão com cultivo de soja e no inverno com o cultivo da aveia.

Os dados climáticos apresentados na Figura 3 demonstram que houve precipitação adequada ao longo do período experimental. O mês de outubro foi o mês com a menor precipitação, com 85,3 mm, porém, 32 e 25 mm ocorreram nos dias 18 e 26/10, garantindo assim uma boa emergência das sementes de milho.

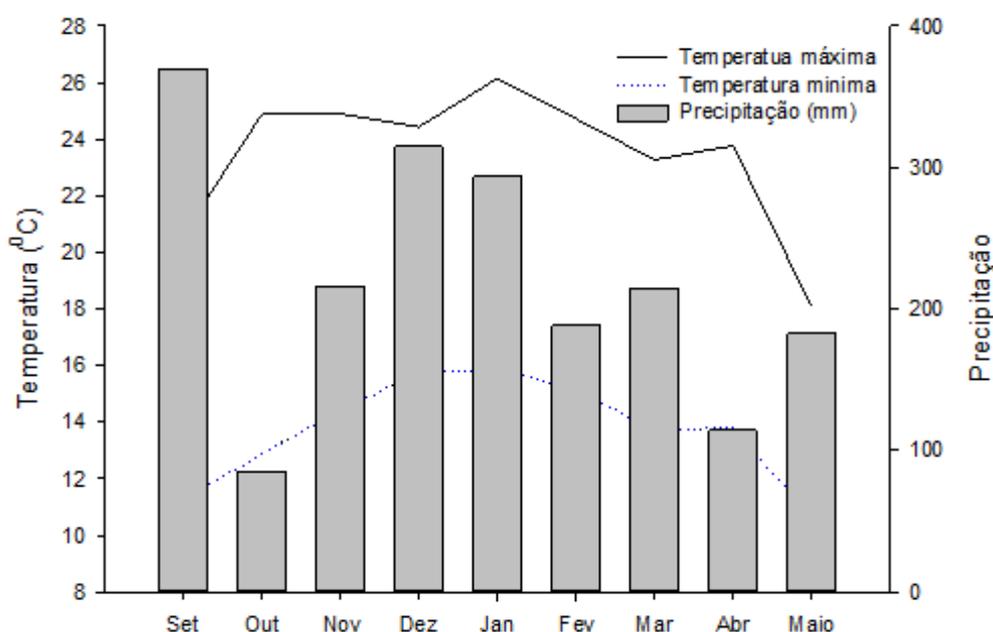


Figura 3 - Dados meteorológicos observados durante o período experimental (setembro de 2014 a maio de 2015).

3.3.2 Delineamento experimento de campo

O experimento de campo foi dividido em experimento 1 e 2, os quais tiveram datas de semeadura do milho diferentes e tratamentos diferentes. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas principais foram estabelecidos as estratégias de supressão do trevo e nas subparcelas as doses de N (0, 60, 120, 180 kg ha⁻¹).

No experimento de campo 1, a semeadura do milho (DKB 290 VT PRO™) foi realizada no dia 24/10/14 sendo composto pelos seguintes tratamentos:

Tratamento 1: Consórcio trevo branco de 1 ciclo + milho com uso de glifosato; Tratamento 2: consórcio trevo branco de 2 ciclos + milho com uso de roçada prévia no trevo; Tratamento 3: consórcio trevo branco de 2 ciclos + milho roçada com uso de roçada prévia no trevo + 2,4-D e o tratamento controle que foi o cultivo de milho sobre palhada de aveia.

Nas parcelas com aveia preta e trevo de 1 ciclo, foi realizado a aplicação do herbicida glifosato ($1080 \text{ g i.a ha}^{-1}$) para supressão das plantas, 30 dias antes da semeadura do milho (Figura 4).

Para o trevo com dois ciclos produtivos, o trevo foi roçado rente ao chão no dia da semeadura do milho. Para o tratamento com roçada + 2,4-D, o mesmo foi aplicado 15 dias após a roçada do trevo na dose de $806 \text{ g i.a ha}^{-1}$. As parcelas foram divididas em subparcelas de $4,2 \times 8$ metros, aonde foram estabelecidos as quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180 kg ha^{-1} utilizando uréia) em cobertura no milho.



Figura 4 - Areá com trevo branco em desenvolvimento e 30 dias após a dessecação com $1080 \text{ g i.a ha}^{-1}$ em pré-semeadura do milho.

No experimento de campo 2, a semeadura do milho (DKB 290 PRO₃) foi realizada no dia 10/11/14 sendo composto pelos seguintes tratamentos: Aplicação sequencial de gramocil + 2,4-D ($300 + 806 \text{ g i.a}$); glifosato + 2,4-D ($1080 + 806 \text{ g i.a}$) e glifosato + glifosato ($1080 + 1080 \text{ g i.a}$). Os tratamentos com os herbicidas gramocil + 2,4-D e glifosato + 2,4-D ($1080 + 806 \text{ g i.a}$) foram aplicados de forma sequencial sete dias antes e 15 dias após a semeadura do milho e o glifosato

+ glifosato foi aplicado de forma sequencial 21 dias antes e 15 dias após a semeadura do milho.

3.3.3 Semeadura do trevo

A semeadura do trevo branco foi realizada nos dias 25/05/2013 e 13/05/2014 com semeadora-adubadora de fluxo contínuo utilizando 4,0 kg de semente por hectare, caracterizando o que será denominado de trevo de 1 e 2 ciclos produtivos, respectivamente. O consórcio milho + trevo branco foi realizado com o plantio de milho em setembro e outubro de 2014 sobre parcelas de trevo branco estabelecidas em maio de 2013 e 2014, ou seja, sobre parcelas de trevo branco que possuem um e dois ciclos de produção.

As parcelas com aveia foram semeadas no dia 13/05/2014 com 70 kg de semente por hectare. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente. Em ambos os anos, a cultura antecessora ao trevo foi à soja. Não se fez correção mineral do solo, que apresentou as seguintes características químicas (profundidade de 0-20 cm): pH (CaCl₂) 4,6; V% 44; matéria orgânica 64,33 g dm⁻³; P-Mehlich 6,35 mg dm⁻³; Ca, Mg, K e Al 4,6; 0,7; 0,23 e 0,54 cmol_cdm⁻³ respectivamente; H+Al 7,13 e CTC 12,76 cmol_cdm⁻³.

3.3.4 Semeadura do milho

Foi utilizado uma semeadora-adubadora com espaçamento de 0,7 m entre linhas e uma densidade de semeadura de 70.000 sementes ha⁻¹ ou 4,9 sementes por metro linear.

A adubação de base foi igual nos dois experimentos com 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ via super-triplo aplicados na base e 120 kg ha⁻¹ de K₂O via KCl aplicados em cobertura no estágio fenológico V1 do milho. As doses de nitrogênio foram parceladas em valores equidistantes e aplicadas em V4 e V8.

3.3.5 Parâmetros avaliados

3.3.5.1 Massa seca do trevo branco

A determinação da massa seca do trevo foi realizada em três

momentos: A primeira no dia da semeadura do milho, a segunda no dia da colheita do milho e a terceira 100 dias após a colheita, sendo realizado o corte da biomassa rente ao solo de dois pontos representativos das unidades experimentais de 0,25 m². No caso da aveia, foi coletada a biomassa presente na superfície do solo nas mesmas datas. A biomassa coletada foi acondicionada em sacos de papel e seca em estufa a 60 °C até peso constante e posteriormente pesadas em balança de precisão para determinação do peso de matéria seca por hectare.

3.3.5.2 Desenvolvimento, componentes de rendimento e produtividade de milho

O crescimento e desenvolvimento do milho foi avaliado ao longo do ciclo a fim de melhor explicar os efeitos dos tratamentos sobre o rendimento de grãos. A determinação da altura média da planta em centímetros foi realizada com régua graduada em centímetros e compreendeu a distância entre a região da superfície do solo e a inserção da última folha aos 20 e 40 DAE e a altura final pela medição de 10 plantas por unidade experimental.

Para determinação dos componentes de rendimento do milho, foram avaliadas 10 espigas por parcela, das quais foram avaliados o número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira.

O número de grãos por espiga foi determinado pela razão entre o número de fileiras por espiga e o número de grãos por fileira. A massa de 1.000 grãos foi avaliada pela contagem manual de 400 grãos, pesagem e correção da umidade para 13%, e extrapolado para massa de mil grãos. Para o cálculo do rendimento de grãos de milho foram colhidas manualmente no dia 25 de abril de 2015 as duas linhas centrais das subparcelas (11,2 m²). Em seguida, as amostras foram trilhadas em debulhador de grãos e pesadas com balança de precisão (1g). Posteriormente, foi realizada avaliação do teor de umidade de todas as amostras e extrapolada a produção de grãos para um hectare, considerando-se a umidade padrão de 13%. A determinação da população de plantas de milho foi realizada pela contagem do número de plantas colhidas em cada parcela e posteriormente extrapoladas para hectare.

3.3.6 Análise dos dados

Considerando o resultado das interações e o fato do trabalho possuir tratamentos quali-quantitativos os dados são apresentados comparando-se os tratamentos com os diferentes manejos das plantas de cobertura por teste F a um nível de significância de 5% de probabilidade e, posteriormente, quando apresentaram significância, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5%. Para os resultados de efeito quantitativo (doses de nitrogênio) foram ajustadas curvas de regressão considerando o maior grau significativo. Para as variáveis que apresentaram interação, foi desdobrado cada manejo dentro das doses de nitrogênio. Quando não houve interação, foi realizado teste de comparação de médias para os manejos e regressão para as doses de nitrogênio de forma separada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados estão apresentados e discutidos de forma separada entre o experimento em casa de vegetação e a campo.

O experimento em casa de vegetação apresenta e discute os dados de fitotoxicidade dos diferentes herbicidas e doses avaliadas para os estádios fenológicos de 3º trifólio, pleno desenvolvimento e floração plena, bem como o efeito dos herbicidas no acúmulo de matéria seca do trevo.

O experimento a campo foi dividido em experimento 1 e 2, sendo que os dados são apresenta e discutidos de forma separadas para cada experimento.

4.1 EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO

4.1.1 Fitointoxicação de trevo branco no estágio de terceiro trifólio

Os sintomas de fitotoxicidade e seus efeitos sobre a produção de matéria seca das plantas de trevo branco diferiram entre herbicidas e doses avaliadas para o estágio de terceiro trifólio. O herbicida imazetapir (Pivot^R) apresentou a maior seletividade, destacando-se como a melhor opção para controle de plantas daninhas em áreas de estabelecimento de trevo branco (Figura 5).



Figura 5 - Vasos de trevo branco 21 dias após a aplicação de diferentes doses de imazetapir (Pivot^R).

O nível de fitotoxicidade aumentou à medida que as doses aumentaram e apesar de haver um efeito inicial, as plantas se recuperaram sem causar danos graves. Em comparação ao controle, não houve diferença significativa

no crescimento ou rendimento de matéria seca para o tratamento com 150 g i.a ha⁻¹ de imazetapir (Tabela 1).

Tabela 1 - Fitointoxicação (%) em diferentes dias após a aplicação e rendimento de massa seca (MS – gramas por vaso) do trevo branco (*Trifolium repens* L.) submetida à aplicação de diferentes doses de herbicidas⁴ no estágio fenológico de terceiro trifólio.

Tratamentos	Dias após a aplicação							MS
	7	14	21	28	35	42	49	
Controle	0,0 f	0,0 e	0,0 d	0,0 e	0,0 e	0,0 d	0,0 c	8,4 b
Gli ¹ 540	25,0 c	25,0 c	35,0 b	35,0 c	22,5 c	12,5 c	5,0 c	5,2 d
Gli 1080	37,5 b	50,0 a	100,0 a	0,0 e				
Gli 1620	47,5 a	55,0 a	100,0 a	0,0 e				
2,4-D ² 200	17,5 d	20,0 c	17,5 c	17,5 d	15,0 d	10,0 c	2,5 c	7,3 c
2,4-D 400	37,5 b	40,0 b	37,5 b	37,5 c	35,0 b	32,5 b	17,5 b	5,1 d
2,4-D 600	40,0 b	45,0 b	37,5 b	42,5 b	37,5 b	32,5 b	22,5 b	5,0 d
Imaz ³ 100	0,0 f	0,0 e	0,0 d	0,0 e	0,0 e	0,0 d	0,0 c	9,1 a
Imaz 150	10,0 e	15,0 d	20,0 c	20,0 d	12,5 d	10,0 c	0,0 c	8,3 b
Imaz 200	10,0 e	15,0 d	20,0 c	20,0 d	17,5 d	15,0 c	5,0 c	6,9 c
CV(%)	16,2	15,4	9,0	8,8	14,2	10,5	20,8	8,1

¹Forma contraída de Glifosato nas doses de 540, 1080 e 1620 g i.a; ²Forma contraída de 2,4-D nas doses de 200, 400, 600 g i.a; ³Forma contraída de imazetapir nas doses de 100, 200 e 300 g i.a ha⁻¹ respectivamente. Médias nas colunas seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). ⁴Produtos não possuem registro de uso em trevo branco.

Ferrel e Sellers (2014) também relataram amarelecimento das folhas no trevo branco e uma redução temporária no desenvolvimento após a aplicação de imazetapir (Pivot) e imazamox (Ampló), embora, recomendam estes herbicidas como boas opções para controlar plantas daninhas de folha larga em pós-emergência das plântulas (mínimo de dois trifólios) em áreas de plantio de trevo branco. Relatam também que gramíneas como azevém perene (áreas de produção de sementes de trevo branco) podem ser facilmente controladas com clethodim

(Select) ou sethoxydim (Post) nas doses de 120 e 180 g i.a ha⁻¹, respectivamente.

De acordo com Ferrel e Sellers (2014), imazetapir possui registro e recomendação de uso nos EUA como um herbicida seletivo ao trevo branco. Recomendam apenas seguir a bula e evitar, por exemplo, o uso do trevo para pastejo, corte ou fenação por 30 dias após a aplicação do herbicida. Importante ressaltar que a recomendação de bula do herbicida imazetapir para o manejo das principais plantas daninhas é de 1,0 L ha⁻¹ (100 g i.a ha⁻¹).

Uma vez que os herbicidas apresentem seletividade ao trevo, estes podem ser utilizados para manejo de plantas daninhas. Herbicidas a base de 2,4-D apresentam-se como uma boa opção de controle de plantas daninhas como Serralha (*Sonchus oleraceus*), Nabiça (*Raphanus raphanistrum*) Losna-do-campo (*Ambrosia elatior*), Joá-bravo (*Solanum sisymbriifolium*), Carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum*), Guanxuma (*Sida rhombifolia*), entretanto, é importante observar, que a seletividade do trevo ao 2,4-D diminuiu à medida que a dose do herbicida aumenta, porém as plantas tiveram a capacidade de detoxificação da molécula química uma vez que a fitotoxicidade reduziu de 45% aos 14 DAA para 22,5% as 49 DAA na dose de 600 g i.a ha⁻¹.

Vale ressaltar que a recomendação da dose de Aminol para controle de folhas largas em culturas como aveia e trigo varia de 0,5 a 0,75 L ha⁻¹, ou seja, a dose de 400 g i.a ha⁻¹ é eficaz para controle de folhas largas, não havendo necessidade da utilização de doses maiores, uma vez que estas podem provocar fitotoxicidade mesmo sobre gramíneas (SEAB, 2016).

A tolerância do trevo branco a 2,4-D e imazetapir também foi sugerida por Machado et al. (2013). Ao avaliarem a seletividade dos herbicidas imazetapir (100 g i.a ha⁻¹) e 2,4-D (201 g i.a ha⁻¹) aplicados em plântulas de trevo branco no estágio fenológico de segundo trifólio totalmente expandido, os autores relataram fitointoxicação de 1,5 e 9,7% respectivamente, aos 84 dias após aplicação (DAA), corroborando com os resultados deste trabalho.

Enloe et al. (2013) estudando a tolerância do trevo branco para múltiplas formulações de 2,4-D + imazetapir relataram eficaz controle de plantas daninhas em pastagens de branco trevo + azevém sem afetar o trevo branco.

A máxima fitointoxicação, representada pela morte das plantas de trevo

foi observada aos 21 DAA no herbicida glifosato na dose de 1080 g i.a ($1,7 \text{ L ha}^{-1}$ de Zapp Qi). No entanto, a menor dose ($540 \text{ g i.a ha}^{-1}$) demonstrou fitotoxicidade intermediária chegando ao valor máximo de 35% aos 21 DAA. Aos 49 DAA, a fitotoxicidade variou de 5 a 100% entre a menor e maior dose respectivamente, representando acúmulo de biomassa de 5,2 e 0 gramas por vaso, enquanto que o tratamento controle apresentou 8,4 gramas por vaso. Já, para o herbicida 2,4-D, a variação da fitotoxicidade entre a menor e maior dose aos 49 DAA foi menor, variando de 2,5 a 22,5% nas doses de 200 e 600 g i.a ha^{-1} , tendo a maior dose reduzido o acúmulo de biomassa para 5,0 gramas por vaso, ou ainda, tendo queda de acúmulo de 40% em relação ao controle (Figura 6).

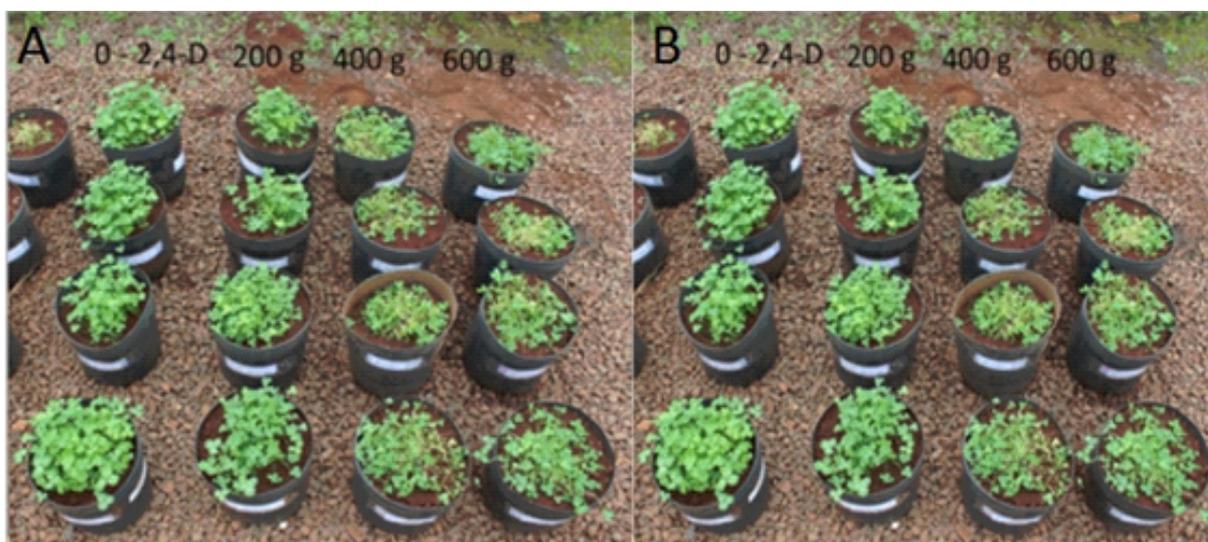


Figura 6 - Vasos de trevo branco 21 dias após a aplicação de diferentes doses de glifosato (A) e 2,4-D (B).

O peso da biomassa área do trevo ajuda a ilustrar a fitotoxicidade ocorrida e o potencial de recuperação das plantas de trevo após a aplicação dos herbicidas. A dose de $540 \text{ g i.a ha}^{-1}$ de glifosato apresentou peso de matéria seca estatisticamente igual as doses de 400 e 600 g i.a ha^{-1} de 2,4-D, com peso da biomassa área em torno de 60% da obtida no tratamento controle. Importante destacar que, em situações de campo, estes 40% de redução no acúmulo de biomassa podem após os 50 dias de avaliação ser revertido, e ambos os tratamentos se equipararem a testemunha, uma vez que as plantas daninhas foram controladas. Por outro lado, se o controle de plantas daninhas não for realizado, as perdas de produtividade no trevo branco por matocompetição pode chegar a 96%, inviabilizando seu cultivo (Schuster et al., 2013).

É importante enfatizar que a seletividade aos herbicidas aumenta à medida que os estádios fenológicos avançam. Plantas jovens são mais susceptíveis a herbicidas do que plantas mais velhas, principalmente porque as plantas jovens possuem mais tecidos meristemáticos. Machado et al. (2013) avaliando 2,4-D aplicado no primeiro (16 dias após a emergência) e segundo trifólio (27 dias após a emergência) relataram menor fitotoxicidade das plantas mais velhas.

4.1.2 Fitointoxicação de trevo branco no estágio de pleno desenvolvimento

Para o estágio fenológico de pleno desenvolvimento (Tabela 2), a máxima fitointoxicação foi observada no tratamento com Paraquat + Diuron (gramocil[®]) logo nos primeiros dias após aplicação (Figura 7).

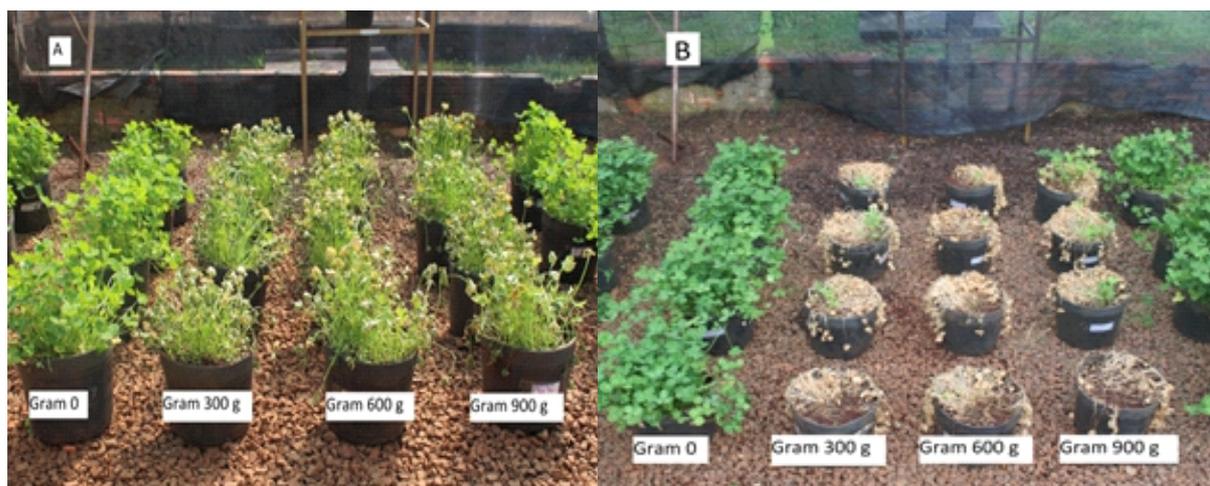


Figura 7 - Vasos de trevo branco 2 (A) e 14 (B) dias após a aplicação de doses de Gramoxone + Diuron.

Segundo Clark (1987), Paraquat foi extremamente tóxico para trevo branco, tanto in vitro quanto em experiências em vasos, corroborando com os resultados deste trabalho. De acordo com Martins (2013), estes herbicidas têm forte ação de contato e são pouco translocáveis na planta, matando rapidamente os tecidos verdes através do processo de oxidação e redução. Provocam a descoloração das folhas, indicando ruptura das membranas celulares, uma hora após aplicação, e murchamento e dessecação após 24 horas.

Os sintomas característicos do tratamento com Paraquat + Diuron foram à rápida murcha, clorose e necrose das folhas visualmente detectadas 24

horas após aplicação. A máxima fitointoxicação foi observada aos 14 DAA, sendo que não houve diferença aos 07 e 14 DAA entre as doses testadas. Por se tratar de um herbicida não seletivo de ação de contato, o controle é realizado apenas aonde o herbicida atinge o alvo, sendo as diferenças na fitotoxicidade e no acúmulo de biomassa justificado por um possível efeito guarda-chuva que pode ter evitado o contato do herbicida com a planta (Tabela 2).

Tabela 2 - Fitointoxicação (%) e rendimento de matéria seca (MS - gramas por vaso) do trevo branco (*Trifolium repens* L.) submetida à aplicação de herbicidas⁴ e doses no estágio fenológico de pleno desenvolvimento.

Tratamentos	Dias após a aplicação							MS
	7	14	21	28	35	42	49	
Controle	0,0 g	0,0 e	0,0 f	0,0 e	0,0 e	0,0 d	0,0 e	35,9 a
Gli ¹ 540	37,5 d	32,5 d	32,5 e	35,0 d	35,0 d	30,0 c	28,0 d	14,2 c
Gli 1080	50,0 c	55,0 c	42,5 d	45,0 c	45,0 c	47,5 b	47,5 c	8,7 d
Gli 1620	60,0 b	85,0 b	90,0 b	95,0 b	95,0 b	95,0 a	95,0 a	0,5 f
2,4-D ² 400	20,0 f	5,0 e	0,0 f	0,0 e	0,0 e	0,0 d	0,0 e	36,4 a
2,4-D 800	30,0 e	50,0 c	40,0 d	40,0 d	30,0 d	30,0 c	30,0 d	16,8 b
2,4-D 1200	40,0 d	57,5 c	50,0 c	50,0 c	42,5 c	35,0 c	37,5 d	8,8 d
Par ³ 300	80,0 a	92,5 a	92,5 b	92,5 b	92,5 b	92,5 a	92,5 a	1,7 e
Par 600	80,0 a	97,5 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	97,5 a	97,5 a	0,1 f
Par 900	77,5 a	92,5 a	92,5 b	92,5 b	92,5 b	92,5 a	85,0 b	2,0 e
CV (%)	4,7	8,4	5,9	7	7,9	8,5	11,1	8,2

¹Forma contraída de glifosato nas doses de 540, 1080 e 1620 g i.a.; ²Forma contraída de 2,4-D nas doses de 400, 600 e 800 g i.a.; ³Forma contraída de Paraquat + Diuron nas doses de 300, 600 e 900 g i.a. Médias nas colunas seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Rolston et al. (1976) também relataram que as plantas tratadas com paraquat tiveram seu crescimento e acúmulo de matéria seca afetado, sendo que os

efeitos aumentaram a medida que a dose passou de 70 para 200 g i.a ha⁻¹, reduzindo a fixação biológica de nitrogênio (FBN) em 35 e 70%, respectivamente. Segundo os autores, folhas não afetadas pelo herbicida ou que se desenvolveram após a pulverização foram responsáveis pela rebrota e FBN do trevo.

Para os demais herbicidas, o nível de fitotoxicidade aumentou à medida que as doses aumentaram, porém, apesar dos danos causados, as plantas apresentaram recuperação se comparados aos sintomas iniciais. Para o herbicida glifosato, o nível de fitotoxicidade aos 49 DAA variou de 28 a 95% entre a menor e maior dose, respectivamente, representando um acúmulo de biomassa de 1,4 e 40% em relação ao tratamento controle. Já para o herbicida 2,4-D, a variação da fitotoxicidade entre a menor e maior dose aos 49 DAA foi menor, variando de 0 a 37,5%, no entanto, a maior dose reduziu o acúmulo de biomassa em 75%.

A seletividade de herbicidas é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola, sendo que quanto maior a diferença de tolerância entre a cultura e as plantas daninhas, maior a segurança de recomendação da aplicação de determinado produto (Oliveira e Inoue, 2011).

4.1.3 Fitointoxicação de trevo branco no estágio de floração plena

De forma similar aos efeitos apresentados em pleno desenvolvimento, o nível de fitotoxicidade aumentou à medida que as doses dos herbicidas aumentaram quando aplicados na plena floração (Tabela 3), porém, para algumas situações, as plantas apresentaram certa recuperação até o final do experimento. Para o herbicida glifosato, o nível de fitotoxicidade na dose de 1440 g i.a ha⁻¹ variou de 40% aos 07 DAA para 2,5% aos 49 DAA, demonstrando o potencial de recuperação do trevo branco. Comparando as diferentes doses de glifosato, o nível de fitotoxicidade aos 49 DAA variou de Zero a 52,5% entre a menor e maior dose (2160 g i.a e/ou 3,4 L de Zap Qi ha⁻¹) respectivamente, representando um acúmulo de biomassa de 76,7 e 43,9% em relação ao controle.

Para o herbicida 2,4-D, a variação da fitotoxicidade entre a menor e maior dose aos 49 DAA foi menor, variando de 12,5 a 20%, com a maior dose reduzindo o acúmulo de biomassa em 46% em relação ao tratamento controle.

Importante ressaltar que a recomendação de bula do herbicida Aminol^R para o manejo das principais plantas daninhas no milho é de 0,5 a 1,5 L ha⁻¹ (403 a 1,209 g i.a ha⁻¹) dependendo do estágio das plantas daninhas, podendo ser utilizado desde a emergência até 25 cm e/ou 4 ou 5 folhas do milho (Seab, 2016).

Tabela 3 - Fitointoxicação (%) e rendimento de massa seca (MS – gramas por vaso) do trevo branco (*Trifolium repens* L.) submetida à aplicação de herbicidas⁴ e doses no estágio fenológico de pleno florescimento.

Tratamentos	Dias após aplicação							MS
	7	14	21	28	35	42	49	
Controle	0,0 f	0,0 h	0,0 h	0,0 h	0,0 h	0,0 d	0,0 e	38,0 a
Gli ¹ 720	22,5 e	20,0 g	20,0 g	10,0 g	10,0 g	0,0 d	0,0 e	28,0 b
Gli 1440	40,0 c	30,0 f	30,0 f	20,0 f	10,0 g	2,5 d	2,5 e	24,7 c
Gli 2160	50,0 b	40,0 d	55,0 c	55,0 c	55,0 d	55,0 b	52,5 b	16,7 e
2,4-D ² 800	30,0 d	35,0 e	35,0 e	30,0 e	25,0 f	22,5 c	12,5 d	27,6 b
2,4-D 1600	40,0 c	47,5 c	40,0 d	40,0 d	40,0 e	30,0 c	22,5 d	23,8 c
2,4-D 2400	40,0 c	50,0 c	40,0 d	40,0 d	40,0 e	30,0 c	20,0 d	20,4 d
Par ³ 300	70,0 a	77,5 b	80,0 b	70,0 b	70,0 c	50,0 b	42,5 c	21,8 d
Par 600	70,0 a	87,5 a	87,5 a	82,5 a	82,5 b	80,0 a	80,0 a	3,1 f
Par 900	70,0 a	90,0 a	90,0 a	87,5 a	87,5 a	85,0 a	85,0 a	1,4 f
CV (%)	3,7	6,9	6,3	8,9	8,1	17,4	20,5	6,7

¹Forma contraída de glifosato nas doses de 540, 1080 e 1620 g i.a; ²Forma contraída de 2,4-D nas doses de 800, 1600 e 2400 g i.a; ³Forma contraída de Paraquat + Diuron nas doses de 300, 600 e 900 g i.a. Médias nas colunas seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05)

De forma geral, o trevo branco em final de ciclo, e/ou em fase reprodutiva apresentou alta seletividade aos herbicidas glifosato e 2,4-D. De acordo Oliveira Júnior et al. (2011), a relação fonte-dreno determina a direção, taxa, e

extensão do transporte de herbicidas que são móveis no floema e variam entre plantas, bem como fases fenológicas do ciclo de vida de uma mesma planta. Neste sentido, plantas de trevo em plena floração tendem a direcionar os herbicidas para as inflorescências, que são drenos mais fortes que as raízes, resultando em baixo índice de controle e/ou alto índice de rebrota.

Schuster (2014), avaliando a eficiência de controle do trevo branco na soja concluiu que a aplicação sequencial de glifosato em pós-emergência apresenta controle satisfatório do trevo branco (TB) em função da porcentagem de controle acima de 90%. O autor destaca que foi necessário, além da dessecação, mais duas aplicações de glifosato ($720 \text{ g i.a ha}^{-1}$) para o controle do trevo branco e ao fato de que deve rotacionar moléculas para evitar possíveis problemas futuros com resistência.

É difícil estimar a porcentagem de fitotoxicidade ideal a fim de permitir uma boa supressão do desenvolvimento do trevo para possíveis cultivos consorciados, permitindo ao mesmo tempo uma boa rebrota na próxima estação de crescimento. Estima-se, no entanto, que fitotoxicidade $> 50\%$, apresentada pelos herbicidas glifosato e 2,4-D sejam suficientes para suprimir o trevo branco e evitar possíveis perdas de rendimento do milho consorciado por matocompetição. Ainda, segundo Oliveira e Inoue (2011), é importante considerar que o efeito seletivo do herbicida é uma manifestação das complexas interações entre uma planta, o herbicida e o ambiente no qual a planta se desenvolve, sendo que situações a campo podem diferir, destacando-se o período entre a aplicação dos herbicidas e os diferentes estágios fenológicos do milho cultivado em consórcio.

Considerando os resultados da seletividade do trevo branco aos herbicidas no estágio de pleno desenvolvimento, optou-se por utilizar o herbicida glifosato ($1080 \text{ g i.a ha}^{-1}$) para supressão do trevo branco com 1 ciclo (estádios fenológicos similares) no experimento a campo, uma vez que se trata de um herbicida sistêmico, não seletivo a plantas daninhas e por ter apresentado supressão intermediária ao trevo branco.

De acordo com a Tabela 3, é possível observar que as doses necessárias para um controle aceitável ($>80\%$) do trevo estão bem acima das recomendações de bula para uso destes herbicidas. Por isso, no manejo de

supressão do trevo branco em plena floração e/ou com dois ciclos no experimento a campo, optou-se por aplicar os herbicidas de forma sequencial, como no caso do glifosato, aonde a dose de 2160 g i.a ha⁻¹ foi dividida em duas aplicações de 1080 g i.a ha⁻¹.

A adoção da aplicação sequencial de herbicidas vem se mostrando uma alternativa interessante para o controle de plantas daninhas, já que o parcelamento da dose acaba aumentando a seletividade dos herbicidas sobre as culturas (Oliveira Júnior et al., 2006) e aumenta a eficiência do controle. Ainda, a recomendação do herbicida Roundup^R Ready no milho para aplicação até 15 dias após a emergência é de 1,5 L ha⁻¹ (720 g L⁻¹ do equivalente ácido de glifosato), ou seja, as doses necessárias para supressão do trevo estão bem acima das recomendações de bula. Em casos específicos como este, recomenda-se a aplicação sequencial nas doses de 2,0 L ha⁻¹ na primeira aplicação, seguida de uma segunda na dose 1,5 L ha⁻¹, com intervalo de cerca de 15 dias entre as duas aplicações.

Ressalta-se também que os herbicidas avaliados podem ser utilizados no manejo de plantas daninhas e na supressão do trevo, dependendo do estágio fenológico e da especificidade das plantas daninhas existentes, seguindo normativa MAPA/IBAMA/ANVISA nº 1, de 23 de fevereiro de 2010.

4.2 EXPERIMENTO A CAMPO

4.2.1 Consórcio trevo branco + milho semeado em outubro (1ª época)

4.2.1.1 População de plantas

Em relação à população final de plantas (Figura 8), observa-se que houve interação significativa entre plantas de cobertura e doses de nitrogênio. Para o milho semeado sobre aveia e trevo branco de 1 ciclo produtivo, a população não diferiu entre as doses de N, apresentado média de 64.356 e 68.002 plantas por hectare. Já para o milho sobre trevo branco de dois anos roçado, a população aumentou linearmente (95 plantas por kg de N) conforme aumento das doses de

nitrogênio em decorrência da maior capacidade de desenvolvimento e arranque inicial do milho, que conseguiu superar a competição imposta pelo trevo branco.

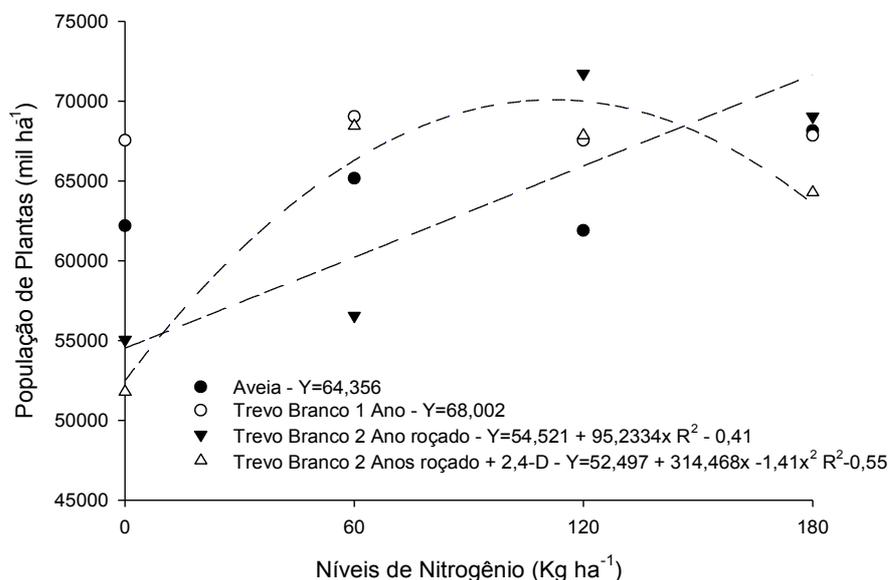


Figura 8 – População de plantas por hectare em função das doses de nitrogênio.

Ainda, o trevo utilizado apenas para cobertura do solo, pode afetar a plantabilidade da cultura sucessora por apresentar grande quantidade de biomassa, limitar a profundidade de deposição de sementes, resultando em falhas na população de plantas, comprometendo o potencial produtivo do milho (Trogello et al., 2013).

Para o trevo 2 anos roçado mais aplicação de 2,4-D a curva quadrática de ajuste para a população de milho pode ser explicada pela maior participação de plantas daninhas de folhas estreitas nestas parcelas, plantas estas que foram potencializadas como o aumento das doses de nitrogênio e acabaram por apresentar maior potencial de competição afetando a população final de plantas de milho. Nas parcelas apenas roçadas, o trevo branco apresentou maior capacidade de supressão de plantas daninhas como papuã e milhã o que permitiu uma maior população final de plantas.

4.2.1.2 Altura de plantas

A altura de plantas é uma característica genética influenciada pelo ambiente (Souza et al., 2003), pela população de plantas (Brachtvogel et al., 2012), e principalmente pela disponibilidade do nitrogênio no solo (Repke et al., 2013). É capaz de expressar o desenvolvimento das plantas, sendo que plantas mais altas, representam maior taxa de desenvolvimento, maior índice de área foliar e conseqüentemente maior capacidade fotossintética e potencial produtivo. Por outro lado, plantas mais baixas, demonstram que houve algum fator de interferência no seu desenvolvimento.

A altura das plantas de milho cultivado sobre aveia ou trevo branco com um ciclo de produção apresentou padrão de desenvolvimento similar, diferindo, no entanto, do milho cultivado sobre trevo de dois ciclos, que apresentaram altura inferior (Tabela 4).

Tabela 4 – Altura de plantas de milho (cm) aos 20 e 40 dias após emergência e altura final em função das diferentes plantas de cobertura.

Tratamento	Épocas de avaliação		
	Altura 20 DAE	Altura 40 DAE	Altura Final
Aveia + Gli ¹ (controle)	36,79 a	116,63 a	247,63 a
Trevo 1 Ano + Gli ¹	36,03 a	118,74 a	234,33 a
Trevo 2 Anos roçado	22,52 b	71,31 b	202,75 b
Trevo 2 Anos roçado + 2,4-D ²	21,82 b	69,71 b	200,02 b

¹² Forma contraída de Glifosato e 2,4-D na dose de 1.080 e 806 g i.a ha⁻¹ respectivamente. Médias nas colunas seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Dosséis de trevo bem estabelecidos, mesmo com roçada mecânica e/ou supressão do trevo com herbicida 2,4-D, acabaram afetando o desenvolvimento das plantas de milho, possivelmente explicada pela competição entre as espécies.

O trevo com 2 ciclos produtivos, por estar perenizado na área, com sistema radicular profundo, apresentou maior capacidade de competição com o milho por luz, nutrientes e água, afetando sua taxa de desenvolvimento. Esta afirmação pode ser confirmada pela produção e acúmulo de biomassa do trevo determinada ao final do período de avaliação, no momento da colheita do milho.

Zemenchik et al. (2000) estudando o consórcio milho + trevo também relataram menor desenvolvimento nas plantas de milho nos tratamentos em que o trevo foi apenas suprimido em relação ao tratamento no qual o trevo foi controlado. Para os autores, o peso total das plantas nos tratamentos com supressão em faixas, supressão em faixas + N, e apenas supressão foi 24, 20, e 44% menor do que o tratamento com dessecação do trevo, respectivamente.

Quando comparado os diferentes manejos entre trevo de dois anos, não houve diferença para a altura de plantas. Esperava-se menor competição no tratamento com a aplicação complementar de 2,4-D, dada a fito apresentada visualmente pelo efeito do herbicida sobre o desenvolvimento do trevo. Ocorre que, com a supressão do trevo, houve espaço para a ocorrência de outras plantas daninhas, como milhã (*Digitaria sanguinalis*) e papuã (*Uruchloa plantaginea*), que acabaram competindo com o milho.

Den Hollander et al. (2007) estudando a habilidade de supressão e capacidade competitiva de espécies de trevo com a cultura principal, relataram que o trevo branco oferece o melhor equilíbrio entre uma adequada supressão de plantas daninhas e uma suave redução da produtividade, embora com o uso desta espécie, a redução em peso seco da cultura principal foi de 60%. Martin et al. (1999) também relataram atraso na emergência e desenvolvimento das plantas de milho em cultivo consorciado com trevo.

A altura de planta também é influenciada pela disponibilidade de nitrogênio no solo. Segundo Ding et al. (2005), a deficiência de N retarda a divisão e expansão celular nos pontos de crescimento do milho, resultando em redução na área foliar e no tamanho da planta, com reflexos negativos sobre o processo fotossintético e a produção de grãos.

A altura de plantas não diferiu aos 20 dias após a emergência (DAE), possivelmente explicada devido o curto espaço de tempo entre a aplicação do

nitrogênio e a avaliação, apresentando uma altura média de 26,9 cm. Para a avaliação realizada aos 40 dias após emergência (DAE) e para a altura final, houve diferença, com resposta linear as doses de N aplicadas. A diferença entre o tratamento controle (sem N) e a maior dose (180 kg de N ha⁻¹) aos 40 DAE e para a altura final foi de 30 e 54 cm, respectivamente (Figura 9).

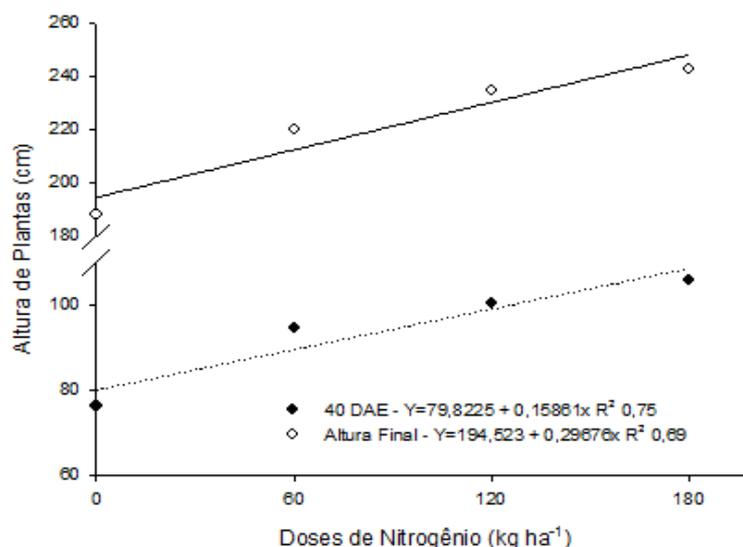


Figura 9 - Altura de plantas de milho (cm) avaliadas aos 20 e 40 dias após emergência (DAE) e altura final das plantas (cm) em função de diferentes doses de nitrogênio.

Segundo Fancelli & Dourado Neto (2000), as plantas de milho têm seu potencial produtivo definido desde a fase inicial de desenvolvimento. Os autores afirmam que o número de fileiras da espiga de milho é definido entre os estádios V4 a V7 enquanto que o número de grãos por fileira é definido entre V7 a VT. Aos 40 DAE o milho já apresentava-se em estágio fenológico superior a V7, e as diferenças de altura entre os níveis de N aumentaram com o passar do ciclo, demonstrando as diferenças de desenvolvimento das plantas entre os tratamentos.

A variável altura demonstra o desenvolvimento das plantas e ajuda a explicar as diferenças observadas entre os componentes de rendimento, como número de fileiras e grãos por fileira, interferindo diretamente sobre o potencial produtivo. Quanto maior a altura, melhor o desenvolvimento da planta e conseqüentemente maior o seu potencial de diferir maior número de fileiras e grãos por fileira.

4.2.1.3 Componentes de rendimento do milho

De forma similar ao efeito dos tratamentos sobre a altura das plantas, as doses de nitrogênio também afetaram de forma significativa os componentes de rendimento (Figura 10).

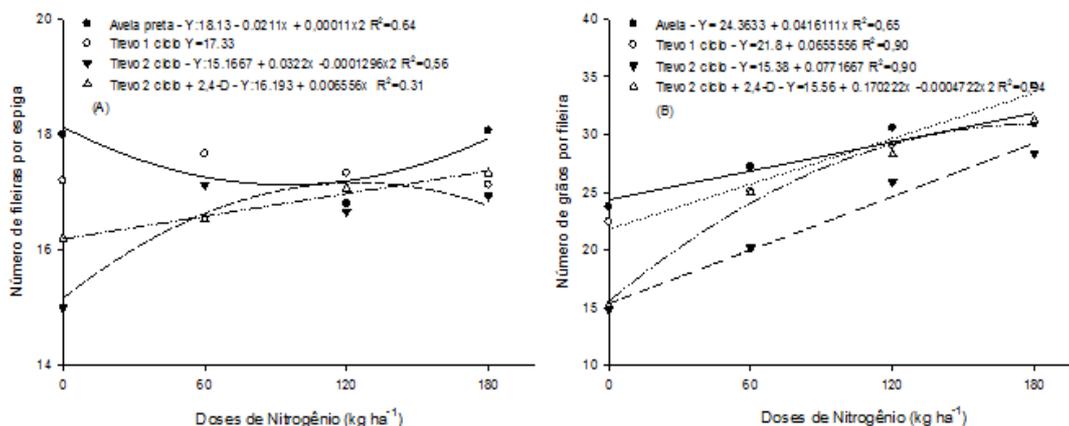


Figura 10 – Número de fileiras por espiga (A) e número de grãos por fileira (B), submetida a quatro doses de nitrogênio.

Yamada (1996) relata que a deficiência de N na fase inicial de milho compromete o desenvolvimento de várias partes da planta e reduz o número de óvulo da espiga, reduzindo assim a produção. Ainda, de acordo com Pöttker & Wiethölter, (2004), quando não limitada por outros fatores, a maior disponibilidade de N aumenta o potencial da planta em definir maior número e massa de grãos por espiga.

Palhares (2003) estudando a correlação entre caracteres morfológicos da espiga (comprimento da espiga, número de grãos por fileira e número de fileiras por espiga) e planta (altura da planta, diâmetro do colmo) com o rendimento de grãos observou que todas as correlações foram positivas.

Balbinot Júnior et al. (2005) observaram que o número de grãos por fileira foi o componente que apresentou a maior correlação (0,586) com o rendimento do milho e, quando utilizaram duas variáveis no modelo, os componentes número de grãos/fileira e número de fileiras/espiga explicaram 47% das variações de produtividade de grãos.

Para o número de grãos por espiga (Figura 11), houve interação entre plantas de cobertura e doses de nitrogênio. O milho cultivado sobre aveia e trevo de 1 ciclo apresentou incremento linear de 0,71 e 1,10 grãos de milho por espiga por kg de N aplicado. Isto representa uma variação de 129 e 198 grãos por espiga a mais entre o controle e o tratamento com 180 kg N ha⁻¹. Por outro lado, o número de grãos por espigas nos tratamentos com trevo de 2 ciclos produtivos apresentou efeito quadrático, possivelmente limitado pelo número de fileiras por espiga e grãos por fileiras.

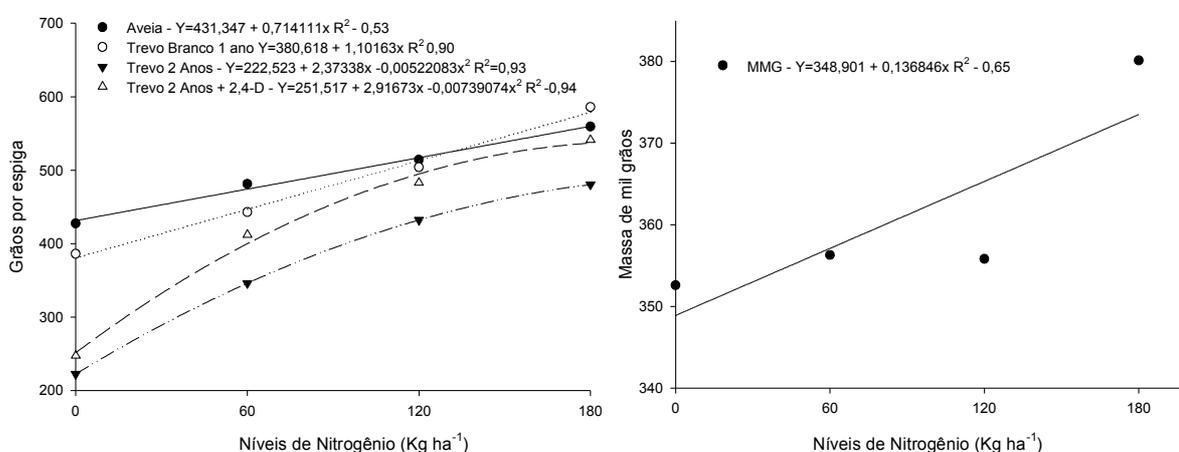


Figura 11 – Número de grãos por espiga (A) e massa de mil grãos (B), submetida a quatro doses de nitrogênio.

Outro parâmetro importante é a massa de mil grãos (MMG), haja vista que é possível obter, a partir de um mesmo número de óvulos fecundados, maior produtividade apenas com o aumento das reservas acumuladas nos grãos (Silva et al., 2006). Para a MMG, não houve interação significativa entre plantas de cobertura versus doses de nitrogênio e também não houve efeito das diferentes plantas de cobertura, com valor médio de 361 g. Entretanto, a MMG aumentou de forma linear com a adubação nitrogenada (Figura 9B).

Oliveira & Caires (2003) também verificaram que o aumento das doses de N (0 a 120 kg ha⁻¹) aumentou linearmente o número de grãos por espiga ($\hat{Y}=501,5 + 0,26x$), a massa de 1.000 grãos ($\hat{Y}=356,0 + 0,20x$) e a produtividade do milho ($\hat{Y}=6595,00 + 15,59x$). De acordo com Dourado Neto et al. (2004), maiores doses de nitrogênio mantiveram a atividade fotossintética por um período mais prolongado, o que resultou no maior acúmulo de reservas nos grãos. Isso se deve principalmente

ao fato do nitrogênio participar na molécula de clorofila, indispensável para a manutenção da atividade fotossintética (Basi et al., 2011). De acordo com Meira et al. (2009) plantas com maior teor de N proporcionaram maior crescimento, desenvolvimento e maior índice de área foliar, conferindo maior síntese de carboidratos pela fotossíntese, aspectos estes que refletem em maior massa de mil grãos e rendimento final.

Amaral Filho et al. (2005) verificaram que o aumento nas doses de nitrogênio de zero para 150 kg ha⁻¹ proporcionou maior número de grãos por espiga e massa de mil grãos com efeitos positivos na produtividade de grãos. Zimmermann (2001), trabalhando com cultivares de milho em plantio direto e sob irrigação, com população de 65.741 plantas ha⁻¹, relataram ter encontrado 450 grãos por espiga e uma massa de mil grãos de 310,68 gramas.

4.2.1.4 Produtividade de grãos de milho

Verificou-se acréscimo linear com o aumento das doses de nitrogênio. O milho cultivado sobre aveia e trevo branco com 1 ciclo apresentou produtividade de 6.744 e 7.116 kg ha⁻¹, respectivamente, no tratamento sem nitrogênio, e aumentaram 30,9 e 28,18 kg de grão por kg de N aplicado atingindo produtividades de 12.223 e 12.062 kg ha⁻¹ ou ainda, 45 e 41% superior ao tratamento sem nitrogênio (Figura 12).

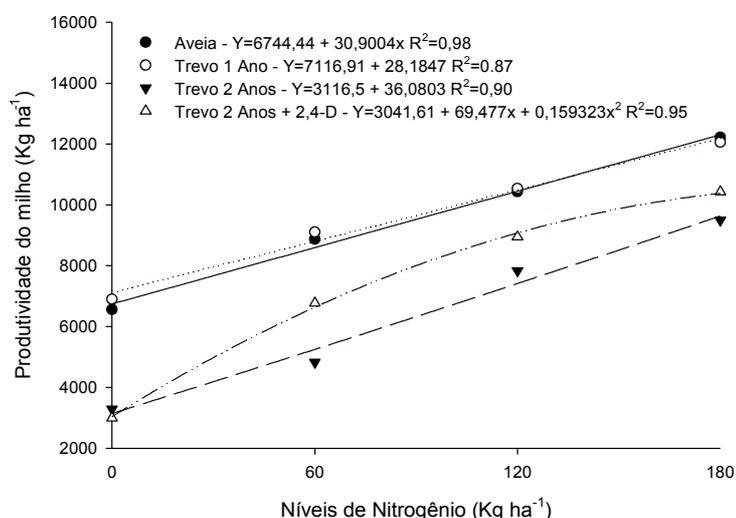


Figura 12 – Produtividade de grãos de milho (kg ha⁻¹) em função das doses de nitrogênio

Para Oliveira & Caires (2003), o aumento médio na produção foi de 15,59 kg de grãos por kg de N aplicado em cobertura para o nível de 120 kg N ha⁻¹.

Silva et al. (2007) estudando o cultivo do milho em sucessão a ervilhaca comum relataram que a adubação nitrogenada aplicada em cobertura na cultura do milho incrementa o rendimento de grãos. Na média dos tratamentos com ervilhaca comum, como cultura antecessora, o rendimento de grãos de milho foi 75% superior com aplicação de 70 kg de N ha⁻¹ (7,7 t ha⁻¹) em relação aos tratamentos sem aplicação de N (4,4 t ha⁻¹).

De acordo com Sangoi & Almeida (1994), a necessidade de absorção de N para produção de uma tonelada de milho varia de 20 a 28 kg ha⁻¹. Assim considerando uma produtividade de 7,0 t, seria necessário uma absorção de 140 kg de N ha⁻¹. Esta produtividade pode ser explicada pela elevada capacidade do solo em fornecer N para as plantas, pela liberação de N dos resíduos vegetais, bem como pelas adequadas condições climáticas (precipitação de 1680 mm de setembro a março) durante o ciclo da cultura (Figura 3).

Assmann et al. (2007), relatam que durante o período de cultivo do milho, as parcelas contendo resíduo de trevo apresentaram maiores teores de nitrato na profundidade de 0-5 cm em comparação àquelas cultivadas anteriormente com aveia, indicando que a cultura de milho encontraria melhor suprimento de nitrogênio, em decorrência do cultivo anterior de trevos pastejados.

Fisher e Burrill (1993) semearam milho em diferentes densidades e arranjos de plantas sobre trevo, tendo previamente removido o solo em faixas para plantio do milho. A interferência do trevo reduziu a produção de milho de 12 a 39%. No entanto, quando a largura de entrelinha de milho foi reduzida de 0,76 para 0,38 m, a competição entre as plantas de milho diminuiu, estas se tornaram mais vigorosas e apresentaram maior efeito supressivo sobre o trevo, alcançando rendimentos até mesmo maiores que o milho convencional (sem cobertura) em espaçamento de 0,76 m linhas. Os autores destacam que o espaçamento menor do milho é uma alternativa de baixo custo capaz de causar a supressão do trevo durante o consórcio e, assim, minimizar a concorrência do trevo com o milho consorciado.

O milho cultivado sobre trevo branco com 2 ciclos, roçado e roçado + 2,4-D apresentou produtividade de 3.116 e 3.041 kg ha⁻¹ no tratamento sem nitrogênio. Estes valores ficaram bem abaixo dos tratamentos milho sobre aveia e milho sobre trevo de 1 ciclo produtivo, reflexo da competição interespecífica por luz, água e nutrientes conforme relatam Ijoyah & Fanen (2012). No caso do trevo suprimido com 2,4-D, houve a ocorrência de maior número de plantas daninhas de folhas estreitas (papuã e milhã), que acabaram afetando o rendimento do milho.

Apesar da produtividade no tratamento sem N ser baixa, houve uma resposta linear em produtividade conforme as doses de N aumentaram chegando a ser quadrática para o tratamento com 2,4-D, possivelmente explicada pelo menor número de plantas por hectare, grãos por espiga e espigas por área neste tratamento.

Martin et al. (1999) avaliando diferentes métodos de supressão do trevo branco em cultivo consorciado com milho, relataram reduções de produtividade entre 39 a 72% em relação a testemunha. O tratamento controle (aração e gradagem do trevo + controle químico) produziu 11.583 kg ha⁻¹ de milho, enquanto o tratamento com supressão via uso de atrazina (1,5 kg i.a. ha⁻¹) e glifosato (1,1 kg i.a ha⁻¹) em faixas de 30 cm (60% da área) produziu 6.844 kg ha⁻¹. Além disso, a produtividade do milho foi maior no tratamento com 115 kg N ha⁻¹ em relação ao tratamento com 0 kg N ha⁻¹.

4.2.1.5 Produtividade de biomassa do trevo branco e aveia

Em relação à biomassa das culturas de cobertura, aos 30 dias anteriores à semeadura de milho, no dia da semeadura de milho (24/10/14) e colheita de milho (25/04/2015), o valor médio de matéria seca de aveia entre as doses de nitrogênio foi de 7.230, 6.540 e 3.124 kg ha⁻¹, respectivamente. No mesmo período, a biomassa seca do trevo com 1 ciclo foi de 880 (14% de MS), 540 e 1,424 kg ha⁻¹. Essa biomassa aumentou para 2.850 kg ha⁻¹ em 31 de julho de 2015, 98 dias após a colheita do milho apresentando potencial de perenização no sistema de produção e uso como planta forrageira para produção animal.

Importante destacar também, que nesta fase não ocorreu mais problemas de competição com plantas daninhas, sendo que o trevo branco apresentava 100% de cobertura do solo.

Este resultado demonstra que apesar da necessidade de aplicação de nitrogênio no milho quando cultivado em consórcio com o trevo, no momento da colheita do milho, este se apresenta já estabelecido e em pleno desenvolvimento, promovendo cobertura do solo, supressão de plantas daninhas, fixação biológica de nitrogênio e ofertando forragem de qualidade em um momento do ano, no qual as espécies de verão estão improdutivas e as de inverno ainda em fase de estabelecimento e ou desenvolvimento inicial (Figura 13).



Figura 13 – Milho semeado sobre resteva de aveia preta (A) e sobre o trevo branco de 1 ciclo vegetativo (B) no momento da colheita do milho.

O trevo branco com 2 ciclos produtivos roçado e roçado + 2,4-D, apresentou valor médio de matéria seca, entre as doses de nitrogênio, no momento da semeadura, de 3.220 kg ha⁻¹ e no momento da colheita do milho de 2.916 e 1.993 kg ha⁻¹ respectivamente, diferindo entre si e sendo superior ao trevo de 1 ciclo produtivo. Em 31 de julho de 2015, 98 dias após a colheita do milho, os níveis médios de biomassa para ambos os tratamentos foram de 4.600 kg ha⁻¹. Importante enfatizar que apenas a biomassa viva foi coletada e que havia uma boa quantidade de biomassa morta na parte de baixo das plantas.

Este maior valor de forragem é contrabalanceado pelo menor rendimento do milho, que foi 44 e 42% inferior ao milho sobre trevo branco de 1

ciclo, respectivamente, para o tratamento sem nitrogênio e 21 e 15% inferior para o tratamento com 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Esses resultados demonstram a grande capacidade de competição do trevo quando em consórcio com o milho e enfatizam a necessidade de maior supressão com uso de doses mais altas ou outros herbicidas a fim de favorecer o desenvolvimento e rendimento do milho. É possível observar também, que com uma adequada supressão, o trevo branco de 1 ciclo pode ser manejado em cultivo consorciado com milho sem afetar a produtividade de grãos, com capacidade de retomar seu desenvolvimento na próxima estação de crescimento. Conclui-se afirmando que se faz necessário um correto monitoramento e manejo do trevo branco a fim de se manter um alto rendimento em sistemas de consórcio uma vez que os rendimentos de milho foram afetados pelo tratamento com trevo de dois anos.

4.2.2 Consórcio trevo branco + milho semeado em novembro (2^a época)

4.2.2.1 População de plantas

Houve diferença para a população de plantas entre as estratégias de manejo do trevo branco, sendo que o tratamento Gli + Gli se destacou diferindo do tratamento Gli + 2,4-D (Tabela 5).

Tabela 5 – População final de plantas de milho por hectare (POP) em consórcio com trevo branco submetido a diferentes manejos com herbicidas.

Tratamentos	POP
Gli + 2,4-D ¹	54,982 b
Gram + 2,4-D ²	57,589 ab
Gli + Gli ³	61,455 a

¹Glifosato e 2,4-D (1080 + 806 g i.a); ²Gramocil e 2,4-D (300 + 806 g i.a) aplicado sequencialmente sete dias antes e 15 dias após a semeadura do milho e ³glifosato + glifosato (1.080 + 1.080 g i.a) aplicado sequencialmente 21 dias antes e 15 dias após a semeadura do milho. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05)

Comparando o manejo Gli + Gli com os demais no tratamento sem N, observa-se uma população de 9.790 plantas a mais por hectare, sendo este fator um dos responsáveis pela diferença de 1.644 kg de grão ha^{-1} . Como no tratamento com Gli + Gli a dessecação ocorreu antes, a plantabilidade foi favorecida e a densidade de plantas foi superior aos demais tratamentos.

O maior espectro de ação do glifosato sobre as plantas daninhas resultou em um melhor controle de plantas de milhã (*Digitaria horizontalis*) que acabaram aparecendo nas parcelas do tratamento com 2,4-D, fato este que pode ter ajudado a maximizar a diferença entre estes tratamentos.

Para as estratégias de manejo do trevo Gli + 2,4-D, a população apresentou resposta linear a medida que as doses de N aumentaram. Para as demais estratégias, houve resposta quadrática em função das doses de N (Figura 14).

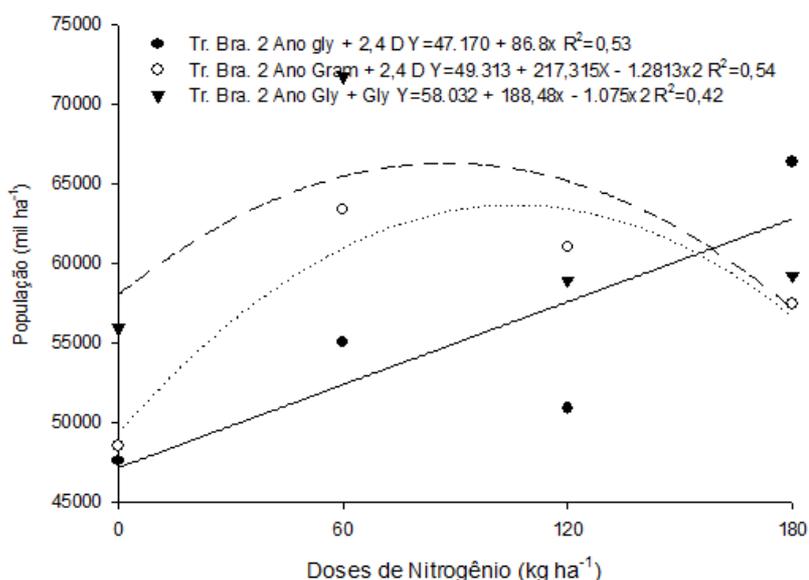


Figura 14 – População de plantas de milho (mil ha^{-1}) em função das doses de nitrogênio

A menor densidade de plantas nas menores doses de N é explicada pela capacidade de competição do trevo, que acaba suprimindo as plantas de milho. Do mesmo modo, o trevo utilizado apenas para cobertura do solo pode afetar a plantabilidade da cultura sucessora por apresentar grande quantidade de biomassa,

limitar a profundidade de deposição de sementes, resultando em falhas no estande de plantas, comprometendo o potencial produtivo do milho (Trogello et al., 2013).

4.2.2.2 Altura de plantas

Para a altura de plantas, não houve interação significativa entre manejos com herbicidas e doses de nitrogênio. No entanto, houve efeito significativo do manejo de herbicidas impostos sobre o trevo branco, tendo as plantas de milho no tratamento sequencial com Gli + Gli apresentado maior altura aos 20 e 40 DAE e altura final (Tabela 6).

Tabela 6 – Altura de plantas de milho (cm) em consórcio com trevo branco (*Trifolium repens* L.) em função dos diferentes manejos com herbicidas.

Tratamentos	Épocas de avaliação da altura		
	Altura 20 DAE	Altura 40 DAE	Altura Final
Glifosato + 2,4-D	38,08 b	111,8 b	258,6 b
Gramocil + 2,4-D	37,42 b	112,9 b	261,7 b
Glifosato + Glifosato	39,63 a	120,1 a	283,9 a

¹Glifosato e 2,4-D (1080 + 806 g i.a); ²Gramocil e 2,4-D (300 + 806 g i.a) aplicado sequencialmente sete dias antes e 15 dias após a semeadura do milho e ³glifosato + glifosato (1.080 + 1.080 g i.a) aplicado sequencialmente 21 dias antes e 15 dias após a semeadura do milho. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05)

De acordo com Kozlowski, (2002), o período crítico de prevenção da interferência de plantas daninhas em milho ocorre entre os estádios fenológicos V2 e V7. Assim, a maior altura das plantas pode ser traduzida em arranque inicial mais rápido ou ainda, maior desenvolvimento, o que reflete em um período crítico de competição menor, maior capacidade de competição por recursos do meio e conseqüentemente maior potencial de rendimento.

Zemenchik et al. (2000) estudando o consórcio milho + trevo relataram menor desenvolvimento nas plantas de milho nos tratamentos em que o trevo foi

suprimido com aplicação de 1,7 kg i.a ha⁻¹ de glifosato em relação ao tratamento com 3,4 kg i.a ha⁻¹ de glifosato. O peso total das plantas nos tratamentos sem supressão foi 44% menor do que o tratamento com maior dose de glifosato. De acordo com Thole (2007), características agrônômicas, tais como aplicação de fertilizantes, época de semeadura e quantidade de biomassa das plantas de cobertura são determinantes fundamentais da concorrência entre as culturas consorciadas.

As doses de N também afetaram o desenvolvimento das plantas de milho (Figura 15). A altura das plantas aos 20 dias após a emergência e a altura final apresentou curva linear com o aumento das doses de N. As plantas podem ter chegado ao seu máximo potencial genético, não conseguindo responder em incremento de altura, no entanto, continuaram respondendo as doses de N com o passar do ciclo, uma vez que a altura final apresentou resposta linear as doses de N.

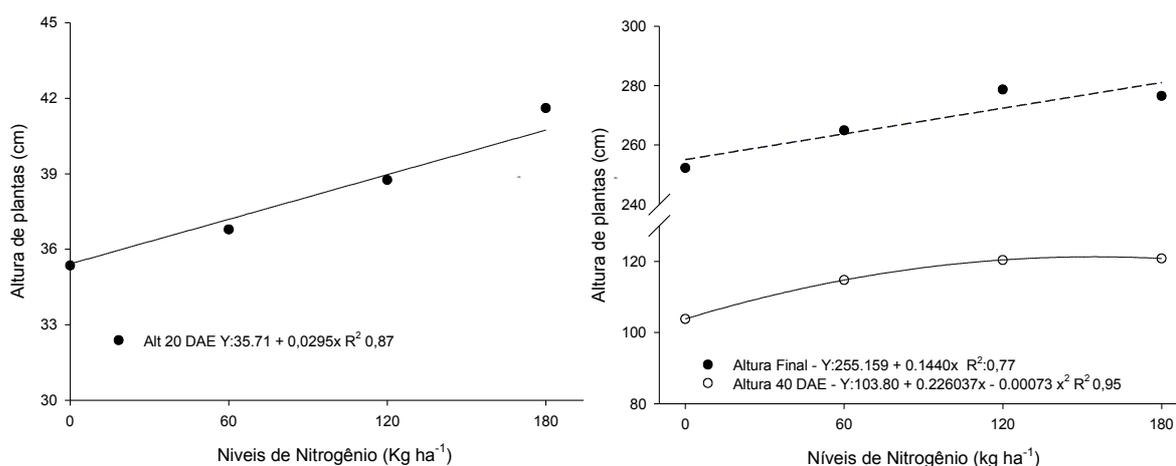


Figura 15 - Altura de plantas de milho (cm) avaliadas aos 20 e 40 dias após emergência e altura final de plantas em função de diferentes doses de nitrogênio.

Ainda, de acordo com Adesoji et al. (2013), o uso de nitrogênio em milho aumenta a divisão celular, a expansão das células e o tamanho de todas as suas partes morfológicas, o que resulta em maior crescimento e rendimento de grãos. Lana et al. (2009) avaliando a aplicação de doses crescentes (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) de nitrogênio em cobertura no milho, relataram incremento linear na altura de plantas, altura de inserção da espiga e massa de 100 grãos.

4.2.2.3 Componentes de rendimento e produtividade de grãos

Os componentes de rendimento do milho, número de fileiras, grãos por fileira, grãos por espiga, MMG e produtividade foram influenciadas pelos diferentes manejos do trevo branco, bem como pelas doses de nitrogênio, com exceção do número de fileiras por espiga, que apresentou valor médio de 18,17 fileiras por espiga (Figura 7).

Tabela 7 - Componentes de rendimento de milho: número de fileiras (NF), número de grão por fileira (GF), grãos por espiga (GE), massa de mil grãos (MMG), população (POP) final (plantas ha⁻¹) produtividade (PROD) de milho (kg ha⁻¹) em consórcio com trevo branco submetido a diferentes manejos com herbicidas.

Tratamento	NF	GF	GE	MMG	PROD
Gli + 2,4-D ¹	18,28 b	29,4 b	537,2 b	384,5 b	9.470 b
Gram + 2,4-D ²	18,68 a	30,4 b	567,8 ab	409,8 a	9.898 b
Gli + Gli ³	17,55 c	33,2 a	582,1 a	410,5 a	11.013 a

¹Glifosato e 2,4-D (1080 + 806 g i.a); ²Gramocil e 2,4-D (300 + 806 g i.a) aplicado sequencialmente sete dias antes e 15 dias após a semeadura do milho e ³glifosato + glifosato (1.080 + 1.080 g i.a) aplicado sequencialmente 21 dias antes e 15 dias após a semeadura do milho. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05)

O milho cultivado sobre trevo branco manejado com glifosato + glifosato (Gli + Gli) apresentou maior produtividade, valor este respaldado pelos seus componentes de rendimento. Importante destacar também que o maior intervalo de tempo entre a aplicação do herbicida e a semeadura do milho pode ter auxiliado este tratamento a se destacar diante dos demais.

Os componentes de rendimento grãos por fileira, grãos por espiga e massa de mil grãos apresentaram resposta linear as doses de nitrogênio. A diferença entre número de grãos por espiga e massa de mil grãos entre o tratamento

sem nitrogênio e com 180 kg de N ha⁻¹ foi de 95 grãos e 50 gramas respectivamente, influenciando diretamente o rendimento de grãos de milho (Figura 16).

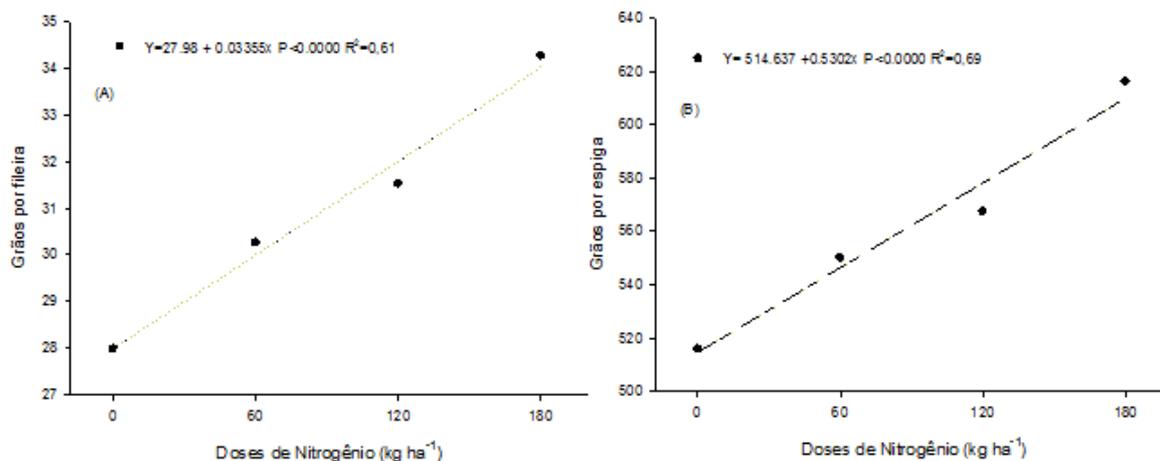


Figura 16 – Número de grãos por fileiras (A) e grãos por espiga (B), submetida a quatro doses de nitrogênio.

Mohammadi et al. (2003) verificaram que o número de grãos por espiga e a massa de mil grãos foram os componentes mais importantes na predição do rendimento de grãos. O maior número de grãos por espiga é reflexo da maior translocação de açúcar e amido para o grão em função da adubação nitrogenada. Por outro lado, a menor disponibilidade de N resulta em fraco desenvolvimento e reduzida translocação de fotossintatos para os drenos, o que pode provocar abortamento nos grãos da ponta da espiga e menor peso de mil grãos (Rahman et al. 2016). Ainda, sob condições de falta de nitrogênio, pode haver grandes chances de floração assíncrona e infertilidade dos grãos, reduzindo assim o número de grãos por espiga (Rahman et al. 2016).

Mesmo tendo observado efeito linear dos componentes de rendimento em função das doses de nitrogênio, a obtenção do maior número de grãos por área é função da população de plantas e do número de espigas encontradas por planta (prolificidade). Ou seja, o rendimento de grãos de milho é determinado, principalmente, pelo número de grãos por m² que é função da população de plantas, e, em menor escala, pela massa de mil grãos (Lopes et al., 2007).

Assim, o manejo do trevo com herbicidas de forma antecipada (21 dias) a semeadura do milho melhora a plantabilidade e reduz competição, favorecendo o desenvolvimento das planta de milho, o que naturalmente resulta na expressão de

maior numero de grãos por metro quadrado, resultado direto dos componentes de rendimento.

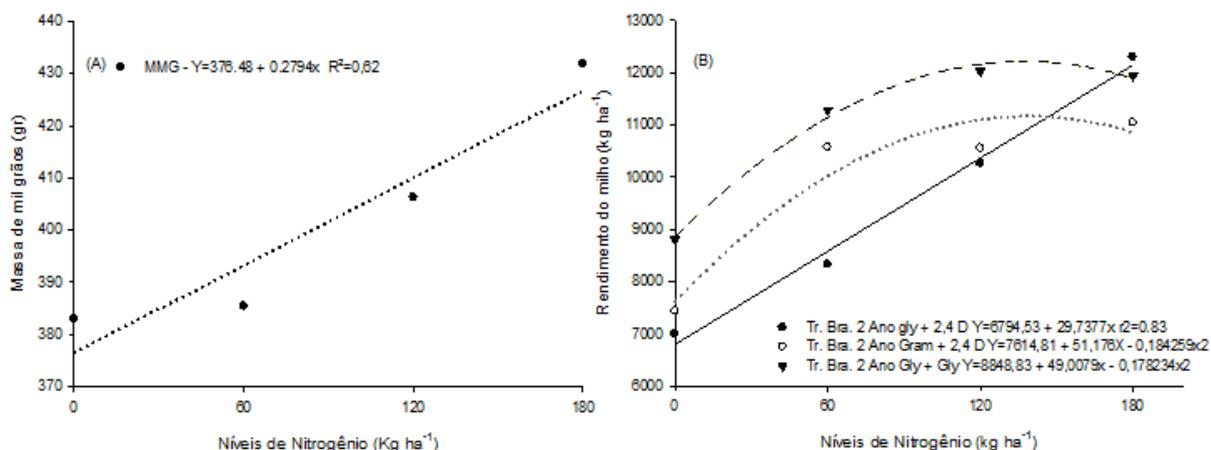


Figura 17 - Massa de mil grãos (A) e rendimento de grãos (B) em função de doses de nitrogênio

4.2.2.4 Biomassa do trevo branco

Em relação a biomassa seca de trevo, no momento da primeira aplicação dos herbicidas e na colheita do milho (25/04/2015), o trevo branco, nos tratamentos: gramocil + 2,4-D (300 + 806 g i.a); glifosato + 2,4-D (1080 + 806 g i.a) e glifosato + glifosato (1080 + 1080 g i.a) apresentou valores médios entre as doses de nitrogênio, de 3.445, 3.465, 3.716 e 710, 750 e 372 kg ha⁻¹ respectivamente (Figura 16). Em 31 de julho (98 dias após a colheita do milho), os níveis médios de biomassa para os mesmos tratamentos foram de 1.230, 1.050 e 872 kg ha⁻¹, respectivamente. Plantas de trevo branco estavam presentes em mais de 60% da área.

A redução da biomassa mostra o efeito dos herbicidas sobre o trevo. Neste sistema de consórcio, é difícil conseguir um equilíbrio entre a supressão do trevo e a redução da competição com o milho e uma grande quantidade de biomassa do trevo no final do ciclo do milho. Existe uma relação inversa entre estes fatores. Entretanto, observa-se que é possível consorciar trevo branco sem afetar o rendimento do milho permitindo a sua perenização, entretanto, para tal, se faz necessário do manejo complementar com herbicidas e a aplicação de nitrogênio em cobertura.



Figura 18 – Biomassa de trevo branco no tratamento glifosato + glifosato no dia da colheita do milho e 98 dias após.

Zemenchik et al (2000) avaliando diferentes estratégias de manejo de *Trifolium ambiguum* em cultivo consorciado com milho também relata interferência da dose de glifosato sobre a capacidade de supressão do trevo. A produtividade do milho foi de 11,1 e 7,6 t ha⁻¹ respectivamente para o tratamento com 3,4 e 1,7 kg i.a ha⁻¹ de glifosato. Os autores destacam que a baixa temperatura atrasou o desenvolvimento inicial do milho e permitiu que o trevo se recuperasse, aumentando assim o seu potencial de competição. Enfatizam, porém, que o trevo pode ser manejado como uma cobertura viva no milho com plena recuperação da produção total dentro de 12 meses sem a necessidade de replantio.

5 CONCLUSÕES

A fitotoxicidade dos herbicidas varia em função da dose, do tempo após aplicação e do estágio fenológico do trevo branco.

O herbicida imazetapir se destacou como o mais seletivo ao trevo branco enquanto o herbicida paraquat + diuron foi o mais fitotóxico.

O consórcio trevo branco de 1 ciclo + milho não afeta o rendimento de grãos em relação ao milho cultivado sobre aveia preta e permite a perenização da pastagem de trevo branco.

O consórcio trevo branco perenizado + milho apresentou maior dificuldade de supressão e conseqüentemente maior competição, resultando em menor produtividade do milho. A aplicação sequencial de glifosato resultou em melhor supressão do trevo em comparação aos outros herbicidas, apresentando maior produtividade do milho.

A aplicação de doses crescentes de nitrogênio em cobertura proporciona incremento na altura de plantas, no número de grãos por fileira, grãos por espiga e massa de mil grãos, sendo que estes parâmetros são otimizados quando o trevo é suprimido com a aplicação de herbicidas.

O trevo branco pode se tornar perene por apresentar plena recuperação do seu crescimento na próxima estação de crescimento, sem a necessidade de replantio.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A saída do professor parceiro do IFPR e a mudança de local de trabalho (Palmas – Dois Vizinhos) dificultou a repetição do experimento no tempo e a continuidade do projeto (+ 200 km), sendo que este fator dificultou a publicação dos resultados.

Pela dificuldade de se realizar pastejo nas áreas, o trevo foi utilizado apenas como planta de cobertura. Nesse sentido, destaca-se que melhores resultados poderiam ter sido obtido caso o trevo tivesse sido pastejado devido a maior possibilidade de produção de biomassa e ciclagem de nutrientes.

O trevo branco de 1 ciclo produtivo em consórcio com o milho contribui pouco em termos de kg de N ha⁻¹, de tal forma que a produtividade do milho foi similar ao tratamento cultivado sobre aveia preta. No entanto, a menor produção de biomassa facilitou o consórcio (menor competição) e possibilitou uma melhor perenização do trevo branco.

Por outro lado, nos tratamentos com trevo branco de 2 ciclos produtivos, houve uma maior contribuição do trevo em termos de FBN, porém, a maior competição afetou a produtividade do milho, sendo que este sistema, demanda doses maiores de herbicidas e dificultam o consórcio, podendo afetar a perenização do trevo no sistema produtivo.

Espero que esta singela contribuição a ciência sirva de informação e possibilite o avanço do cultivo trevo branco em consórcio com milho uma vez que se mostrou promissora no sentido de reduzir custos de produção, possibilitando uma agricultura mais conservacionista em função da possibilidade de perenização do trevo branco.

Sugere-se como estudos correlatos a este, avaliar épocas de semeadura do milho e a recuperação do trevo em períodos mais prolongados. Sugere-se também entender melhor a dinâmica de período entre aplicação dos herbicidas e semeadura do milho, bem como a melhor época para semeadura do milho.

O nascimento do Davi e a Laura durante o período limitou a disponibilidade de tempo dedicado a tese, no entanto, alegraram meus dias e me deram força para encerrar mais esta etapa da vida.

Fez-se menos do que gostaria e mais do que foi possível.

REFERÊNCIAS

- ADESOJI, A. G.; ABUBAKAR, I. U.; TANIMU, B.; LABE, D. A. Influence of Incorporated short duration legume fallow and nitrogen on maize (*Zea mays* L.) growth and development in northern guinea savannah of Nigeria. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v.13, p.58-67, 2013.
- ALVARENGA, D.A.; REZENDE, P.M.; ANDRADE, M.J.B.De.; ANDRADE, L.A.De.B. Consórcio soja-milho. V. Efeito de sistemas de consórcio e de semeadura do milho. **Ciência Rural**. v. 28, p.199-204. 1998.
- AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 467-473, 2005.
- ANDRADE, F.H.; ABBATE, P. E. Response of maize and soybean to variability in stand uniformity. **Agronomy Journal**. v.97, p.1263-1269. 2005.
- ARCHER, K. A.; ROBINSON, G. G. The role of stolons and seedlings in the persistence and production of white clover (*Trifolium repens* L. cv. Huia) in temperate pastures on the Northern Tablelands. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 40, p.605-616. 1995. DOI: 10.1071/AR9890605
- ASSMANN, T. S.; ASSMANN, A. L.; SOARES, A. B.; CASSOL, L. C.; GIASSON, M. S.; GIASSON, N. F. Fixação biológica de nitrogênio por plantas de trevo (*Trifolium* spp) em sistema de integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1435-1442, 2007.
- AYRES, J. F.; CRADUS, J.R.; MURISON, R. D.; LANE, L.A.; WOODFIELD, D. R. Grasslands Trophy - a new white clover (*Trifolium repens* L.) cultivar with tolerance of summer moisture stress. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 47, p.110-115, 2007.
- BALBINOT JUNIOR, A.A.; BACKES, R. L.; ALVES, A. C.; OGLIARI, J. B.; FONSECA, J. A. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n.2, p.161-166, 2005.
- BASI, S.; NEUMANN, M. MARAFON, F.; UENO, R. K.; SANDINI, I. E. Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, p.219-234, 2011.

BEDMAR, F.; MANETTI, P.; MONTERUBBIANESI, G. Determination of the critical period of weed control in corn using a thermal basis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 4, p.188-193, 1999.

BELEL, M. D.; HALIM, R. A.; RAFII, M. Y.; SAUD, H. M. Intercropping of Corn With Some Selected Legumes for Improved Forage Production: A Review. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, p.1-15, 2014.

BRACHTVOGEL, E. L. B.; PEREIRA, F. R. S.; CRUZ, S. C. S; ABREU, M. L. A. BICUDO, S. J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, p.68-75, 2012.

CARADUS, J.R.; WOODFIELD, D.R.; STEWART, A.V. Overview and vision for white clover. *White clover: New Zealand's Competitive Edge. Agronomy Society of New Zealand Special Publication 11/ New Zealand Grassland Association, Grasslands Research and Practice Series*. v. 6: 1-6. 1996.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.122, p.12-14, 2008.

CARVALHO, P.C. de F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A. de; SOUZA, E.D. de; SULC, R.M.; LANG, C.R.; FLORES, J.P.; LOPES, M.L.T.; SILVA, J.L. da; CONTE, O.; WESP, C. de L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, C.B. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, p.259-273, 2010.

CEBALLOS, R.; PALMA, G.; BREVIS, H.; ORTEGA, F.; QUIROZ, A. Effect of five postemergence herbicides on red clover shoot and root growth in greenhouse studies. **Phytoprotection**, v. 85, p.153-160, 2004.

CLARK, S. A. **Herbicide Effects On White Clover Growth and Nodulation**. Thesis. 1987. p. 206.

CONSELHO NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - 5º Levantamento de Safra 2017/18, v. 5, fevereiro 2018**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_02_08_17. Acesso em: 18 fev. 2018.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; KAJIHARA, L. H.; ARANTES, J. G. Z. de; CAVALIERI, S. D.; ALONSO, D. G. Controle de diferentes espécies de guaxuma com aplicação sequencial de flumicloracpentil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, p. 475-480, 2007.

Comissão de química e fertilidade do solo - CQFS. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. [s.n.]. Porto Alegre, 394p. 2004.

CULMAN, S.W.; DU PONT, S.T.; GLOVER, J.D.; BUCKLEY, D.H.; FICK, G.W.; FERRIS, H.; CREWS, T.E. Long-term impacts of high-input annual cropping and unfertilized perennial grass production on soil properties and belowground food webs in Kansas, USA. **Agriculture Ecosystems and Environmental**. v.137, p.13–24. 2010.

DEN HOLLANDER, N. G.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M. J. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design II. Competitive ability of several clover species. **European Journal of Agronomy**. v.26, p.104–112, 2007.

DIMITRIOS, B.; PANAYOTA, P.; ARISTIDIS, K.; SOTIRIA, P.; ANESTIS, K.; ASPASIA, E. Weed-suppressive effects of maize-legume intercropping in organic farming. **Intagrated Journal of Pest Management**. V 56, p 173-181. 2010.

DING, L.; WANG, K. J.; JIANG, G. M.; BISWAS, D. K.; XU, H.; LI, L. F.; LI, Y. H. Effects of Nitrogen Deficiency on Photosynthetic Traits of Maize Hybrids Released in Different Years. **Annals of Botany**, v. 96, p.925–930, 2005

DOURADO NETO, D.; FAVARIN, J. L.; MANFRON, P. A.; PILAU, F. A.; SOARES, M. A.; BONNECARRERE, R. A. G.; OHS, S. Efeito de boro e nitrogênio na cultura do milho. **Insula**, v1, p.51-67, 2004.

EBERLEIN, C.V.; SHEAFFER, C.C.; OLIVEIRA, V.F. Corn growth and yield in an alfalfa living mulch system. **J. Prod. Agric**. v.5, p. 332–339, 1992.

ENLOE, S. F.; JOHNSON, J.; RENZ, M.; DOROUGH, H and TUCKER, K. H. Buttercup Control and White Clover Tolerance to Pasture Herbicides. **Forage & Grazing lands**. v.12. p. 34-45. 2014.

ENYI, V.A.C. Grain yield in groundnut. **Experimental Agriculture**. v. 13, p. 101-110, 1977.

EVERS, G.W.; GRICHAR, W.J.; POHLER, C. L.; SCHUBERT, A.M. Tolerance of three forage legumes to selected postemergence herbicides. **Weed Technology**. v.7, p.735-739, 1993.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FEDOROFF, N.V.; BATTISTI, D.S.; BEACHY, R.N.; COOPER, P.; FISCHHOFF, D.A.; HODGES, C.N.; KNAUF, V.C.; LOBELL, D.; MAZUR, B.J.; MOLDEN, D.

Radically rethinking agriculture for the 21st century. **Science**, v. 327, p. 833–834. 2010.

FERRELL, J. A and SELLERS, B. A. **Weed Management in Clover**. Agronomy Department. UF/IFAS Extension. 2014. p.4.

FIESP. **Informativo DEAGRO: Safra mundial de milho 2017/18 - 9º Levantamento do USDA**. Janeiro 2018. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/> Acesso em: 18 fev. 2018.

FISHER, A.; BURRILL, L. Managing interference in a sweet corn–white clover living mulch system. **American Journal of Alternative Agriculture**, v.8, p.51–56, 1993.

FRANCIS, C.A. Biological efficiency in multiple cropping system. **Advances in Agronomy**, v.42, p. 1-42. 1989.

FRANS, R.; TALBERT, R.; MARX, D.; CROWLEY, H. **Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices**. In: CAMPER, N.D. Research Methods in Weed Science. Third Edition. Champaign: Southern Weed Science Society. 1986. 46 p.

GARCIA, M. M.; JORDAN, D. C. Action of 2,4- and dalapon on the symbiotic properties of *Lotus corniculatus* (birdsfoot trefoil). **Plant and Soil**. v.30, p. 317-34, 1969.

GRIFFIN, J. L.; WATSON, V. H.; KNIGHT, W. E.; COLE, A. W. Forage legume response to dicamba and 2,4-D applications. **Agronomy Journal**. v. 76, p. 487-492, 1984.

HALL, M. R.; SWANTON, C. J.; ANDERSON, G. W. The Critical Period of Weed Control in Grain Corn (*Zea mays*). **Weed Science**. v. 40, p. 441-447, 1992.

HERRERO, M.; THORNTON, P.K.; NOTENBAERT, A.M.; WOOD, S.; MSANGI, S.; FREEMAN, H.A.; BOSSIO, D.; DIXON, J.; PETERS, M.; VAN DE STEEG, J. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science**. v.327, p. 822–824. 2010.

HUTCHINSON, K.J.; KING, K.L.; WILKINSON, D.R. Effects of rainfall, moisture stress, and stocking rate on the persistence of white clover over 30 years. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. v35, p.1039-1047, 1995.

IJOYAH, M. O.; FANEN, F. T. Effects of different cropping pattern on performance of maize-soybean mixture in Makurdi. **Nigeria Journal of Crop Science**, v.1, p. 39-47. 2012.

JENSEN, E. S. Grain yield, symbiotic N₂ fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. **Plant and Soil**, v.182, p.25-38. 1996.

KARIAGA, B.M. **Intercropping maize with cowpeas and beans for soil and water management in western Kenya**. Proceedings of the 13th International soil conservation conference. July, 2014. Conserving soil and water for society, Brisbane, p. 1-5.

KERSE, G. W.; BALLARD, D. L.; CLIFFE, A.M. Clethodim - a post emergence herbicide for selective annual and perennial grass weed control in broadleaf crops. *Proceedings of the 42nd New Zealand Weed and Pest Control Conference*. p.95-99, 1989.

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, v.20, p.365-372, 2002

LANA, M.C.; WOYTICHOSKI JÚNIOR, P.P.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; ÁVILA, M.R.; ALBRECHT, L.P. Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, p.433-438, 2009.

LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, v.37, p.1536-1542, 2007.

MACHADO, D.; LUSTOSA, S. B. C.; BALDISSERA, T. C.; TUROK, J. D.; MACHADO, N. M.; WATZLAWICK, L. F.; MENDONÇA, C. G.; PELISSARI, A. Seletividade de herbicidas em trevo branco no estágio fenológico de expansão do primeiro trifólio. **Ciência Rural**. v.43, p.2132-2138, 2013.

MARTENSSON, A. M. Effects of agrochemicals and heavy metals on fast-growing rhizobia and their symbiosis with small-seeded legumes. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 24, p.435-445. 1992.

MARTIN, R. C.; GREYSON, P. R.; GORDON, R. Competition between corn and a living mulch. **Can. J. Plant Sci.** v.20, p.575-589, 1999.

MARTINS, T. Herbicida Paraquat: conceitos, modo de ação e doenças relacionadas. **Semina**. v.34, p.175-186, 2013.

MCCURDY, J.D.; MCELROY, J. S.; FLESSNE, M. L. Differential response of four Trifolium species to common broadleaf herbicides: implications for mixed grass-legume swards. **Weed Technology**. v.27, p.123-128, 2013.

MEIRA, F. DE A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. DE; ANDRADE, J. A. DA C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do

milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, p.275-284, 200

MOHAMMADI, S. A., PRASANNA, B. M AND SINGH, N. N. Sequential path model for determining interrelationship among grain yield related characters in maize. **Crop Science**, v.43, p.690-1697, 2003.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; TOLEDO, R.; KAJIHARA, L. H.; STASIEVSKI, A.; PAGLIARI, P. H.; ARANTES, J. G. Z.; ALONSO, D. G.; ROSO, A. C. Aplicações seqüenciais de flumicloracpentil para o controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, p. 115-122, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. *Biologia e manejo das plantas daninhas*. Curitiba,PR: Omnipax, 2011.

OLIVEIRA, R. S. Jr. and INOUE, M. H. Seletividade de Herbicidas para Culturas e Plantas Daninhas. In: *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. Editores: Oliveira, R.S.; Constantin, J and Inoue, M. H. 2011, 348 p.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

PEOPLES, M. B.; HERRIDGE, D. F.; LADHA, J. K. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? *Developments in Plant and Soil Sciences*, v.65, p.3-28, 1995.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**. v. 34, p. 1015-1020, 2004.

RAHMAN, M. M.; PAUL, S. K.;RAHMAN, M. M. Effects of spacing and nitrogen levels on yield and yield contributing characters of maize. **J. Bangladesh Agril. Univ.** v.14, p.43-48, 2016

RATNADASS, A., FERNANDES, P., AVELINO, J., HABIB, R. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. **Agronomy Sustainable Development**, v.32, p. 273-303. 2012.

REDDY, T.Y.; REDDI, G.H.S. **Principles of Agronomy**. Kalyani publishes, India, pp 468-489, 2007.

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, p. 214-226, 2013.

ROLSTON, M. P AND ARCHIE, BILL. White clover seed crop tolerance to diflufenican herbicide. *Proceedings Agronomy Society of N.Z.* v.27. 1997.

ROLSTON, M. P.; CHU, A. C. P & FILLERY, I. R. P. Effect of paraquat on the nitrogen-fixing activity of white clover. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.19, p.47-49, 1976.

SANDERS, Z. P.; ANDREWS, J. S.; SAHA, U. K.; VENCILL, W.; LEE, R. D.; HILL, N. S. Optimizing Agronomic Practices for Clover Persistence and Corn Yield in a White Clover–Corn Living Mulch System. **Agronomy Journal**, v.109, p. 2025–2032, 2017

SANGOI, L & ALMEIDA, M.L. Doses e épocas de absorção de nitrogênio para a cultura do milho em um solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.29, p.13-24, 1994.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. DA.; GILBER, A. Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho. Lages: Graphel, 64p., 2010.

SCHUSTER, M. Z.; **Controle e Interferência do Trevo Branco na Cultura da Soja em Sistema Integrado de Produção Agropecuária**. 2014. 55f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SCHUSTER, M.Z.; PELISSARI, A.; SZYMCZAK, L.S.; LUSTOSA, S.B.C.; MORAES, A. Chemical control of white clover in soybean crops. **Planta Daninha**. v.33, p. 561-565, 2015.

SCHUSTER. M. Z.; SZYMCZAK. L. S.; LUSTOSA. S. B. C.; PELISSARI. A.; MORAES. A.; FRANCISCO. R. Interferência de plantas daninhas no estabelecimento do trevo branco como cultura forrageira. **Ciência Rural**. v.43. p. 2148-2153. 2013.

SEAB. **Secretaria do estado do Paraná**. Disponível em <http://celepar07web.pr.gov.br/agrotoxicos/pesquisar.asp>. Acesso em: 10 fev. 2016.

SERAN, T.H AND BRINTHA, I. Study on biological and economic efficiency of radish (*Raphanus sativum* L.) Intercropped with vegetable amaranthus (*Amaranthus tricolor* L). **Open Hort. J.**, 2: 17-21.2009.

SILVA, P. R. F. Da.; SILVA, A. A. Da.; ARGENTA, G.; LUIZSTRIEDER, M.; FORSTHOFER, E. L. Manejo da ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) para cultivo do milho em sucessão, sob adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, p.50-59, 2007.

SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; SOBRINHO, T. A.; FEDATTO, E.; ZANON, G.D.; HASEGAWA, E. K. B. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na

produtividade de milho em plantio direto irrigado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, p. 55-62, 2003.

THAYAMINI, H.S & BRINTHA, I. Review on maize based intercropping. **Journal of Agronomy**. v.9, p.135-145, 2010.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCARSI, M.; SILVA, C. L.; ADAMI, P. F.; DALLACORT, R.; Manejos de cobertura vegetal e velocidades de operação em condições de semeadura e produtividade de milho. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, 2013.

TSUBO, M.S. W.; OGINDO, H.O. A simulation model of cereal-legume intercropping system for semi-arid regions. **Field crops research**. v. 93, p.23-33, 2005.

UNDIE, U. L.; UWAH, D. F.; ATTOE, E. E. Effect of intercropping and crop arrangement on yield and productivity of late season Maize/soybean mixtures in the humid environment of South Southern Nigeria. **Journal of Agricultural Science**, v.4, p.37-50, 2012.

USDA. United States Department of agriculture. **World Agricultural Supply and Demand Estimates. 2018.** Disponível em:<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/>. Acesso em: 14 jan. 2018.

XAVIER. E.; OLIVEIRA. M.C.; TREZZI. M. M.; VIDAL. R.A.; DIESEL. F.; PAGNONCELLI. F. D. and SCALCON. E. Acetolactate synthase activity in *Euphorbia heterophylla* Resistant to als- and protox- inhibiting herbicides. **Planta Daninha**. v.31, p. 867-874. 2013.

YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho: quanto, como e quando aplicar**. Piracicaba, POTAFOS, 1996. 5p. (Informações Agronômicas, 74)

ZEMENCHIK, R. A.; ALBRECHT, K. A.; BOERBOOM, C. M.; LAUER, J. G. Corn Production with Kura Clover as a Living Mulch. **Agronomy Journal**, v.92, p.698–705, 2000.