

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

LUCAS LINK

**PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO: CRESCIMENTO E
ACÚMULO DE NUTRIENTES, ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO E
PRODUTIVIDADE DO TRIGO**

DISSERTAÇÃO

DOIS VIZINHOS – PR

2020

LUCAS LINK

**PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO: CRESCIMENTO E
ACÚMULO DE NUTRIENTES, ÉPOCAS DE DESSECAÇÃO E
PRODUTIVIDADE DO TRIGO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias – Área de Concentração: Culturas Anuais em Sistemas Integrados de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Fernando Adami
Coorientador: Prof. Dr. Paulo César Conceição

DOIS VIZINHOS – PR

2020

B743p Link, Lucas

Plantas de cobertura de verão: crescimento e acúmulo de nutrientes, épocas de dessecação e produtividade do trigo / Lucas Link – Dois Vizinhos: [s.n], 2020.
61 f. :il.

Orientador: Dr Paulo Fernando Adami.
Coorientador: Dr Paulo César Conceição
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.
Dois Vizinhos, 2020.

Bibliografia p. 54-60

1. Trigo – Cultivo. 2. Plantas - Efeito dos herbicidas. 3. Cultivos de cobertura. I. Adami, Paulo Fernando, orient. II. Conceição, Paulo César, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos. IV. Título

CDD:630

Ficha catalográfica elaborada por Keli Rodrigues do Amaral CRB: 9/1559

Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n° 48

Plantas de cobertura de verão: crescimento e acúmulo de nutrientes, épocas de dessecação e produtividade do trigo

Lucas Link

Dissertação apresentada às treze horas e quarenta e cinco minutos do dia treze de março de dois mil e vinte, como requisito parcial para obtenção do título de **MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**, Linha de **Pesquisa** – Manejo e Conservação de Agroecossistemas, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas (Área de Concentração: Agroecossistemas), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

.....

Banca examinadora:

Dr. Paulo Fernando Adami
UTFPR - DV

Dr. Laércio Ricardo Sartor
UTFPR - DV

Dr. Sandro José Giacomini
UFSM

Coordenador(a) do PPGSIS
Assinatura e carimbo

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se arquivada na Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Dedico este trabalho..

À Deus, pelas infinitas bênçãos.

À meus pais, que sempre incentivaram e lutaram pela educação de seus filhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, por me guiar no caminho certo e conceder a oportunidade de concluir mais esta etapa, com saúde e fé.

À minha família, meu pai Egídio Link e minha mãe Mari Salete Turmena Link, pelo incentivo, apoio e compreensão durante esta etapa, e a minha irmã Caroline Link e meu irmão Bruno Link, pelo apoio.

Ao meu avô José Hermindo Link (*in memorian*), que a mais de mais de 40 anos atrás realizou experimentos com trigo em sua propriedade e serve como exemplo e orgulho para mim.

Ao professor e orientador Paulo Fernando Adami, pela compreensão, paciência, ensinamentos e por instigar a busca do conhecimento, proporcionando a realização deste trabalho.

Agradeço também a pós doutoranda Elisa Souza Lemes, ao doutorando Vanderson Vieira Batista, as graduandas Luara da Silva Pereira e Bruna Amanda Wolf, e aos demais orientados pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas e amigos que auxiliaram e estiveram juntos nessa caminhada, tanto no desenvolvimento dos experimentos a campo como nas demais atividades relacionadas ao mestrado.

A CAPES e a UTFPR, pela concessão de bolsa, oportunidade e apoio para realização do mestrado.

À vocês meu muito obrigado.

“Se compararmos a mente humana com o mais belo teatro, onde se encontra a maioria dos jovens e adultos? No palco, dirigindo a peça, ou na plateia, sendo espectador dos seus conflitos, perdas e culpas?... Todos gostariam de ter um mapa da mina para a felicidade. Só que isso não existe. Mas temos pistas e ferramentas para penetrar no território da emoção, desenvolver nossa inteligência e aprender a superar as dificuldades... Ser feliz não é ter uma vida perfeita. Ser feliz é reconhecer que vale a pena viver, apesar de todos os desafios, perdas e frustrações. Ser feliz é deixar de ser vítima dos problemas e se tornar autor da própria história.” (Augusto Cury)

RESUMO

LINK, Lucas. Plantas de cobertura de verão: crescimento e acúmulo de nutrientes, épocas de dessecação e produtividade do trigo. 62f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas (Área de concentração: culturas anuais em sistemas integrados de produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

Mais de 2 milhões de hectares de área cultivada no sul do Brasil permanecem em pousio na entressafra milho/soja - trigo. Por conseguinte, esta investigação estudou opções de plantas de cobertura, considerando o acúmulo de biomassa, a ciclagem de nutrientes e o manejo de herbicidas a ser adotado neste período, bem como a sua influência na produtividade do trigo nas safras 2017/18 e 2018/19. O experimento foi conduzido na UTFPR Campus Dois Vizinhos em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial com 4 repetições. Na entressafra milho-trigo, foram avaliadas cinco espécies de plantas de cobertura (*Fagopyrum esculentum*, *Crotalaria juncea*, *Pennisetum glaucum*, *Urochloa brizantha* e *Crotalaria spectabilis* na safra 2017/18 e *Fagopyrum esculentum* e *Crotalaria spectabilis* foram substituídos por *Dolichos lablab*). Na entressafra soja-trigo, foi composta por quatro espécies de plantas de cobertura (*Fagopyrum esculentum*, *Crotalaria juncea*, *Pennisetum glaucum* e *Urochloa brizantha*). Em ambos os experimentos, o fator B refere-se a dois manejos com herbicidas (Dessecação 17 dias antes e no dia da semeadura do trigo). O pousio foi utilizado como tratamento controle. Todas as culturas de cobertura estudadas mostraram potencial de produção de biomassa e podem ser utilizadas nos períodos de entressafra, com certas especificidades. *F. esculentum* apresentou o ciclo de desenvolvimento mais rápido e adapta-se bem a períodos mais curtos de entressafra, com 50 dias de duração. A dessecação do trigo mourisco no dia da semeadura do trigo apresenta melhores resultados, devido a melhor controle da sementeira e menor competição. *C. juncea* apresentou um rendimento superior a *C. spectabilis*, atingindo valores de matéria seca de 3.800 kg ha⁻¹. As crotalarias apresentaram aumento linear de biomassa ao longo dos períodos de avaliação, sem efeitos sobre o rendimento do trigo, sendo recomendada, portanto, a dessecação com herbicida no dia da semeadura do trigo. *P. glaucum* apresentou o maior rendimento de biomassa em ambos os anos a após as duas culturas de verão (milho e soja), destacando-se como a melhor opção para períodos de entressafra de 70 a 80 dias. A *U. brizantha* é uma espécie com grande potencial de uso para períodos superiores a 70 dias. A relação entre a biomassa adicional produzida pelo milheto e braquiária entre os períodos de dessecação do herbicida não é viável devido a redução do rendimento do grão de trigo, sugerindo que o manejo de dessecação seja antecipado. Futuros estudos devem considerar outros benefícios do uso de culturas de cobertura, como a capacidade de supressão de plantas daninhas, as características físicas e químicas do solo e a redução da erosão.

Palavras-chave: ciclagem de nutrientes, manejo de herbicidas, *Fagopyrum esculentum*, *Crotalaria juncea*, *Pennisetum glaucum*, *Urochloa brizantha*.

ABSTRACT

LINK, Lucas. Summer cover plants: growth and accumulation of nutrients, desiccation periods and wheat yield. 62f. Dissertation (Masters in Agroecosystems) - Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas (Area of Concentration: Annual Crops in Integrated Production Systems), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

More than 2 million hectare of cultivated soil at the maize/soybean-wheat offseason remains on fallow in Brazil. Therefore, this research studied a suitable cover crop considering its biomass accumulation, nutrient cycling and its herbicide management to be adopted in this period as well as its influence on wheat yield at the 2017/18 and 2018/19 growing season. Experiment was carried out at the UTFPR Câmpus Dois Vizinhos and was laid out as a randomized block design in a factorial scheme with four replications. Maize/wheat offseason was composed of five cover crops (*Fagopyrum esculentum*, *Crotalaria juncea*, *Pennisetum glaucum*, *Urochloa brizantha* and *Crotalaria spectabilis* at 2017/18 growing season and at 2018/19, *Fagopyrum esculentum* and *Crotalaria spectabilis* were switched for *Dolichos lablab*). Soybean/wheat offseason was composed of four cover crops (*Fagopyrum esculentum*, *Crotalaria juncea*, *Pennisetum glaucum*, and *Urochloa brizantha*). Both experiments used two herbicide management (Desiccation 17 days before and at the wheat sowing day). Fallow was used as a control. All the studied cover crops showed a good biomass yield potential and can be used in the maize/soybean-wheat intercrop with certain specificities. *F. esculentum* showed the fastest development cycle and suits well at shorter offseason periods, with 50 days of length. Its herbicide management at the wheat sowing day shows better results, once its seed yield may result in competition later on with wheat. *C. juncea* showed higher yield than *C. spectabilis*, reaching dry matter values up to 3,800 kg ha⁻¹. *Crotalaria*s showed a linear increase in biomass along the periods without wheat yield effects and its herbicide dissection at the wheat sowing day is recommended. *P. glaucum* showed the highest biomass yield at both years and summer crops (maize and soybean), standing out as the best option for offseason periods of 70 to 80 days. *U. brizantha* is a potential species, but for periods longer than 70 days. Tradeoff between the additional biomass produced by millet and brachiaria between herbicide desiccation periods does not pay the wheat grain yield reduction, suggesting that its herbicide management should be anticipated. Further studies should consider other cover crop benefits as weed suppression, physical and chemical soil traits and erosion reduction.

Key-words: Nutrient cycling, Herbicide management, *Fagopyrum esculentum*, *Crotalaria juncea*, *Pennisetum glaucum*, *Urochloa brizantha*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura máxima e mínima (°C) monitoradas pela estação meteorológica instalada no campus da UTFPR-DV (INMET, 2019) e sintetizadas com prazos mensais entre meses de fevereiro e outubro nos anos 2018 e 2019. 32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Altura das plantas de cobertura (cm) após a colheita da soja em 2018 e 2019, respectivamente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil	34
Tabela 2. Massa verde das plantas de cobertura (kg ha ⁻¹) após a colheita da soja em 2018 e 2019, respectivamente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.	35
Tabela 3. Massa seca das plantas de cobertura (kg ha ⁻¹) após a colheita da soja em 2018 e 2019, respectivamente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil	36
Tabela 4. Teor e acúmulo de nutrientes da parte aérea de plantas de cobertura cultivados na entressafra soja-trigo (safra 2017/18), avaliados em dois períodos (57 DAS - dessecação antecipada e 74 DAS - aplique e plante). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil	38
Tabela 5. Comprimento de espiga (CE), número de espigas por m ² (NEMQ), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiguetas (NGEsp) e número de grãos por espiga (NGE) de trigo após duas épocas de dessecação das plantas de cobertura em dois anos agrícolas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil	40
Tabela 6. Massa de mil grãos (M1000) e produtividade (Prod) de trigo após duas épocas de dessecação das plantas de cobertura em dois anos agrícolas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil	41
Tabela 7. Altura das plantas de cobertura (cm) após a colheita da soja em 2018 e 2019, respectivamente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil	45
Tabela 8. Massa verde das plantas de cobertura (kg ha ⁻¹) após a colheita da soja em 2018 e 2019, respectivamente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.	46
Tabela 9. Massa seca das plantas de cobertura (kg ha ⁻¹) após a colheita da soja em 2018 e 2019. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil	47
Tabela 10. Teor e acúmulo de nutrientes da parte aérea de plantas de cobertura, após colheita do milho (safra 2017/18), avaliados em dois períodos na entressafra verão/inverno. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil	49
Tabela 11. Comprimento de espiga (CE), número de espiguetas por espiga (NEE), produtividade de grãos de trigo (Prod) e <i>falling number</i> (FN) de trigo após duas épocas de dessecação das plantas de cobertura no agrícola de 2018. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.....	50
Tabela 12. Peso de espiga (PE), peso de grãos por espiga (PGE), número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por espiguetas (NGEsp), massa de mil grãos (M1000), produtividade de trigo (TRI) e peso hectolitro (PH) de trigo após duas épocas de dessecação das plantas de cobertura no agrícola de 2018. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil	61

LISTA DE ABREVIATURAS

ANm- AgroNorte Milheto

AP¹- altura de planta

AP²- aplique e plante

C- carbono

CE- comprimento de espiga

Cfa- Clima temperado úmido com verão quente

DAS- dias após semeadura

DP- dessecação prévia

FN- *falling number*

IAC- Instituto Agronômico de Campinas

IPR- Instituto Agronômico do Paraná

K- potássio

K₂O- óxido de potássio

M1000- massa de mil grãos

MMS- massa de matéria seca

MMV- massa de matéria verde

MO- matéria orgânica

N- nitrogênio

NEE- número de espiguetas por espiga

NEMQ- número de espigas por metro quadrado

NGE- número de grãos por espiga

NGEsp- número de grãos por espiguetas

P- fósforo

P₂O₅- pentóxido de fósforo

P30F53 YHR- Pioneer 30F53 YieldGard + Herculex + Roundup Ready

PE- peso de espiga

PGE- peso de grãos por espiga

PH- peso hectolitro

Prod- Produtividade

TBIO- Biotrigo Genética

TRI- produtividade de trigoilhoso

UTFPR-DV- Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Dois Vizinhos

LISTA DE SÍMBOLOS

%- porcentagem

C.V (%)- coeficiente de variação

cm- centímetros

$\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ - centimol carga por decímetro cúbico

g- gramas

g ia ha^{-1} - gramas de ingrediente ativo por hectare

g kg^{-1} - gramas por quilograma

kg ha^{-1} - quilogramas por hectare

m^2 - metro quadrado

mg dm^{-3} - miligramas por decímetro cúbico

mm- milímetros

^{ns}- não significativo

R\$- reais

t ha^{-1} - toneladas por hectare

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. OBJETIVO GERAL	17
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1. SISTEMAS DE PRODUÇÃO	18
3.1.1. Trigo.....	19
3.1.2. Soja	20
3.1.3. Milho.....	20
3.2. PLANTAS DE COBERTURA.....	21
3.2.1 <i>Crotalaria juncea</i>	21
3.2.2 <i>Crotalaria spectabilis</i>	22
3.2.3 <i>Dolichos lablab</i>	23
3.2.4 <i>Fagopyrum esculentum</i>	23
3.2.5 <i>Pennisetum glaucum</i>	24
3.2.6 <i>Urochloa</i> spp.	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4.1. EXPERIMENTO	26
4.2. PÓS SOJA	26
4.2.1. Delineamento experimental e tratamentos	26
4.2.2. Implantação e condução das plantas de cobertura.....	27
4.3. PÓS MILHO.....	27
4.3.1. Delineamento experimental e tratamentos	27
4.3.2. Implantação e condução das plantas de cobertura.....	28
4.4. IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DA CULTURA DO TRIGO	29
4.5. AVALIAÇÕES.....	30
4.5.1. Plantas de cobertura.....	30
4.5.2. Trigo.....	30
4.6. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1. DADOS CLIMÁTICOS	32

5.2. ENTRESSAFRA SOJA-TRIGO.....	33
5.2.1. Plantas de cobertura.....	33
5.2.2. Trigo.....	39
5.3. ENTRESSAFRA MILHO-TRIGO.....	44
5.3.1. Plantas de cobertura.....	44
5.3.2. Trigo.....	49
6. CONCLUSÕES.....	53
7. REREFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXOS	61

1. INTRODUÇÃO

No sul do Brasil há a adoção de diversos sistemas de culturas agrícolas, sendo o cultivo de soja ou milho no verão seguido de trigo no inverno uma das opções mais adotadas. Não existem dados oficiais, mas observações empíricas sugerem que a maioria das áreas de trigo cultivados no sul do país é feito sobre áreas de pousio, oriundo da colheita da soja e ou milho safra nos meses de fevereiro e março. Como o zoneamento de trigo indica o início da semeadura em maio, existe um período de entressafra de 70 a 120 dias, no qual o solo fica desprotegido (CONAB, 2020), sendo uma alternativa a utilização de plantas de cobertura de verão.

Dentre os fatores para a baixa adoção de plantas de cobertura no período de entressafra (soja/trigo ou milho/trigo), coincidente com o outono no subtropico brasileiro, destaca-se a incerteza acerca da viabilidade técnica/econômica do uso destas plantas de cobertura, dificuldade na aquisição e alto custo de sementes. No entanto, estes aspectos têm melhorado, uma vez que atualmente existe maior oferta de sementes das plantas de cobertura com custos mais acessíveis, devido a uma maior profissionalização e aumento do número de empresas neste segmento atuantes no mercado.

No caso específico da soja, a produção de resíduo pós colheita é baixa e tem reduzida relação C:N (CALONEGO et al., 2012), de rápida decomposição e, com isso, leva o solo a ficar exposto a intempéries climáticas (demasiada chuva propicia erosão, temperaturas altas deixam alta a amplitude térmica do solo). No caso do milho, este possui alta produção de resíduo vegetal, porém em condições de verão, com alta temperatura e umidade, acelera sua decomposição (CALONEGO et al., 2012). Estes fatores associados ao processo de semeadura do trigo (linhas a cada 17 cm espaçamento, mobilizando o solo superficialmente), favorecem o processo erosivo (MARCELO et al., 2009), perda de solo, nutrientes e assoreamento de rios (DERPSCH, et al., 1985). Além disso, a radiação solar eleva a temperatura do solo causando diminuição da população microbiana (ARAÚJO et al., 2016) e também, quando aliado a umidade, propicia condições para germinação e emergência de plantas daninhas (NOCE et al., 2008).

Assim, a adoção das plantas de cobertura permite a supressão de plantas daninhas (OLIVEIRA et al, 2014), a ciclagem de nutrientes (NUNES et al., 2011; PACHECO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013; NETO; CAMPOS, 2017), a melhora na microbiota do solo (SANTOS et al., 2008; TAVARES et al., 2011; NETO; CAMPOS, 2017) e principalmente redução na degradação do solo (melhoria das propriedades físicas e redução da erosão) (WOHLENBERG et al., 2004; MARCELO et al., 2009; NETO; CAMPOS, 2017).

Ainda, em períodos mais curtos de entressafra (março a maio), a estratégia de manejo aplique e plante (dessecação das plantas de cobertura e semeadura do trigo no mesmo dia) se torna mais atrativa, especialmente por permitir maior período de tempo para crescimento e acúmulo de biomassa das plantas de cobertura, especialmente para aquelas de ciclo maior. Por outro lado, o maior acúmulo de biomassa pode afetar a plantabilidade do trigo e seu desenvolvimento, uma vez que no sistema milho/milheto/trigo estariam sendo cultivados três gramíneas em sequência. Ainda, essa dinâmica pode ser totalmente diferente quando o cultivo de trigo ocorre após duas leguminosas (sistema soja/crotalária/trigo), em função da sincronia entre oferta e demanda de nitrogênio ao trigo (MELERO et al., 2013).

Neste contexto, são necessários estudos que explorem o efeito da utilização de plantas de cobertura, cultivadas após a colheita da cultura da soja e do milho, sobre o desempenho da cultura do trigo, haja vista que uma das preocupações no uso das plantas de cobertura é referente a plantabilidade do trigo. Dessa forma, pode-se cultivar a espécie de planta de cobertura desejada e adotar um manejo de dessecação, com dessecação prévia ou aplique e plante, afim de explorar mais a ciclagem de nutrientes, evitar a alelopatia e promover adequada plantabilidade e posterior elevada produtividade de grãos de trigo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento das diferentes espécies de cobertura bem como as diferentes épocas de dessecação destas espécies sobre o potencial produtivo do trigo cultivado em sequência.

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Avaliar o crescimento e desenvolvimento e produção de biomassa de diferentes plantas de cobertura após os cultivos de milho e soja verão em dois anos safra;

Avaliar teor de nutrientes e acúmulo de nutrientes pelas plantas de cobertura após o cultivo de soja e milho safra;

Avaliar a época de dessecação das plantas de cobertura a fim de ter melhor eficiência agronômica das plantas de cobertura e melhor produtividade do trigo;

Avaliar o efeito das plantas de cobertura sobre os componentes de rendimento e produtividade de grãos de trigo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. SISTEMAS DE PRODUÇÃO

A agricultura brasileira é extremamente diversificada, tanto por culturas, cultivares, épocas de cultivo, condições edafoclimáticas, condições bióticas e abióticas e a própria cultura do agricultor. Essa diversidade permite uma gama de opções de cultivo de uma determinada cultura em um determinado ambiente. Dentre os principais sistemas produtivos adotados no sul do Brasil, destacam-se os sistemas integrados como a integração lavoura pecuária (leite/corte), a avicultura, fruticultura e o sistema exclusivo de grãos, geralmente adotados por produtores com propriedades maiores.

Dentre esses sistemas de produção agrícola, no sistema exclusivamente com produção de grãos predomina algumas rotações de culturas de acordo com as condições edafoclimáticas do local. Na região sul, é comum semear o consórcio de nabo forrageiro e aveia preta no inverno como plantas de cobertura, seguido de milho safra e de feijão ou soja safrinha. Também, há a presença de trigo de inverno com posterior cultivo de soja. Já nas regiões de clima tropical e algumas subtropicais, há a sucessão de soja semeada na abertura do zoneamento agroclimático com posterior milho ou feijão e vice-versa. Dentre esses sistemas mencionados anteriormente ainda há regiões com sorgo, trigo mourisco, cevada, centeio e canola.

Um dos sistemas de produção que mais tem se discutido no sul do Brasil é o sistema soja/trigo e milho/trigo. Esses sistemas são os mais visualizados nas regiões que possuem inverno com temperaturas baixas e com chuvas regulares, pois permite um bom desenvolvimento do trigo, alcançando bons resultados produtivos e econômicos (CONAB, 2020). A soja é a cultura que mais gera lucros ao produtor rural, sendo a planta que mais cultiva-se nas áreas agrícolas. Já o milho, este é importante fonte de energia para a nutrição de suínos, bovinos e aves, sendo uma planta com elevado volume de grãos produzidos por área e também com boa adição de matéria seca no sistema.

Porém nestes sistemas de produção agrícola, mesmo optando-se por cultivares e híbridos longos, há um grande período de pousio entre essas culturas, principalmente após a colheita da soja ou do milho, que são colhidos entre fevereiro e março e o trigo semeado em maio a junho. Este longo período pode totalizar até 120 dias sem presença de plantas na área, propiciando desenvolvimento de plantas daninhas, como picão preto (*Bidens pilosa*), azevém (*Lolium multiflorum*), corda de viola (*Ipomea* spp.) e capim amargoso (*Digitaria insularis*)

(ROMAN et al., 2006). Neste período há a oportunidade de implementação de diversas plantas de cobertura, solteiras ou consorciadas (DONEDA et al., 2012), a fim de proteger o solo de erosão (MARCELO et al., 2009), diminuir presença de plantas daninhas (MONQUERO et al., 2009), melhorar aspectos físicos, químicos e biológicos do solo (MOYER, 2014) e também preparar a área para semear a cultura de inverno ou a própria cultura de verão. Essas culturas são escolhidas de acordo com as necessidades da área, características do solo e clima, afinidade do produtor e disponibilidade de sementes. Dentre as culturas presentes nas áreas agrícolas estão trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*), milheto (*Pennisetum glaucum*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), tremoço (*Lupinus* sp.), *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca* e braquiária (*Urochloa* spp.)

3.1.1. Trigo

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais mais produzidos no mundo, com produção na safra 2019 de 765,5 milhões de toneladas, sendo a União Europeia a maior produtora, com 153,0 milhões de toneladas, seguido de China e Índia, com 132,0 e 102,2 milhões de toneladas, respectivamente. O maior consumidor global de trigo é a China, com 128,0 milhões de toneladas anuais (USDA, 2020a).

No Brasil produz-se apenas 5,1 milhões de toneladas, sendo os três estados do sul responsáveis por 89,4% deste total. O maior produtor é o Paraná, seguido de Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com 2,8, 1,9 e 0,1 milhões de toneladas, respectivamente. Dentre os três estados, a maior produtividade encontra-se em Santa Catarina seguido de Rio Grande do Sul e Paraná, com 3.015, 3000 e 2.080 kg ha⁻¹, respectivamente (CONAB, 2020).

O trigo é utilizado principalmente para alimentação humana, destinado à panificação, porém também destinado ao uso não alimentício e também alimentação animal (DE MORI; IGNACZAK, 2011).

O trigo é uma importante cultura para os produtores sulistas, pois entra em uma janela do ano (inverno) em que não há nenhuma outra cultura econômica que remunere semelhante à soja ou milho, e assim pode-se utilizar melhor a infraestrutura da propriedade que está disponível às culturas de verão (CANZIANI; GUIMARÃES, 2009). Sua adoção no inverno otimiza as possibilidades de rotação de culturas, melhora a dinâmica de manejo de plantas daninhas e pode incrementar a produtividade da soja cultivada na sequência.

A qualidade e produtividade de grãos é diretamente afetada por condições ambientais, necessita-se pouca incidência de precipitações pluviométricas e nenhuma ocorrência de geada

no período reprodutivo e colheita do trigo. A temperatura média do ar precisa ser menos que 25°C durante o desenvolvimento inicial da cultura para possuir um bom perfilhamento e produtividade do trigo (PASINATO et al., 2014). Assim deve-se respeitar o zoneamento agroclimático, a fim de evitar ocorrência de geadas e também propiciar condições ideais para a alta produtividade do trigo.

Segundo Raij et al. (1996), para cada 1000 kg de grãos produzidos são exportados 29, 14 e 28 kg de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e aliado a um baixo índice de colheita (entre 35 e 37%), a cultura deixa uma grande quantidade de palha e nutrientes para a cultura seguinte.

3.1.2. Soja

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a oleaginosa mais produzida no mundo. Na safra 2018/19, a produção foi de 358,2 milhões de toneladas, sendo o Estados Unidos o maior produtor (120,5 milhões de toneladas), seguido do Brasil (117,0 milhões de toneladas) e Argentina (55,3 milhões de toneladas) (USDA, 2019). A China é o principal destino da soja produzida, sendo destinada a este país cerca de 120,0 milhões de toneladas anuais (USDA, 2019).

No Brasil, o estado que mais contribui com a produção nacional é o Mato Grosso, com 32,4 milhões de toneladas, seguido de Rio Grande do Sul e Paraná, com 19,2 e 16,2 milhões de toneladas, respectivamente. Para produtividade, a média brasileira é de 3.322 kg ha⁻¹, enquanto a paranaense é de 3.598 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

A soja é utilizada principalmente para a retirada do óleo, sendo usado na cozinha e indústria, tendo como resíduo da extração o farelo de soja, o qual é utilizado na alimentação animal (MISSÃO, 2006).

A produtividade da soja é muito influenciada pelos fatores ambientais, principalmente o comprimento do dia e a temperatura (CARVALHO et al., 2002), sendo uma planta de dia curto e com temperatura ideal entre 20 e 30°C (GARCIA et al., 2007). Para produzir uma tonelada de soja são necessários 83, 38 e 15,4 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (FINOTO; SEDIYAMA; BARROS, 2009).

3.1.3. Milho

A cultura do milho (*Glycine max* (L.) Merrill) é o cereal mais produzido no mundo, com produção, na safra 2018/19, de 1.122,5 milhões de toneladas, sendo o Estados Unidos o maior

produtor (364,3 milhões de toneladas), seguido da China (257,3 milhões de toneladas) e Brasil (101,0 milhões de toneladas) (USDA, 2020b). O Estados Unidos é o principal destino do milho produzido, sendo destinado a este país cerca de 310,5 milhões de toneladas anuais (USDA, 2020b).

No Brasil, o estado que mais contribui com a produção nacional é o Mato Grosso, com 31,3 milhões de toneladas, seguido de Paraná e Goiás, com 16,7 e 11,5 milhões de toneladas, respectivamente. Para produtividade, a média brasileira é de 5.719 kg ha⁻¹, enquanto a paranaense é de 6.394 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

Para milho primeira safra, o estado que mais contribui com a produção nacional é Rio Grande do Sul, com 5,8 milhões de toneladas, seguido de Minas Gerais e Paraná, com 4,6 e 3,2 milhões de toneladas, respectivamente. Para produtividade, a média brasileira é de 6.242 kg ha⁻¹, enquanto a paranaense é de 8.840 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

O milho é utilizado principalmente para consumo animal, na suinocultura, bovinocultura e avicultura, consumido na forma in natura ou ração. Além disso, há uso industrial, através da produção de biodiesel e também consumo humano, como pães, bolos, óleo de cozinha, polenta e cuca (GARCIA et al., 2006).

A produtividade do milho é influenciada por vários fatores ambientais, destacando-se principalmente a temperatura, sendo a ideal diária entre 24 e 30°C e com noites amenas, sendo a temperatura um dos condicionantes do ciclo do milho (CRUZ et al., 2010). Os mesmos autores destacam que a cultura necessita aproximadamente 2,5 mm diários de água no período vegetativo e entre 5 e 7,5 mm diários de água no período reprodutivo. Para produzir uma tonelada de milho são necessários aproximadamente 21,6, 3,4 e 16,3 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (SÁ et al., 2011).

3.2. PLANTAS DE COBERTURA

3.2.1 *Crotalaria juncea*

A crotalária juncea (*C. juncea* L.) é uma planta de cobertura anual da família Fabaceae, com ciclo aproximado de 120 dias, possuindo rápido crescimento e produzindo entre 50 e 60 toneladas de massa verde e 15 a 20 toneladas de massa seca por hectare (SANTOS; FONTANETTI, 2007). A crotalária juncea tem potencial para ciclar 450, 41 e 217 kg ha⁻¹ de

N, P₂O₅ e K₂O por ano, respectivamente (WUTKE, 1993), sendo uma excelente planta para ciclagem e fertilização dos solos.

Em experimento realizado por Marcelo et al. (2009) em Jaboticabal-SP, a crotalária juncea proporcionou maior rendimento na cultura da soja e também na cultura do milho, além de aumentar teor de matéria orgânica, fósforo e potássio do solo. Para controle de plantas daninhas, Severino e Christoffoleti (2001) e Monquero et al. (2009) visualizaram que a crotalária juncea, além de incorporar nutrientes ao solo e proporcionar incrementos produtivos às culturas posteriores, possui efeito alelopático para as principais plantas daninhas gramíneas, como *Panicum maximum* e *Uroclhoa decumbens*. Também, crotalária juncea é importante abrigo para inimigos naturais de pragas, as quais podem causar dano direto e indireto em culturas comerciais (TAVARES et al., 2011).

A recomendação de densidade de semeadura é de 25 kg ha⁻¹ em linha e 30 kg ha⁻¹ a lanço, com um custo de R\$19,80 por kg de semente (GALPÃO CENTRO OESTE, 2020a), totalizando um custo de R\$495,00 por hectare em linha e R\$594,00 a lanço. Seu alto custo por kg de semente está atrelado a baixa produtividade de grãos por área, que é de aproximadamente 600 kg ha⁻¹ (DOURADO et al., 2001). Pelo alto custo de sementes, costuma-se cultivá-la por longos períodos, a fim de aproveitar melhor seu potencial produtivo e também explorar sua demorada decomposição, que em 100 dias é de aproximadamente 50% do total de biomassa acumulado (SORATTO, et al., 2012).

3.2.2 *Crotalaria spectabilis*

A crotalária *spectabilis* (*C. spectabilis* R.) é uma planta de cobertura anual da família Fabaceae, de crescimento inicial lento, porém possuindo altura final de 0,6 a 1,5 metros, com sistema radicular profundo e com a agressividade de romper camadas compactadas do solo (CALEGARI et al., 1993).

A recomendação de densidade de semeadura é de 18 kg ha⁻¹ em linha e 20 kg ha⁻¹ a lanço, com um custo de R\$15,35 por kg de semente (GALPÃO CENTRO OESTE, 2020b), totalizando um custo de R\$276,30 por hectare em linha e R\$307,00 a lanço.

Segundo Barreto e Fernandes (2001), a crotalária *spectabilis* tem capacidade de incorporar ao solo através de seu tecido vegetal 130,2, 10,4 e 102,3 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Comparando as espécies de crotalária, a *spectabilis* possui menor potencial de produção de matéria seca em relação a juncea (LOPES, 2000).

A crotalária *spectabilis* é uma das melhores plantas para controle de nematoides, podendo ser usada em sistemas integrados de manejo de nematoide (BARRETO; FERNANDES, 2001). Porém, segundo Daimon e Kotoura (2000), utilizando a incorporação ao solo de crotalária *spectabilis* como forma de preparo para semeadura de trigo, visualizaram que diminuiu a matéria seca, comprimento de raízes e produtividade de grãos de trigo, relacionando com Barreto e Fernandes (2001), que mencionam que esta espécie é a mais tóxica entre as crotalárias.

3.2.3 *Dolichos lablab*

O lab-lab (*Dolichos lablab*) é uma planta de cobertura anual ou bianual pertencente a família Fabaceae, tendo sua origem na África e hábito de crescimento trepador. Adapta-se em solos de baixa a alta fertilidade, isso interferindo em seu desenvolvimento e incremento de material vegetal por área (SEIFFERT; THIAGO, 1983; FORMENTINI, 2008).

A recomendação de densidade de semeadura é de 60 kg ha⁻¹ em linha com um custo de R\$8,63 por kg de semente (GALPÃO CENTRO OESTE, 2020c), totalizando um custo de R\$517,80 por hectare. Bevilaqua et al (2008) encontraram produtividades de até 8 t ha⁻¹ de massa seca, mobilizando até 220 kg de nitrogênio por hectare. Já Formentini (2008) indaga que a cultura possui produtividade média de 3 a 6 t ha⁻¹ de massa seca e mobilização de 120 a 240 kg de N por hectare, dependendo da fertilidade do solo e do tempo de cultivo da cultura de cobertura, que tem seu ciclo de plantio até florescimento de 120 a 150 dias.

É uma cultura que não tolera geada e longos períodos de escassez hídrica. Por ser uma cultura que adapta-se em baixa fertilidade (SEIFFERT; THIAGO, 1983), pode ser utilizada para recuperação de áreas degradadas, solteira ou consorciada com outra espécie de cobertura (FORMENTINI, 2008).

3.2.4 *Fagopyrum esculentum*

O trigo mourisco (*F. esculentum* Moench) é uma planta da família Polygonaceae. É uma planta rústica, podendo ser destinada tanto para produção de grãos, produção de farinha sem glúten (SILVA et al., 2002) e alimentação animal (FURLAN et al., 2006), produção de forragem (GÖERGEN et al., 2016) e cobertura de solo (KLEIN et al., 2010).

O trigo mourisco é uma planta com altura entre 0,6 e 1,5 metros de altura, com florescimento entre 35 e 45 dias após a emergência, e senescência entre 80 e 110 dias (MYERS;

MEINKE, 1994), variando conforma a cultivar. Sua densidade de semeadura é de 50 a 80 kg ha⁻¹, com um custo de R\$6,77 por kg de semente, totalizando R\$338,50 a R\$541,60 por hectare (GALPÃO CENTRO OESTE, 2020d)

Possui potencial de produção de matéria seca de 4.500 a 7.000 kg ha⁻¹ (KLEIN et al., 2010; GÖERGEN et al., 2016), com ciclagem de 18, 18 e 214,8 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (KLEIN et al., 2010). Para produção de grãos, possui maior potencial de produtividade na safra se comparado com a safrinha, com 2.283 kg ha⁻¹ na safra e 1.507 kg ha⁻¹ na safrinha (SILVA et al., 2002).

3.2.5 *Pennisetum glaucum*

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR) é uma gramínea anual de verão com alto potencial de produção de matéria seca, sendo de duplo propósito: pastejo bovino e planta de cobertura do solo (PACHECO et al., 2011). Possui altura de até 3 metros, com florescimento em torno de 50 dias após a emergência, tendo potencial de produzir até 20 ton ha⁻¹ de matéria seca (FILHO, 2016). Seu custo por kg de semente é de R\$4,00, com uma densidade de semeadura de 15 a 25 kg ha⁻¹, totalizando custo de R\$60,00 a R\$125,00 por hectare (AGRISTORE, 2020).

Para matéria seca, Pacheco et al. (2011) em cultivo tardio de milheto encontraram produção de 3,4 ton ha⁻¹ de matéria seca de milheto e ciclagem de 38, 7 e 23,4 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Em 6 anos de cultivo de milheto em experimento realizado por Marcelo et al. (2009) em Jaboticabal-SP, a rotação de culturas com milheto proporcionou maior rendimento na cultura do milho, além de aumentar teor de matéria orgânica do solo. Já Oliveira et al. (2013), em Goiás, visualizaram aumento de produtividade de soja promovida pelo cultivo invernal de milheto. Por mais que milheto seja uma gramínea com elevada relação C:N, é decomposto muito rapidamente no sistema, sendo mais acelerado que crotalária juncea, por exemplo (SORATTO, et al., 2012).

3.2.6 *Urochloa* spp.

As gramíneas do gênero *Urochloa* spp. são muito utilizadas para pastejo bovino (FERNANDES et al., 2010), para sistemas integrados de produção através do consórcio com milho safra ou safrinha (RICHART et al., 2010) e também para cobertura de solo (PACHECO et al., 2011). Nos consórcios utiliza densidade de aproximadamente 5 kg ha⁻¹, e como planta de

cobertura de 15 a 20 kg ha⁻¹, com preço de sementes de R\$12,00, totalizando custo por área de R\$60,00 por hectare no consórcio e R\$180,00 a R\$240,00 por hectare solteira (SEMENTES BOI GORDO, 2020).

Segundo Leite et al. (2010), a braquiária cicla no sistema em média 154, 20,3 e 238 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Porém, esta quantidade pode variar de acordo com o tempo que a braquiária fica no sistema agrícola e também a espécie da braquiária.

Oliveira et al. (2013), em Goiás, encontraram aumento de produtividade de soja promovida pelo cultivo invernal de braquiária. Pacheco et al. (2011), em Rio Verde-GO, verificaram que o cultivo de braquiária proporcionou incremento nos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, deixando-os mais disponíveis para a cultura seguinte. Além disso, o fato de ser uma planta com elevada relação C:N, esta possui sua decomposição retardada se comparada com outras plantas de cobertura, protegendo o solo por mais tempo (PACHECO, 2008). Para matéria seca, Pacheco et al. (2011) cultivando braquiária na safrinha encontraram produção de 11,4 e 7,0 ton ha⁻¹ para *U. brizantha* e *U. ruziziensis*, respectivamente.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, com localização em 25°41'72" S e 53°05'45" O. O clima do município é classificado por Köppen como Cfa (ALVARES et al., 2013) com pluviosidade média anual de 2.044 mm (POSSENTI et al., 2007). O solo onde foi realizado o experimento é classificado como Latossolo Vermelho (BHERING et al., 2008), com altitude média de 522 metros. As áreas utilizadas foram diferentes entre as diferentes safras com intuito de manter um padrão nos tratamentos avaliados, evitando a diferença proporcionada pelos tratamentos no ano anterior.

O trabalho consta de dois experimentos, sendo: 1 - sistema soja/trigo e 2 -sistema milho/trigo. Para o sistema soja/trigo foram avaliadas as plantas de cobertura e o efeito sobre o trigo nas safras 2017/18 e 2018/19. Já no sistema milho/trigo foram avaliadas as plantas de cobertura na safra 2017/18 e 2018/19 e a cultura do trigo somente na safra 2017/18.

4.2. PÓS SOJA

4.2.1. Delineamento experimental e tratamentos

As plantas de cobertura foram alocadas a campo em delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema bifatorial 4 x 5, com 4 repetições. O fator A refere-se a quatro plantas de cobertura [*Urochloa brizantha* cultivar Xaraés (braquiária), *Pennisetum glaucum* cultivar ANm 38 (milheto), *Fagoryrum esculentum* cultivar IPR Baili (trigo mourisco) e *Crotalaria juncea* cultivar IAC-KR-1 (crotalária juncea)] e o fator B refere-se a cinco épocas de avaliação durante o desenvolvimento das plantas de cobertura (18, 32, 46, 57 e 74 dias após a semeadura, respectivamente nas datas de 02/04, 16/04, 30/04, 11/05, 28/05). As parcelas possuíram dimensões de 40 metros de comprimento por 4,5 metros de largura, totalizando 180 m².

O cultivo do trigo veio na sequência, sendo que as parcelas com as plantas de cobertura e pousio foram subdivididas (20 x 4,5 m) para o estabelecimento do fator manejo de dessecação

compondo um esquema fatorial 5 x 2, com 4 repetições para cada tratamento. O fator A foi composto pelas plantas de cobertura mais pousio e o fator B pela aplicação do herbicida glyphosate associado a metsulfuron metílico 17 dias antes e no dia da semeadura do trigo (dessecação prévia e aplique e plante) para ambos os anos.

4.2.2. Implantação e condução das plantas de cobertura

O experimento em cada ano agrícola foi conduzido após soja safra, mas em áreas diferentes entre as safras. No ano 1 (2017/18), as condições de seca atrasaram a semeadura da soja, que foi implantada no dia 15/10/2017 e colhido dia 15/03/2018. No ano 2, a soja foi semeada dia 01/10/2018 e colhido dia 02/03/2019. Essas datas são importantes, uma vez que as plantas de cobertura foram semeadas no mesmo dia da colheita da soja. Ainda, representam diferentes épocas de semeadura das plantas de cobertura.

Em ambos os anos, antes de semear as plantas de cobertura foi realizada dessecação na área com herbicida glyphosate (1.000 g i.a. ha⁻¹) a fim de controlar as plantas daninhas. As plantas de cobertura foram semeadas via semeadora de fluxo contínuo com espaçamento de 34 cm entre linhas e profundidade de semeadura de 2 cm, sem adubação. Em relação a taxa de semeadura, utilizou-se 13, 25, 45 e 24 kg ha⁻¹ de sementes de braquiária, crotalária juncea, trigo mourisco e milho, respectivamente.

4.3. PÓS MILHO

4.3.1. Delineamento experimental e tratamentos

Na safra 2017/18 as plantas de cobertura foram estabelecidas em delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial 5 x 5, com 4 repetições para cada tratamento. O fator A foi composto por cinco plantas de cobertura [*Urochloa brizantha* cultivar Xaraés (braquiária), *Pennisetum glaucum* cultivar ANm 38 (milheto), *Fagopyrum esculentum* cultivar IPR Baili (trigo mourisco), *Crotalaria juncea* cultivar IAC-KR-1 (crotalária juncea) e *Crotalaria spectabilis* (crotalária spectabilis)] e o fator B por cinco épocas de avaliação durante o desenvolvimento das plantas de cobertura (18, 32, 46, 57, e 74 dias após a semeadura, respectivamente nas seguintes datas: 02/04, 16/04, 30/04, 11/05, 28/05/18).

As parcelas possuíam dimensões de 40 metros de comprimento por 4,5 metros de largura, totalizando 180 m². Na sequência, as parcelas com as plantas de cobertura e pousio (dessecado na metade do mês de abril com glyphosate - 1.000 g i.a. ha⁻¹ - associado a 2,4-D - 600 g i.a. ha⁻¹) foram subdivididas (20 x 4,5 m) para o estabelecimento do fator manejo de dessecação compondo um tratamento fatorial 6 x 2, com 4 repetições para cada tratamento. O fator A foram as plantas de cobertura mais pousio e fator B a aplicação do herbicida glyphosate associado a metsulfuron metílico 17 dias antes e no dia da semeadura do trigo (dessecação prévia e aplique e plante).

Na safra 2018/19 foram avaliados apenas as plantas de cobertura devido ao fato de que não é tão comum se cultivar dois anos trigo após milho safra, uma vez que a soja entra na rotação. Ainda, em função dos resultados obtidos no experimento 1, como a baixa produtividade de matéria seca da crotalária *spectabilis* e dificuldade de manejo/controlar o banco de sementes do trigo mourisco na cultura do trigo (vários fluxos de emergência e dificuldade de controle com herbicida) estas espécies não foram reavaliadas. Ainda, em função da antecipação da época de semeadura nesta safra, optou-se por avaliar as espécies *Urochloa brizantha* cultivar Xaraés (braquiária), *Pennisetum glaucum* cultivar ANm 38 (milheto), *Crotalaria juncea* cultivar IAC-KR-1 (crotalária juncea) e *Dolichos lablab* (lab-lab).

Deste modo, o delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4, sendo o fator A composto pelas quatro plantas de cobertura e o fator B pelas quatro épocas de avaliação durante o desenvolvimento das plantas de cobertura (26, 54, 69 e 86 dias após a semeadura, respectivamente nas seguintes datas: 28/02, 28/03, 12/04 e 29/04/19). As parcelas possuíam dimensões de 40 metros de comprimento por 4,5 metros de largura, totalizando 180 m².

4.3.2. Implantação e condução das plantas de cobertura

Ambos os experimentos foram conduzidos após milho safra (Híbrido P30F53 VHR), mas em áreas diferentes entre as safras. No experimento 1 (safra 2017/18), as condições de seca atrasaram a semeadura do milho, que foi implantado no dia 05/10/2017 e colhido dia 15/03/2018. No experimento 2 (safra 2018/19), o milho foi semeado dia 02/09/2018 e colhido dia 02/02/2019.

Em ambos os anos, antes de semear as plantas de cobertura foi realizada dessecação na área com herbicida glyphosate (1.000g i.a. ha⁻¹) a fim de controlar as plantas daninhas. As plantas de cobertura foram semeadas via semeadora de fluxo contínuo com espaçamento de 34

cm entre linhas e profundidade de semeadura de 2 cm, sem adubação. Em relação a taxa de semeadura, utilizou-se 13, 25, 45, 24, 12 e 50 kg ha⁻¹ de braquiária, crotalária juncea, trigo mourisco, milho, crotalária spectabilis e lab-lab, respectivamente.

4.4. IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DA CULTURA DO TRIGO

O manejo de dessecação, semeadura e condução do trigo foi similar nos tratamentos pós soja e milho, e portanto está apresentado de forma conjunta.

Para o trigo, o fator época de dessecação ocorreu nos dias 12/05 e 28/05 para o ano 1, e 11/05 e 27/05 para o ano 2 (somente pós soja). Foram utilizados os princípios ativos glyphosate (1.000 g i.a. ha⁻¹) e metsulfuron metílico (6 g i.a. ha⁻¹). O trigo foi semeado via semeadora de fluxo contínuo na data de 29 de maio de 2018, com espaçamento entre linhas de 17 cm e profundidade de semeadura de 2,5 cm. A cultivar de trigo utilizada foi a TBIO Toruk®, o qual é trigo tipo pão, força do glúten médio 320 g, grão duro e vermelho claro, peso de mil sementes de 33 g e com alto potencial produtivo; possui ciclo médio, altura de planta baixa e moderadamente suscetível para maioria das doenças (BIOTRIGO GENÉTICA, 2019). O volume de sementes foi de 150 kg ha⁻¹, a fim de resultar uma população de 450 sementes por metro quadrado.

A adubação do trigo foi realizada conforme recomendação da CQFS (2004) para expectativa de produtividade de 5 t ha⁻¹ e em função dos valores médios encontrados na análise de solo na profundidade 0 a 10 cm: pH CaCl₂ 5,1; fósforo 16,2 mg dm⁻³; potássio 0,3 cmol_c dm⁻³; matéria orgânica 46 g kg⁻¹, saturação por bases 59,3%; CTC 13,2 cmol_c dm⁻³; teor de argila de 530 g kg⁻¹. Para adubação de base utilizou-se 208 kg ha⁻¹ do formulado 16-36-00 (DAP) (33,3 kg ha⁻¹ de N e 74,9 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Na adubação de cobertura no perfilhamento foram utilizados 180 kg ha⁻¹ do formulado 13-00-28 (YaraBela + Cloreto de Potássio) (23,4 kg ha⁻¹ de N e 50,4 kg ha⁻¹ de K₂O) e adubação de cobertura no alongamento com 95 kg ha⁻¹ do formulado químico 46-00-00 (Ureia) (43,7 kg ha⁻¹ de N). O manejo de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado conforme recomendação da Embrapa (PIRES et al., 2014), sendo realizadas três aplicações de inseticida (controle de lagartas e pulgões) e três aplicações de fungicida (controle de ferrugem, oídio e manchas foliares).

No manejo específico de plantas daninhas, nas parcelas de pousio aplicou-se 700 g i.a. ha⁻¹ de 2,4-D para controle de soja guaxa. A dessecação das plantas de cobertura foi realizada com 1.000 g i.a. ha⁻¹ de glifosato associado a 6 g i.a. ha⁻¹ de metsulfurom metílico (2017/18 e

2018/19), e no perfilhamento aplicou-se 645 g i.a. ha⁻¹ de 2,4-D (2017/18). Como não se controlou o trigo mourisco no alongamento aplicou-se 585 g i.a. ha⁻¹ de MCPA no ano de 2017/18 e no ano 2018/19 aplicou-se somente 585 g i.a. ha⁻¹ de MCPA em final de perfilhamento do trigo.

4.5. AVALIAÇÕES

4.5.1. Plantas de cobertura

Foram realizadas as seguintes avaliações: altura de planta (medindo a altura de 10 plantas da parcela e expresso em cm); massa da matéria verde (kg ha⁻¹), cortando-se dois pontos de 1 metro linear por parcela experimental em cada data de avaliação; e massa matéria seca (kg ha⁻¹), onde pegou-se a amostra da determinação da massa verde e secou-se em estufa a 60°C até peso constante.

As amostras secas das duas últimas datas apenas das plantas de cobertura safra 2018 foram trituradas e enviadas para laboratório, a fim de realizar análise de tecido vegetal, analisando carbono (%), nitrogênio (g kg⁻¹), fósforo (g kg⁻¹) e potássio (g kg⁻¹) segundo o método descrito por Tedesco et al (1995). Para a quantidade de carbono, nitrogênio, fósforo e potássio por hectare, multiplicou-se a quantidade de massa produzida em cada época pela quantidade de cada nutriente no tecido.

As avaliações foram feitas 18, 32, 46, 57 e 74 dias após a semeadura, respectivamente nas seguintes datas: 02/04, 16/04, 30/04, 11/05, 28/05 no ano 2018; e 26, 41, 58, 69 e 86 dias após a semeadura, respectivamente nas datas de 28/03, 12/04, 29/04, 10/05 e 27/05 no ano 2019.

4.5.2. Trigo

Algumas avaliações diferiram do trigo pós soja e pós milho. Para os dois experimentos foram analisadas comprimento de espiga (cm), medindo-se o comprimento de 10 espigas por parcela; número de grãos por espiga, contando-se o número de grãos de 10 espigas por parcela; número de espiguetas por espiga, contando-se o número de espiguetas de 10 espigas por parcela; número de grãos por espiguetas, dividindo-se o número de grãos por espiga pelo número de espiguetas por espiga; massa de mil grãos (g), realizado de acordo com as Regras para Análise de Sementes RAS (BRASIL, 2009); produtividade de triguilho (kg ha⁻¹), sendo os grãos

que transpassam a peneira de crivo oblongo 1,75 x 20 mm (BRASIL, 2009); e produtividade de grãos de trigo (kg ha^{-1}), colhendo e trilhando 10 m^2 de parcela, pesando os grãos e corrigindo a umidade para 13%. Somente para o pós soja foi avaliado número de espigas por metro quadrado, contando-se o número de espigas de 1 metro quadrado por parcela. Apenas para pós milho foi avaliado peso espiga (g), peso de grãos por espiga (g); peso hectolitro, utilizando equipamento específico de acordo com as RAS (BRASIL, 2009); e, falling number, de acordo com o método 56-81B (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 2000).

4.6. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

O trabalho foi analisado considerando dois experimentos distintos. Um referente a as plantas de cobertura e trigo pós soja e outro pós milho. Após a coleta dos dados os mesmos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente realizou-se análise complementar utilizando Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para os tratamentos que houve interação fez-se o desdobramento das variáveis, para os que não houveram interação realizou-se análise de comparação de médias para os fatores em separado, com Scott Knott a 5% de probabilidade. Análises realizadas com auxílio do software estatístico Rbio (BHERING, 2017).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. DADOS CLIMÁTICOS

Observa-se na figura 1 que ocorreram dois períodos de limitação hídrica, um em abril e outro em julho de 2018, os quais coincidiram com o crescimento das plantas de cobertura e com a fase de perfilhamento, alongamento e diferenciação floral do trigo, respectivamente. Em outubro houve demasiado volume pluviométrico (próximo a 300 mm), período este que coincide com a colheita do trigo.

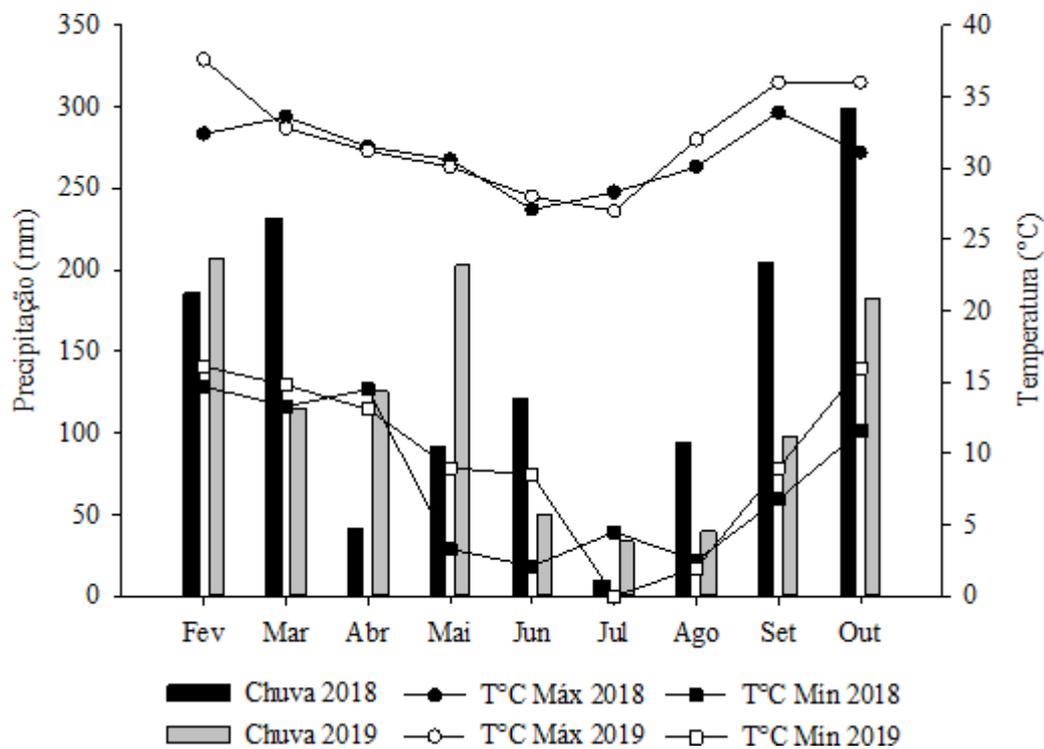


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura máxima e mínima (°C) monitoradas pela estação meteorológica instalada no campus da UTFPR-DV (INMET, 2019) e sintetizadas com prazos mensais entre meses de fevereiro e outubro nos anos 2018 e 2019.

Para a safra 2019, houve baixa precipitação pluviométrica nos meses de junho, julho e agosto (menos de 50 mm mês), coincidindo com desenvolvimento inicial e diferenciação floral do trigo.

Em relação a temperatura, no ano 2019 o mês de maio apresentou temperatura mínima baixa (menos que 5°C), momento que as plantas de cobertura ainda estavam crescendo no campo. Nas datas de 05, 06 e 20 de julho de 2019 ocorreram geadas, porém não danificaram a cultura do trigo, pois a mesma estava na fase de alongamento, uma vez que a semeadura foi realizada final de maio. Porém, em áreas comerciais onde a semeadura ocorreu início de maio e com materiais precoces, houve perda produtiva. Isto é importante, pois demonstra que é preciso respeitar o zoneamento do trigo a fim de reduzir riscos de perdas por geada, assim abrindo um período maior de entressafra e viabilizando o cultivo das plantas de cobertura.

5.2. ENTRESSAFRA SOJA-TRIGO

5.2.1. Plantas de cobertura

Ao analisar o comportamento das plantas de cobertura ao longo dos períodos de avaliação dentro de cada ano, evidenciou-se interação entre os fatores para os dois anos experimentais e para as três variáveis analisadas [Tabela 1 (Altura), 2 (Massa Verde) e 3 (Massa Seca)].

Constatou-se que as plantas de cobertura cresceram mesmo com o período de estresse hídrico durante o ano de 2018 (Figura 1). No ano 2019 as espécies apresentaram crescimento maior, pois não houve estresse hídrico e as plantas de cobertura foram semeadas mais cedo, com maior temperatura e luminosidade, e ficando mais tempo no campo. Em relação à altura, destaca-se o crescimento inicial de trigo mourisco e crotalária juncea no 1º e 2º ano de avaliações, além do crescimento do milheto no 2º ano, para a segunda data de avaliação (12/04/2019) (Tabela 1).

Em ambos os anos, a germinação e emergência das plantas de cobertura satisfatória, porém, algumas diferenças na altura das plantas de cobertura quando comparadas datas próximas entre os anos pode ser explicada em função da diferença entre os dias decorridos da semeadura e emergência das espécies, que foi maior no segundo ano.

Tabela 1: Altura das plantas de cobertura (cm) após a colheita da soja em 2018 e 2019, respectivamente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.

Ano Agrícola	Plantas de cobertura	Altura de plantas (cm)				
		18 DAS ¹ 02/04	32 DAS 16/04	46 DAS 30/04	57 DAS 11/05	74 DAS 28/05
2018	<i>Braquiária</i>	20,7 cD ²	23,3 cD	40,5 dC	53,5 dB	71,0 cA
	<i>C. juncea</i>	19,0 cE	67,2 aD	118,0 bC	140,3 bB	174,8 aA
	<i>Milheto</i>	30,0 bE	39,5 bD	140,7 aC	159,8 aB	177,5 aA
	<i>T. mourisco</i>	39,5 aB	73,0 aA	80,8 cA	84,0 cA	86,5 bA
C.V (%)		4,77				
2019	<i>Braquiária</i>	26 DAS 28/03	41 DAS 12/04	58 DAS 29/04	69 DAS 10/05	86 DAS 27/05
	<i>C. juncea</i>	11,5 cD	24,2 cC	42,2 dB	88,1 cA	88,1 cA
	<i>C. juncea</i>	25,6 bE	63,7 bD	116,1 bC	168,9 bB	201,6 bA
	<i>Milheto</i>	22,6 bE	71,0 abD	152,4 aC	195,9 aB	210,0 aA
<i>T. mourisco</i>	41,4 aD	77,7 aC	86,6 cB	95,4 cAB	93,7 cA	
C.V (%)		3,92				

¹ DAS- dias após a semeadura; ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Analisando todo o ciclo, em ambos os anos, destaca-se a velocidade e potencial de crescimento de milho e crotalaria juncea, os quais cresceram em média 2,38 e 2,39 cm por dia em 2018 e 2019, respectivamente, bem como a precocidade do trigo mourisco, cultura qual é precoce no processo fisiológico e também precoce na velocidade de crescimento e acúmulo de biomassa. Esta característica é importante para a supressão de plantas daninhas, evitando sua germinação e desenvolvimento devido a alta interceptação de luz pelas plantas de cobertura e baixa incidência de luz no solo (MENEZES; LEANDRO, 2004; OLIVEIRA et al., 2014).

Com o intuito de consorciação de plantas de cobertura, levando-se em consideração os dados de crescimento no presente experimento, poderia ser consorciado milho com crotalaria, pensando que nas 5 épocas de avaliações as duas culturas possuíssem crescimento semelhante. Também, pensando em aproveitar a precocidade do trigo mourisco e o crescimento lento da braquiária, poder-se-ia cultivar as duas culturas em consórcio pensando que o trigo mourisco se desenvolva mais rapidamente e a braquiária desenvolva-se entre meio o trigo mourisco, para

conseguir cobrir o solo mais rapidamente (trigo mourisco) e prolongar o ciclo do consórcio (braquiária).

Na Tabela 2 estão apresentados os valores de massa verde das plantas de cobertura. Para ambos os anos destaca-se o decréscimo de massa verde para trigo mourisco entre o penúltimo e último período de avaliação (em 2018 reduziu 8.280 kg ha⁻¹ e em 2019 reduziu 12.035 kg ha⁻¹), uma vez que esta cultura é muito precoce, atingindo rapidamente a maturidade fisiológica de seus grãos, podendo, portanto, ser inserida em períodos mais curtos entre soja-trigo (MENEZES; LEANDRO, 2004), com períodos de apenas 46 a 57 dias.

Tabela 2. Massa verde das plantas de cobertura (kg ha⁻¹) após a colheita da soja em 2018 e 2019, respectivamente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.

Ano Agrícola	Plantas de cobertura	Massa Verde (kg ha ⁻¹)				
		18 DAS ¹ 02/04	32 DAS 16/04	46 DAS 30/04	57 DAS 11/05	74 DAS 28/05
2018	<i>Braquiária</i>	434 cD ²	3.618 Bc	12.257 cA	17.868 bA	20.110 bA
	<i>C. juncea</i>	338 cD	2.632 Bc	8.154 dA	12.654 cA	14.243 cA
	<i>Milheto</i>	2.603 bD	10.985 Ac	25.044 aB	34.632 aA	34.787 aA
	<i>T. mourisco</i>	4.846 aD	9.787 Ac	15.507 bB	19.287 bA	11.007 dC
C.V (%)		7,68				
2019	<i>Braquiária</i>	404 bE	3.484 Cd	11.667 bC	21.424 dB	31.242 bA
	<i>C. juncea</i>	1.882 bE	5.697 Cd	13.576 bC	17.545 cB	21.803 cA
	<i>Milheto</i>	2.106 bE	10.927 Bd	23.166 aC	35.333 aB	46.848 aA
	<i>T. mourisco</i>	5.189 aD	14.272 Ac	22.515 aC	25.489 bB	13.454 dA
C.V (%)		6,69				

¹ DAS- dias após a semeadura; ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Para o ano 2018 houve uma limitação na produção de massa verde pelo milheto, havendo estagnação na produção após 11/05. Esse caso está diretamente relacionado ao estresse hídrico entre abril e maio (Figura 1) e ao estágio fenológico do milheto, que já estava em final da fase reprodutiva, aumentando apenas o teor de massa seca das plantas (Tabela 3). Este fato não é verificado no ano de 2019, pois a semeadura antecipada associado a boa disponibilidade

hídrica permitiu um crescimento constante das plantas de cobertura. Em relação a braquiária e crotalária juncea, percebe-se que em ambos os anos as coberturas ainda apresentavam potencial de continuar no campo produzindo biomassa, uma vez que estavam em início de fase reprodutiva.

Reforçando a precocidade do trigo mourisco apresentada na Tabela 2, observa-se na Tabela 3 que há senescência da cultura e decréscimo na produção de massa seca de trigo mourisco aos 74 e 86 DAS para os anos de 2018 e 2019, respectivamente, evidenciando-se seu rápido desenvolvimento e precoce senescência.

Tabela 3. Massa seca das plantas de cobertura (kg ha⁻¹) após a colheita da soja em 2018 e 2019, respectivamente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.

Ano Agrícola	Plantas de cobertura	Massa Seca (kg ha ⁻¹)				
		18 DAS ¹ 02/04	32 DAS 16/04	46 DAS 30/04	57 DAS 11/05	74 DAS 28/05
2018	<i>Braquiária</i>	68 bE ²	603 Bd	1.919 bC	2.625 cB	3.632 bA
	<i>C. juncea</i>	58 bE	441 Bd	1.588 bC	3.044 cB	3.801 bA
	<i>Milheto</i>	291 aE	1.735 Ad	3.081 aC	6.618 aB	8.537 aA
	<i>T. mourisco</i>	425 aD	1.574 Ac	3.059 aB	5.051 bA	4.404 bA
C.V (%)		7,79				
2019	<i>Braquiária</i>	85 bD	516 Cd	2.220 cC	3.466 bB	5.710 bA
	<i>C. juncea</i>	335 abE	1.193 Bd	2.555 cC	3.822 bB	5.232 cA
	<i>Milheto</i>	399 abE	1.535 Bd	4.200 bC	6.121 aB	9.097 aA
	<i>T. mourisco</i>	708 aE	2.418 Ad	4.783 aB	6.345 aA	3.949 dC
C.V (%)		6,08				

¹ DAS- dias após a semeadura; ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Em ambos os anos de avaliação, as culturas de cobertura possuíram o mesmo ritmo de crescimento, salvo no ano de 2019 que produziu mais massa seca que em 2018, estando este fato aliado a semeadura antecipada. Isso propicia maior temperatura e maior fotoperíodo aumentando a taxa fotossintética (PACHECO et al., 2011).

Destaca-se a produção de massa seca de milho no primeiro e segundo ano, onde produziu 8.537 e 9.097 kg ha⁻¹, respectivamente, com produção média de 115 e 105 kg MS ha⁻¹ por dia. Em relação às gramíneas, o incremento médio de biomassa (dois anos) entre as duas últimas épocas de avaliação foi de 2.447,5 kg ha⁻¹ e 1.625,5 kg ha⁻¹ para o milho e a braquiária. No segundo ano, considerando todo o aparato fotossintético desenvolvido, a taxa de acúmulo da braquiária entre os dois últimos períodos de avaliação foi de 132 kg MS ha⁻¹ por dia. Considerando por este viés, seria importante manter as plantas se desenvolvendo, no entanto, esse incremento de biomassa se traduz em redução de produtividade do trigo (tabela 5), devido a massa tenra da braquiária dificultar a plantabilidade do trigo, pois os discos duplos defasados da semeadora não tem poder de corte.

Em Goiás, Pacheco et al (2011) evidenciaram que a produção de massa seca da braquiária foi de 2.100 kg ha⁻¹ e 5.577 kg ha⁻¹ com 60 e 75 DAS, respectivamente, evidenciando o potencial de crescimento da espécie em períodos mais longos de desenvolvimento. Os mesmos autores destacaram o potencial do milho, com produção de 6.025 kg ha⁻¹ e 8.495 kg ha⁻¹ em 60 e 75 DAS, respectivamente.

Já para crotalária juncea, por ser uma leguminosa, não há elevada imobilização de N para o trigo, e isso permite explorá-la por mais tempo, pois aumentou 757 e 1.410 kg ha⁻¹ entre as duas últimas épocas de avaliação, em 2018 e 2019, respectivamente. No primeiro ano a crotalária juncea não expressou seu potencial, pois é influenciada pelo fotoperíodo, e como no outono o fotoperíodo diminui, a planta tende a florescer antes, reduzir de tamanho, produzindo menos ramos e incorporando menos carbono aos seus tecidos (NETO; CAMPOS, 2017). Em curto período outonal, Neto e Campos (2017) em Ponta Grossa encontraram produtividades de 1.300 kg ha⁻¹ e 2.500 kg ha⁻¹ para crotalária juncea e trigo mourisco semeados final de fevereiro, respectivamente, e 1.100 kg ha⁻¹ e 1.400 kg ha⁻¹ de crotalária juncea e trigo mourisco semeados meados de março, respectivamente, evidenciando assim a importância da semeadura antecipada das coberturas. Estes dados corroboram com os encontrados no presente experimento e evidenciam a importância do fotoperíodo para a produção de biomassa.

Segundo Klein et al (2010), o trigo mourisco tem potencial de produção de até 8.000 kg ha⁻¹ de massa seca, porém a presença de baixas temperaturas limita o seu desenvolvimento. Este fato é visualizado neste trabalho, onde 2018 apresentou temperatura mínima abaixo de 5°C em maio, resultando em produção de 5.051 kg ha⁻¹, já em 2019 onde a temperatura mínima foi próxima a 10°C, obteve-se uma produção de 6.345 kg ha⁻¹.

Com estes resultados de altura de planta, massa de matéria verde e massa de matéria seca, pode-se montar um manejo de inserção de plantas de cobertura com estratégias de

dessecação, podendo posicionar as plantas de cobertura de acordo com o período de tempo de entressafra entre a cultura de verão e inverno (MENEZES; LEANDRO, 2004; PACHECO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013; NETO; CAMPOS, 2017).

Tabela 4. Teor e acúmulo de nutrientes da parte aérea de plantas de cobertura cultivados na entressafra soja-trigo (safra 2017/18), avaliados em dois períodos (57 DAS - dessecação antecipada e 74 DAS - aplique e plante). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.

Plantas de cobertura	Teor de nutrientes							
	C (%)		N (g kg ⁻¹)		P (g kg ⁻¹)		K (g kg ⁻¹)	
	57 DAS	74 DAS	57 DAS	74 DAS	57 DAS	74 DAS	57 DAS	74 DAS
<i>Braquiária</i>	61,4 b		24,9 aA ¹	27,6 aA	1,55 cA	1,23 bB	24,04 A	22,12 A
<i>C. juncea</i>	64,6 a		27,1 aA	21,4 bB	2,85 aA	2,1 aB	16,25 A	13,45 A
<i>Milheto</i>	64,8 a		18,3 bA	14,4 cB	2,12 bA	2,12 aA	13,85 A	13,00 A
<i>T. mourisco</i>	64,4 a		20,9 bA	19,7 bA	0,70 dA	1,00 bA	20,82 A	12,40 B
CV (%)	2,61		10,53		15,06		11,34	
Plantas de cobertura	Acúmulo de nutrientes (kg ha ⁻¹)							
	C		N		P		K ₂ O	
	57 DAS	74 DAS	57 DAS	74 DAS	57 DAS	74 DAS	57 DAS	74 DAS
<i>Braquiária</i>	936 cA ¹	1.455 bB	65 bB	100 bA	9,2 cA	10,1 cA	63,8 bA	81,0 bA
<i>C. juncea</i>	1.274 cA	1.578 bA	83 bA	81 bA	19,7 bA	18,3 bA	46,9 bA	42,8 cA
<i>Milheto</i>	2.786 aA	3.696 aB	121 aA	126 aA	32,0 aB	41,6 aA	91,6 aA	111,0 aA
<i>T. mourisco</i>	1.839 bA	2.093 bA	105 aA	87 bA	8,6 cA	10,1 cA	103,2 aA	54,7 cB
CV (%)	14,57		16,06		12,47		17,85	

¹ DAS- Dias após a semeadura; Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05); ns- não significativo

Para o teor de nutrientes da parte aérea das plantas de cobertura, as concentrações de carbono em g kg⁻¹ diferiram entre as plantas de cobertura, sendo que a menor concentração de carbono foi na braquiária, com 61,4 g kg⁻¹ (Tabela 4).

Para nitrogênio, aos 57 DAS, a braquiária e crotalária juncea apresentaram as maiores quantidades de N em seus tecidos, com 24,9 e 27,1 g kg⁻¹, respectivamente. Já para os 74 DAS,

braquiária apresentou maior acúmulo de nitrogênio, com $27,6 \text{ g kg}^{-1}$. Os maiores incrementos de N por área foram de milho e trigo mourisco aos 57 DAS, e de milho para 74 DAS, com 121, 87 e 126 kg ha^{-1} , respectivamente. Esta alta ciclagem de N por gramíneas pode ser derivado da mobilização de nutrientes e ciclagem da MO e também da simbiose das gramíneas com bactérias como o *Azospirillum* spp já presentes na área (REIS et al., 2008).

Para fósforo, em ambas épocas de avaliação, o milho possuiu o maior acúmulo por área, com $32,0$ e $41,6 \text{ kg P ha}^{-1}$ para 57 e 74 DAS, respectivamente. Mesmo crotalária juncea possuindo maior quantidade de fósforo em seus tecidos ($2,8$ e $2,1 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente), isso não refletiu em maior acúmulo de P por área, fator atrelado a menor produção de matéria seca se comparado ao milho (Tabela 3). Valores semelhantes aos desse trabalho foram encontrados por Pacheco et al (2011) utilizando braquiária e milho no Piauí.

Milho e trigo mourisco se destacam no acúmulo de K por área aos 57 DAS, com $91,6$ e $105,9 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. Já aos 74 DAS milho elevou acúmulo de K por área para $111,0 \text{ kg ha}^{-1}$, enquanto trigo mourisco reduziu K para $54,7 \text{ kg ha}^{-1}$, pois milho continuou seu desenvolvimento enquanto o trigo mourisco já estava em senescência (Tabela 2). Como trigo mourisco estava em senescência, diminuiu quantidade de água nos tecidos, com isso há uma difusão de K dos vacúolos da planta, facilitando a lavagem do nutriente pela chuva (ROSOLEM et al., 2003). Esta lixiviação é intensificada pela desorganização da cutícula que reveste a epiderme da folha, constituinte da barreira de penetração de água na folha (MALAVOLTA, 1980). Com isso, períodos de até 57 dias permitem expressão do potencial de produção de massa seca e também acúmulo de nutrientes pelo trigo mourisco.

5.2.2. Trigo

Na Tabela 5 verifica-se que a variável número de espigas por metro quadrado não possuiu diferença significativa para ambos os tratamentos e anos. Isso é vantajoso, pois pressupõe que não houve interferência negativa da palhada das coberturas sobre a população e nem sobre o perfilhamento do trigo (FOLONI et al., 2016).

Tabela 5. Comprimento de espiga (CE), número de espigas por m² (NEMQ), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espigueta (NGEsp) e número de grãos por espiga (NGE) de trigo após duas épocas de dessecação das plantas de cobertura em dois anos agrícolas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.

Ano Agrícola	Plantas de cobertura	CE (cm)		NEMQ		NGE		NEE		NGEsp	
		DA ¹	AP	DA	AP	DA	AP	DA	AP	DA	AP
2018	<i>Braquiária</i>	7,6 aA ²	6,9 bB	485 ^{ns}	33 ^{ns}	15,0 aA	13,3 bB	2,3 ^{ns}			
	<i>C. juncea</i>	7,2 bA	7,2 aA	570	34	13,4 bA	13,7 bA	2,5			
	<i>Milheto</i>	7,6 aA	7,3 aA	526	34	14,3 bA	14,1 aA	2,4			
	<i>T. mourisco</i>	7,4 aA	6,9 bB	561	36	14,1 bA	13,4 bA	2,6			
	Pousio	7,6 aA	7,6 aA	566	34	13,7 bA	13,7 bA	2,5			
Média				568 ^{ns}	35 ^{ns}	34		2,5 ^{ns}	2,4		
C.V (%)		4,70		14,89	8,69	5,14		8,26			
2019	<i>Braquiária</i>	7,0 b		409 ^{ns}	31 c	14,4 ^{ns}		1,9 cB	2,4 bA		
	<i>C. juncea</i>	7,6 a		406	40 a	14,2		2,9 aA	2,6 aA		
	<i>Milheto</i>	7,2 b		411	37 b	13,5		2,5 bA	2,8 aA		
	<i>T. mourisco</i>	7,2 b		415	33 c	13,4		2,6 bA	2,4 bA		
	Pousio	7,2 b		393	33 c	13,4		2,5 bA	2,4 bA		
Média		7,3 ^{ns}	7,2	405 ^{ns}	35 ^{ns}	34	13,7 ^{ns}	13,8	2,45	2,5	
C.V (%)		3,40		10,19	7,07	6,84		7,61			

¹DA- Dessecação antecipada; AP- Aplique e plante. ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Em relação ao comprimento de espiga, este está relacionado ao número de espiguetas por espiga, ou seja, quanto maior a quantidade de espiguetas por espiga, maior o comprimento por espiga (VESOHOSKI et al., 2011). Os mesmos autores relatam que a quantidade de espiguetas por espiga é um dos componentes de rendimento que influencia diretamente na produtividade, aliado ao número de grãos por espiga e consequentemente número de grãos por espigueta. Porém o que se visualiza no presente experimento é uma produtividade (Tabela 6) construída através do somatório das pequenas diferenças entre os componentes de rendimento (Tabela 5), que quando apresentam um baixo valor de um componente de rendimento compensam em outro componente de rendimento, devido a plasticidade da cultura do trigo.

Tabela 6. Massa de mil grãos (M1000) e produtividade (Prod) de trigo após duas épocas de dessecação das plantas de cobertura em dois anos agrícolas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.

Ano Agrícola	Plantas de cobertura	M1000 (g)		Prod (kg ha ⁻¹)	
		DA ¹	AP	DA	AP
2018	<i>Braquiária</i>	34,0 a ²		3.999 aA	2.643 bB
	<i>C. juncea</i>	30,4 b		3.060 bA	2.913 bA
	<i>Milheto</i>	31,4 b		3.366 bA	3.341 aA
	<i>T. mourisco</i>	33,6 a		3.227 bB	3.743 aA
	Pousio	35,0 a		4.023 aA	4.023 aA
Média		33,2 ns	32,5	3.535	3.332
C.V (%)		5,27		9,83	
2019	<i>Braquiária</i>	29,7 Aa	26,0 Bd	3.595 Aa	2.133 Bc
	<i>C. juncea</i>	31,3 Ba	34,7 Aa	3.706 Aa	3.733 Aa
	<i>Milheto</i>	30,3 Aa	28,3 Bc	3.414 Ab	2.825 Bb
	<i>T. mourisco</i>	30,7 Aa	32,3 Ab	3.378 Ab	3.533 Aa
	Pousio	32,7 Aa	32,2 Ab	3.851 Aa	3.762 Aa
Média		30,9	30,7	3.589	3.197
C.V (%)		3,75		5,31	

¹DA- Dessecação antecipada; AP- Aplique e plante. ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Para o maior número de grãos por espiga no tratamento crotalária juncea ano 2019 (40 grãos por espiga), e conseqüentemente maior número de grãos por espigüeta (2,9 e 2,6 grãos por espigüeta para dessecação prévia e aplique e plante, respectivamente), possivelmente está relacionado a maior fixação biológica de nitrogênio da crotalária juncea, a qual disponibiliza nitrogênio para o trigo durante o seu ciclo e principalmente na definição de seu potencial de rendimento (LANGER, LIEW, 1973), porém não reflete em maior produtividade do trigo.

Como mencionado anteriormente, a maior massa de mil grãos no tratamento braquiária pode ser explicado pelo mecanismo de compensação que a planta faz entre seus componentes de rendimento, ou seja, tendo um menor número de espiga e grãos por metro quadrado, esses tendem a ficar mais pesados.

Segundo Vesohoski et al (2011), a massa de mil grãos é um dos componentes de rendimento que mais influencia na produtividade do trigo, pois quanto maior o acréscimo no peso de grãos maior a produtividade. Ainda, boa parte da massa de mil grãos é proveniente da redistribuição de reservas armazenadas no colmo durante o ciclo vegetativo, então, fatores que comprometem o desenvolvimento vegetativo do trigo interferem posteriormente na definição da massa de mil grãos (HEINEMANN et al., 2006). Verifica-se que, de modo geral, em ambos os anos os tratamentos compostos por gramíneas (principalmente no apply e plante) possuíram menor massa de mil grãos, fato que está atrelado a imobilização do N pelas coberturas de gramíneas (CALONEGO et al., 2012) e conseqüentemente influenciando o desenvolvimento e afetando a produtividade do trigo.

Mesmo com o estresse hídrico em ambos os anos e em momentos cruciais para a definição de produtividade, e também pelas intensas chuvas na maturação do trigo (Figura 1), a produtividade em todos os tratamentos (menos braquiária apply e plante 2019) foram superiores a média paranaense para a mesma safra, que foi de 2.582 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

Não indica-se semear trigo em apply e plante na braquiária, pois ela possuiu muito volume de massa, sendo plantas sem talo e com touceira, com boa cobertura sobre o solo e alta relação C:N. Esses fatos fazem com que dificulte a plantabilidade do trigo, havendo falhas, e as plantas que germinam e emergem tenham déficit de nitrogênio pela necessidade de imobilização da palhada de braquiária (NETO; CAMPOS, 2017).

A produção de massa da braquiária é inversamente proporcional a produtividade de trigo, ou seja, quanto maior a massa de braquiária menor a produção de trigo. No caso do presente experimento, o fato da braquiária continuar produzindo massa por mais 17 dias no campo e semear trigo no apply e plante, tornou por consequência 1.408,7 kg ha⁻¹ a menos de produtividade do trigo, na média dos dois anos, resultando em 23,5 sc ha⁻¹ a menos, ou seja, em torno de R\$ 1.000,00 a menos de receita (variável conforme mercado). Quando analisa-se o ano de 2019, percebe-se que a diminuição da produtividade do trigo foi mais acentuada pois a massa seca da braquiária também foi maior.

Após milheto, em 2018 não verificou-se diferença produtiva no trigo entre apply e plante e dessecação prévia. Já em 2019, diferenças foram observadas, fato que está atrelado a maior quantidade de massa seca produzida (mais de 9.097 kg ha⁻¹) e também ao baixo volume pluviométrico em junho/2019 (Figura 1), podendo ter causando problemas de déficit de nitrogênio no trigo. Além disso, 2019 apresentou menor precipitação próximo ao estabelecimento, e talvez no apply e plante associado ao maior volume de massa, a semente do trigo tenha ficado mais superficial, afetando o seu desenvolvimento inicial. Assim, os quase

3.000 kg MS ha⁻¹ a mais de biomassa de milho entre a dessecação prévia e o aplicação e plantio inferiu em 588 kg ha⁻¹ a menos no aplicação e plantio, em torno de R\$ 440,00 a menos de receita em função da venda do trigo. Deste modo, recomenda-se a dessecação prévia do milho para semeadura de trigo, a fim de evitar riscos produtivos e econômicos.

Para crotalária juncea, por ser uma leguminosa e possuir baixa relação C:N, não houve diferença na produtividade do trigo quando semeado em aplicação e plantio ou dessecação prévia, sendo indicado deixar a crotalária produzindo biomassa por mais tempo, ciclando mais nutrientes, fixando mais nitrogênio e produzindo mais biomassa. Além disso, a semeadura de trigo pós crotalária juncea é favorecida, pois esta cobertura forma talos e não possui dificuldade de corte pelos discos duplos desencontrados da semeadora (NETO; CAMPOS, 2017). Porém o cultivo de crotalária juncea é limitante pelo alto custo de aquisição de sementes que varia entre R\$ 200,00 e R\$ 250,00 por hectare, indicando-se cultivá-la em períodos maiores de entressafra a fim de aproveitar melhor o seu potencial de produção de biomassa. O consórcio com milho poderia viabilizar a utilização da crotalária juncea no sistema agrícola, pois reduz-se a quantidade de sementes de crotalária por área, diminuindo o custo, uma vez que o milho tem próximo a 15% do custo da crotalária juncea.

A produtividade do trigo cultivado após de trigo mourisco no segundo ano não diferiu entre semear trigo em aplicação e plantio ou dessecação prévia, uma vez que o trigo mourisco já havia completado seu ciclo e estava em senescência. No primeiro ano a diferença visualizada onde na dessecação prévia produziu menos, é derivado da competição do trigo mourisco com a cultura do trigo, aliado ao grande fluxo germinativo de sementes no solo e com a dificuldade do controle químico das plantas voluntárias de trigo mourisco. Foi visualizada tolerância aos herbicidas metsulfuron metílico e 2,4-D, conseguindo-se controlar trigo mourisco somente aplicando MCPA (segundo ano de experimento foi adotado o controle com MCPA logo no início do ciclo do trigo). Alguns autores relatam alelopatia de trigo mourisco, porém com efeito quase nulo em trigo e mais severo em plantas daninhas do trigo (poaia, caruru, azevém) (GOLINSZ et al., 2002; KUMAR et al., 2009), podendo ser uma alternativa de supressão de daninhas.

Uma preocupação com o cultivo das plantas de cobertura é a possibilidade de desenvolvimento de patógenos no solo, como o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em cultivos de crotalária juncea (SKINNER et al., 2012). Porém, isso não foi visualizado no presente experimento. Uma preocupação visualizada no experimento é a tolerância do trigo mourisco a 6 g ia ha⁻¹ de metsulfuron metílico e a 645 g ia ha⁻¹ de 2,4-D. Assim, torna-se

necessário mais estudos, principalmente de manejo de trigo mourisco em pré semeadura de trigo.

Talvez a semeadura mais tardia de cultivares superprecoces de trigo poderiam melhorar a plantabilidade do trigo e amenizar a competição e imobilização de N nos cultivos pós gramíneas (NUNES et al., 2011). Ainda, o uso de herbicidas com efeito de dessecação mais rápido como o glufosinato de amônio e haloxifope-p-metílico (desde que respeite residual do produto) podem permitir a redução do período entre dessecação e semeadura do trigo e consequentemente permitir um maior acúmulo de biomassa, viabilizando ainda mais as plantas de cobertura.

5.3. ENTRESSAFRA MILHO-TRIGO

5.3.1. Plantas de cobertura

Ao analisar o comportamento das plantas de cobertura ao longo dos períodos de avaliações, evidenciou-se interação entre os fatores para os dois anos de experimento. Mesmo com o estresse hídrico visualizado na Figura 1, observa-se que as plantas de cobertura cresceram e produziram elevada quantidade de massa durante o período de estresse hídrico (Tabela 7, 8 e 9).

Em relação à altura, destaca-se o crescimento inicial de trigo mourisco e crotalária juncea, possuindo alturas de 50 e 53,5 cm aos 32 DAS em 2018, e de crotalária juncea e milho em 2019, com altura de 143,7 e 159,7 cm, aos 54 DAS. Esta característica é importante para a supressão de plantas daninhas, evitando sua germinação e desenvolvimento (MENEZES; LEANDRO, 2004; OLIVEIRA et al., 2014).

Já a crotalária *spectabilis* e braquiária apresentaram crescimento inicial mais lento nos primeiros 32 DAS, com 15,8 e 25,8 cm de altura, respectivamente. Em ambos os anos destaca-se a velocidade e potencial de crescimento de milho e crotalária juncea, onde cresceram em média 2,52 e 2,21 cm por dia, respectivamente. Em função da semeadura mais precoce, a braquiária cresceu em média 1,23 cm por dia em 2019 e apenas 0,83 cm por dia em 2018.

Tabela 7. Altura das plantas de cobertura (cm) após a colheita da soja em 2018 e 2019, respectivamente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.

Ano Agrícola	Plantas de cobertura	Altura de plantas (cm)				
		02/04 18 DAS ¹	16/04 32 DAS	30/04 46 DAS	11/05 57 DAS	28/05 74 DAS
2018	<i>Braquiária</i>	20,0 cE ³	25,8 cD	40,5 cC	46,5 dB	61,8 dA
	<i>C. juncea</i>	17,3 cE	53,5 aD	101,3 aC	116,0 bB	145,2 bA
	<i>Milheto</i>	30,0 aE	37,5 bD	103,8 aC	163,4 aB	181,6 aA
	<i>T. mourisco</i>	25,0 bC	50,0 aB	65,0 bA	66,6 cA	68,5 cA
	<i>C. spectabilis</i>	9,8 dE	15,8 dD	23,0 dC	33,8 eB	44,5 eA
C.V (%)		3,42				
2019		28/02 26 DAS ¹	28/03 54 DAS	12/04 69 DAS	29/04 86 DAS	
	<i>Braquiária</i>	21,3 abD ²	78,9 cC	94,8 cB	109,2 bA	
	<i>C. juncea</i>	21,1 abD	143,7 bC	194,4 aB	211,9 cA	
	<i>Milheto</i>	29,5 aD	159,7 aC	176,8 bB	223,0 cA	
	<i>Lab-lab</i>	14,7 bC	67,7 cB	80,3 dAB	69,2 cA	
C.V (%)		5,33				

¹DAS- Dias após a sementeira; ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Na Tabela 7 estão apresentados os valores de massa verde das plantas de cobertura. Aos 32 DAS para o primeiro ano trigo mourisco se destaca com produção de 7.441 kg ha^{-1} , pois esta cultura é muito precoce e pode ser inserida em períodos mais curtos entre milho-trigo (MENEZES; LEANDRO, 2004).

Para ambos os anos percebe-se um aumento linear no acúmulo de biomassa produzido pelas plantas de cobertura, com isso, caso o período de entressafra fosse maior poderia se explorar mais ainda estas plantas de cobertura. No ano de 2018 o milho apresentou destaque em produção de massa verde, com $31.588 \text{ kg ha}^{-1}$. Já no segundo ano, quem obteve maior produção de massa verde foi a braquiária, com $46.182 \text{ kg ha}^{-1}$. Essa superioridade da braquiária é explicada pela sementeira mais no cedo, abrangendo em seu ciclo temperatura e fotoperíodo maior, por ser uma planta perene, necessita de períodos de tempo mais longos para expressar seu potencial (PACHECO et al., 2008).

Tabela 8. Massa verde das plantas de cobertura (kg ha⁻¹) após a colheita da soja em 2018 e 2019, respectivamente. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.

Ano Agrícola	Plantas de cobertura	Massa Verde (kg ha ⁻¹)				
		02/04 18 DAS ¹	16/04 32 DAS	30/04 46 DAS	11/05 57 DAS	28/05 74 DAS
2018	<i>Braquiária</i>	333 dE ²	6.250 bD	9.949 bC	11.934 bB	17.360 bA
	<i>C. juncea</i>	552 cD	3.985 cC	4.507 dC	9.765 cB	12.507 cA
	<i>Milheto</i>	1.294 bE	5.463 bD	20.051 aC	27.044 aB	31.588 aA
	<i>T. mourisco</i>	2.684 aD	7.441 aC	7.294 cC	9.463 cB	11.963 cA
	<i>C. spectabilis</i>	202 dD	1.324 dC	1.596 eC	8.382 cB	12.264 cA
C.V (%)		5,74				
2019	<i>Braquiária</i>	28/02 26 DAS ¹	28/03 54 DAS	12/04 69 DAS	29/04 86 DAS	
	<i>C. juncea</i>	2.318 bD	18.485 cC	39.576 aB	46.182 Aa	
	<i>Milheto</i>	1.770 bD	24.985 bC	30.970 bB	36.515 Ba	
	<i>Lab-lab</i>	7.560aB	34.136 aA	33.303 bA	36.591 Ba	
	<i>Lab-lab</i>	2.757 bD	17.773 cC	22.181 cB	26.728 Ca	
C.V (%)		7,40				

¹DAS- Dias após a semeadura; ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05).

O mesmo modo é retratado para crotalária juncea, que em 2018 produziu 12.507 kg ha⁻¹ de massa verde e em 2019 produziu 36.515 kg ha⁻¹, uma vez que o período foi mais longo de desenvolvimento e semeadura mais no cedo. Além disso, a maior produção de massa verde em 2019 pode ser decorrente à pluviosidade abundante, fato que não ocorreu em 2018.

Reforçando a precocidade do trigo mourisco apresentada na Tabela 7, observa-se na Tabela 8 rápida produção de massa seca até 32 DAS. Todavia, entre 32 e 74 DAS há diminuição na velocidade de produção de massa, pois é afetado pela imobilização de N dos restos culturais no milho, diminuindo sua produtividade, uma vez que trigo mourisco tem potencial de produção de até 7.000 kg ha⁻¹ (GÖRGEN et al., 2016).

Já a crotalária spectabilis apresentou a menor produtividade de biomassa (1.662 kg ha⁻¹ aos 74 DAS), produzindo apenas 45% do total produzido pela crotalária juncea, sendo conhecida por seu crescimento lento e tardia produção de massa seca (CALEGARI et al., 1993; LOPES, 2000).

Tabela 9. Massa seca das plantas de cobertura (kg ha⁻¹) após a colheita da soja em 2018 e 2019.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.

Ano Agrícola	Plantas de cobertura	Massa Seca (kg ha ⁻¹)				
		02/04 18 DAS ¹	16/04 32 DAS	30/04 46 DAS	11/05 57 DAS	28/05 74 DAS
2018	<i>Braquiária</i>	56 cD ²	735 bC	1.712 bB	1.933 cB	3.390 bA
	<i>C. juncea</i>	69 cE	765 bD	1.118 cC	2.329 bB	3.669 bA
	<i>Milheto</i>	165 bE	926 bD	3.103 aC	5.103 aB	7.272 aA
	<i>T. mourisco</i>	316 aE	1.235 aD	1.882 bC	2.484 bB	3.706 bA
	<i>C. spectabilis</i>	48 cD	190 cC	360 dB	1.441 dA	1.662 cA
C.V (%)		5,82				
2019	<i>Braquiária</i>	28/02 26 DAS ¹	28/03 54 DAS	12/04 69 DAS	29/04 86 DAS	
	<i>C. juncea</i>	394 aD	3.703 bcC	7.445 bB	9.025 bA	
	<i>Milheto</i>	285 aD	4.166 bC	7.444 bB	8.400 bA	
	<i>Milheto</i>	932 aD	6.681 aC	8.290 aB	10.895 aA	
	<i>Lab-lab</i>	553 aD	2.906 cC	3.937 cB	5.023 cA	
C.V (%)		7,50				

¹DAS- Dias após a semeadura; ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05).

Nas duas últimas épocas de avaliação em 2018 o milho possuiu a maior produção de massa, produzindo 5.103 e 7.272 kg ha⁻¹, com incremento em média de 98,3 kg ha⁻¹ por dia. Já no ano de 2019, o milho produziu em média 126,7 kg ha⁻¹ por dia, produzindo 10.895 kg ha⁻¹ durante 86 dias, sendo a espécie que mais produziu massa seca, fato atribuído principalmente a semeadura no cedo e maior fotoperíodo (PACHECO et al., 2008). Crotalária juncea também apresentou maior potencial quando semeado no cedo, com melhor e mais rápido desenvolvimento, respondendo ao fotoperíodo (NETO; CAMPOS, 2017). Isso é importante, porque de forma excepcional a safra 2018, a safra 2019 representa bem a principal época de colheita do milho safra, ou seja, início de fevereiro, o que permite um período de entressafra milho/trigo de mais de 100 dias, viabilizando ainda mais o cultivo de plantas de cobertura.

Já o lab-lab, cultura que foi inserida em 2019 devido a retirada de crotalária spectabilis (cultura tardia com pouca produção de massa seca) e trigo mourisco (problemas com sementeira precoce e posteriormente como planta daninha no trigo), apresentou produção de 5.023 kg ha⁻¹, sendo a cultura que menos produziu no ano. Porém, essa produção está acima da encontrada

por Nunes et al (2006), que foi de 2.960 kg ha⁻¹, e também mostra que a referida cobertura tem potencial de produção de massa, podendo chegar a produtividades de 15.300 kg ha⁻¹ (NETO et al., 2010).

Com estes resultados de AP, MMV e MMS pode-se montar um manejo de inserção de plantas de cobertura com estratégias de dessecação, podendo posicionar as plantas de cobertura de acordo com o tempo de pousio entre a cultura de verão e inverno (MENEZES; LEANDRO, 2004; PACHECO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013; NETO; CAMPOS, 2017).

Para o teor de nutrientes da parte aérea das plantas de cobertura, as concentrações de carbono em g kg⁻¹ não diferiram entre as plantas de cobertura (Tabela 10). Para nitrogênio, crotalária spectabilis apresentou a maior quantidade de N em seus tecidos, com 44,6 g kg⁻¹. Para incremento de N por área, nos 57 DAS milho e crotalária juncea possuíram os maiores valores, e aos 74 DAS o milho apresentou o maior incremento de N por área.

Em relação ao fósforo, verifica-se que o milho possui a menor concentração de P em seus tecidos nas duas épocas avaliadas, sendo 2,15 g kg⁻¹ nos 57 DAS e 2,08 g kg⁻¹ nos 74 DAS (trigo mourisco também possuiu 2,08 g kg⁻¹ para esta época). Porém mesmo possuindo a menor concentração de P nos tecidos, o milho possui a maior capacidade de ciclagem de P em kg ha⁻¹, sendo 25,1 e 34,6 kg ha⁻¹ para 57 e 74 DAS, respectivamente, pois possui a maior produção de MMS (Tabela 9).

Para potássio, a maior concentração foi encontrada em braquiária nos 57 e 74 DAS, com 36,6 e 28,8 g kg⁻¹, respectivamente. Já para incremento de K por hectare, aos 57 DAS os maiores incrementos foram para braquiária e milho, com 63,4 e 76,4 kg ha⁻¹. No entanto, aos 74 DAS o maior incremento foi observado em milho, com 123,9 kg ha⁻¹ de K. Deste modo, o milho é uma excelente planta de cobertura para incremento de MMS e melhorando as características químicas do solo (PACHECO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013).

Tabela 10. Teor e acúmulo de nutrientes da parte aérea de plantas de cobertura, após colheita do milho (safra 2017/18), avaliados em dois períodos na entressafra verão/inverno. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.

Plantas de cobertura	Teor de nutrientes							
	C (%)		N (g kg ⁻¹)		P (g kg ⁻¹)		K (g kg ⁻¹)	
	57 DAS	74 DAS	57 DAS	74 DAS	57 DAS	74 DAS	57 DAS	74 DAS
<i>Braquiária</i>	41,6 ^{ns}		30,2 c		4,23 aA ¹	3,23 aB	36,6 aA	28,8 aB
<i>C. juncea</i>	40,8		34,4 b		3,75 aA	3,58 aA	16,6 bA	14,0 cA
<i>Milheto</i>	42,5		21,0 d		2,15 cA	2,08 bA	15,0 bA	17,2 bA
<i>T. mourisco</i>	41,0		20,8 d		3,70 aA	2,08 bB	16,6 bA	14,4 cA
<i>C. spectabilis</i>	41,2		44,6 a		3,10 bA	3,20 aA	17,3 bA	20,4 bA
CV (%)	3,69		10,71		14,03		17,20	
Plantas de cobertura	Acúmulo de nutrientes (kg ha ⁻¹)							
	C		N		P		K	
	57 DAS	74 DAS	57 DAS	74 DAS	57 DAS	74 DAS	57 DAS	74 DAS
<i>Braquiária</i>	717 cB ¹	1.417 bA	55 bB	98 cA	16,8 bB	25,1 cA	63,6 aB	97,0 bA
<i>C. juncea</i>	963 Bb	1.480 bA	77 aB	132 bA	19,9 bB	29,8 bA	38,1 bA	51,5 cA
<i>Milheto</i>	2.203 Ab	3.046 aA	91 aB	175 aA	25,1 aB	34,6 aA	76,4 aB	123,9 aA
<i>T. mourisco</i>	1.018 Bb	1.515 bA	54 bA	73 dB	21,3 bA	17,6 dA	41,2 bA	53,1 cA
<i>C. spectabilis</i>	583 Ca	688 cA	63 bA	75 dB	10,0 cA	12,2 eA	25,0 bA	33,6 dA
CV (%)	11,58		15,12		13,02		17,36	

¹ DAS- Dias após a semeadura; Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p<0,05); ns- não significativo

5.3.2. Trigo

Para as variáveis peso de espiga (PE), peso de grãos por espiga (PGE), número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por espiguetas (NGEsp), massa de mil grãos (M1000), peso hectolitro (PH) e produtividade de trigo (TRI) não houve diferença estatística das plantas de cobertura e suas épocas de dessecação (dados apresentados nos anexos).

Os valores de PH (média de 76) e M1000 (média de 33,7 g) podem ter sido afetados negativamente pelo excessivo volume hídrico no mês de outubro (Figura 1), pois chuvas excessivas antes da maturidade fisiológica aceleram a atividade enzimática no grão do trigo, diminuindo a massa de grãos (HIRANO, 1976). Para o PH, as chuvas excessivas durante a colheita aceleram o processo respiratório do grão, com isso diminuem sua densidade, pois ativam a enzima alfa amilase que desencadeia o processo de emergência, afetando a qualidade industrial da farinha (BHATT et al., 1981).

Para comprimento de espiga (CE) e número de espiguetas por espiga (NEE) atenta-se para o tratamento trigo mourisco no sistema aplique e plante, onde houve interferência negativa de plantas de trigo mourisco guaxas e de difícil controle químico (Tabela 11).

Tabela 11. Comprimento de espiga (CE), número de espiguetas por espiga (NEE), produtividade de grãos de trigo (Prod) e *falling number* (FN) de trigo após duas épocas de dessecação das plantas de cobertura no agrícola de 2018. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.

Plantas de cobertura	CE (cm)		NEE		Prod (kg ha ⁻¹)		FN	
	DA ¹	AP	DA ¹	AP	DA ¹	AP	DA ¹	AP
<i>Braquiária</i>	7,1 aA ²	7,2 aA	14,0 aA	14,1 aA	4.092 aA	3.364 bB	183 cB	228 aA
<i>C. juncea</i>	7,2 aA	7,5 aA	13,2 aB	14,8 aA	3.640 aA	3.562 bA	168 cB	251 aA
<i>Milheto</i>	7,1 aA	7,3 aA	13,6 aA	14,4 aA	3.661 aA	3.298 bB	211 bA	235 aA
<i>T. mourisco</i>	7,1 aA	6,8 bB	13,8 aA	13,8 bA	3.724 aA	3.696 aA	251 aA	185 cB
<i>C. spectabilis</i>	7,0 aA	7,1 aA	14,1 aA	13,5 bA	3.699 aB	4.004 aA	244 aA	210 bB
Pousio	7,1 Aa	7,1 aA	14,1 aA	14,1 a A	3.662 aA	3.697 aA	211 bA	211 bA
CV (%)	6,15		5,18		7,46		7,84	

¹DA- Dessecação antecipada; AP- Aplique e plante. ²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Para produtividade, é possível observar que houve interação entre as espécies de plantas de cobertura e as estratégias de manejo de dessecação. Observa-se que não há diferença de produtividade do trigo em função das épocas de dessecação para a crotalaria juncea, trigo mourisco (mesmo com as plantas involuntárias) e pousio, o que possibilita a recomendação do aplique e plante quando utilizadas estas espécies. Isso permite cultivos destas espécies de

plantas de cobertura em períodos mais curtos de entressafra com um acúmulo satisfatório de biomassa (Tabela 11).

Para a crotalária *spectabilis*, não se recomenda a dessecação antecipada, uma vez que precisa de um período maior de tempo para expressar seu potencial de produção (Tabela 9) e também porque apresenta uma elevada taxa de decomposição (PELÁ et al., 1999). Além disso, o trigo produziu 305 kg ha⁻¹ a mais no applye e plante do que na dessecação prévia de crotalária *spectabilis*.

Braquiária e milheto possuem alto acúmulo de biomassa (Tabela 9), porém sendo uma biomassa que dificulta o desenvolvimento do trigo e afeta negativamente sua produtividade quando o trigo é semeado no applye e plante, produzindo 728 e 363 kg ha⁻¹ a menos no applye e plante do que na dessecação prévia, respectivamente. Isso está atrelado a alta relação C:N destas espécies, com imobilização de nitrogênio para decomposição do material vegetal das plantas de cobertura (CALONEGO et al., 2012) e por ser gramínea seguida de gramínea, o trigo necessita de nitrogênio disponível para expressar seu potencial produtivo (CQFS, 2004; CALONEGO et al., 2012).

De acordo com Wardlaw e Wrigley (1994), para cada 1 grau de incremento na temperatura acima dos 30°C durante a fase de enchimento de grãos, ocorre uma perda de produtividade de 3 a 4%. Este fator associado ao estresse hídrico ocorrido durante o desenvolvimento do trigo aliado a elevados volumes pluviométricos ocorridos no mês de outubro, explicam a baixa produtividade do trigo apresentado na tabela 11.

De modo geral, o maior valor de *falling number* (FN) para os tratamentos applye e plante é atrelado à quantidade de N acumulado pelas plantas de cobertura, sendo o FN diretamente relacionado a síntese de proteína na planta (FRANCESCHI et al., 2009) Estes mesmos autores mencionam que baixos valores de FN são atrelados também a estresse hídrico, que diminui produção de gluteninas e também a alta temperatura no enchimento de grãos, o que diminui produção de proteína e amido na planta de trigo.

A crotalária *juncea* possui alto teor de lignina, celulose e hemicelulose em seu caule, sendo estruturas carbônicas de difícil decomposição, tornando uma planta de decomposição lenta, mesmo sendo leguminosa. Porém, quando cortada pelos discos da semeadora, a mineralização dos nutrientes é mais rápida, e o nitrogênio é liberado mais rápido para o trigo (NORTHUPL; RAO, 2015), fenômeno que possivelmente explica o maior FN no tratamento crotalária *juncea* no applye e plante.

Vale ressaltar, que as plantas de cobertura em pré trigo auxiliam na supressão de plantas daninhas, como supressão de leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e picão preto (*Bidens*

pilosa) por braquiária (OLIVEIRA et al., 2014) e supressão de caruru (*Amaranthus powelli*) por trigo mourisco (KUMAR et al., 2009), tornando-se importantes ferramentas de controle no sistema produtivo. Além disso, a inserção de plantas de cobertura em rotação de cultura com cultivos anuais de cereais e oleaginosas tem sido uma das melhores alternativas de melhoria do sistema solo e com isso sendo potencial de diversificação do ecossistema (NORTHUPL; RAO, 2015).

6. CONCLUSÕES

O trigo mourisco foi a espécie com maior precocidade, porém, apresentou vários fluxos de emergência e destacou-se negativamente por apresenta-se como uma planta daninha de difícil controle na cultura do trigo, devendo ser recomendada preferencialmente com viés grão ou manejando-a de forma a não haver interferência das plantas guaxas na cultura do trigo.

Crotalária juncea não proporcionou diferença produtiva no trigo entre dessecação prévia e aplique e plante, permitindo explorá-la por mais tempo no campo, elevando sua produção de biomassa e também ciclagem de nutrientes.

Braquiária apresenta elevado potencial de produção de biomassa, com produção linear de biomassa durante os períodos de avaliação, porém períodos maiores que 70 dias de desenvolvimento resulta em alta produção de massa, o que dificulta a semeadura do trigo e diminui a produtividade.

Durante o período de avaliação milho se destacou como a espécie com maior potencial de acúmulo de biomassa e precocidade, com viabilidade em curtos períodos de entressafra, não apresentando diferença na produtividade do trigo entre as épocas de dessecação, exceto quando cultivadas três gramíneas em sequência.

O cultivo de crotalária spectabilis torna-se inviável no período avaliado, necessitando mais tempo de desenvolvimento a campo para elevar produção de biomassa.

7. REREFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRISTORE. Semente de milho ANm38. 2020. Disponível em: <<https://agrystore.com/milheiro-an-m38>>. Acesso em: 09 fev. 2020.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v.22, n.6, p. 711-728. 2013.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods**. 10. ed. Saint Paul, 2000. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, K.D.; SOUZA, M.A.; SANTOS, G.R.; ANDRADE, A.P.; NETO, J.V.F. Atividade microbiana no solo em diferentes ambientes da região semiárida de Alagoas. **Geografia**, Londrina, v.25, n.2, p.05-18, jul/dez, 2016.

BARRETO, A.C.; FERNANDES, M.F. Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de tabuleiros costeiros. Aracaju: Embrapa, dezembro, 2001. (Circular Técnica 19)

BEVILAQUA, Gilberto A.P. et al. **Indicações técnicas para produção de sementes de plantas recuperadoras de solo para a agricultura familiar**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 43 p. 2008.

BHERING, L.L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17, p.187-190, 2017.

BHERING, S.B. et al. **Mapa de solos do estado do Paraná: legenda atualizada**. 1.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Floresta, Embrapa Solos, 2008.

BIOTRIGO GENÉTICA. TBIO Toruk. 2018. Disponível em: <<http://www.biotrigo.com.br/cultivares/internaCultivar.php?empresa=1&id=32>>. Acesso em: 03 mai. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

BHATT, G.M. et al. Pre harvest sprouting in hard winter wheat's: assessment of methods to detect genotypic and nitrogen effects and interactions. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.58, n.4, p.300-302, 1981.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L.P. do; COSTA, M.B.B. da; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S. & AMADO, T.J.C. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS- PTA, 2 ed., 1993, 346p.

CALONEGO, J.C.; GIL, F.C.; ROCCO, V.F.; SANTOS, E.A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.5, p.770-781, 2012.

CANZIANI, J. R.; GUIMARÃES, V. D. A. O trigo no Brasil e no mundo: cadeia de produção, transformação e comercialização. In: CUNHA, G. R. da (Ed.). **Oficina sobre trigo no Brasil: bases para a construção de uma nova triticultura brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 29-72.

CARVALHO, C.G.P.; ARIAS, C.A.A.; TOLEDO, J.F.F.; OLIVEIRA, M.F.; VELLO, N.A. Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra de grãos**. Brasília: Conab, v.7, n.4, 2020.

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

CRUZ, J.C.; FILHO, I.A.P.; ALVARENGA, R.C.; NETO, M.M.G.; VIANA, J.H.M.; OLIVEIRA, M.F.; MATRANGOLO, W.J.R.; FILHO, M.R.A. Cultivo do milho. Embrapa Milho e Sorgo, 6 edição, 2010. (Sistemas de Produção 2)

DAIMON, H.; KOTOURA, S. Incorporation of *Crotalaria spectabilis* Grown at a high seeding rate inhibits the growth of the succeeding wheat crop. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.185, n.2, p.137-144, 2000.

DE MORI, C.; IGNACSAK, J. C. Aspectos econômicos do complexo agroindustrial do trigo. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da. (Eds.) **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. p.41-76.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, p.761-773, 1985.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; MIOLA, E.C.C.; GIACOMINI, D.A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol.36, n.6, p.1714-1723, 2012.

DOURADO, M.C.; SILVA, T.R.B.; BOLONHEZI, A.C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à pode e adubação fosfatada. **Scientia Agrícola**, v.58, n.2, p.287-293, abr./jun. 2001.

FERNANDES, L.O.; REIS, R.A.; PAES, J.M.V. Efeito da suplementação no desempenho de bovinos de corte em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v.34, n.1, p.240-248. 2010.

FILHO, I.A.P. Cultivo do milheto. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 5 ed., 2016. (Sistemas de Produção 3)

FINOTO, E.L.; SEDIYAMA, T.; BARROS, H.B. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenias, 2009.

FOLONI, J.S.S.; BASSOI, M.C.; SILVA, S.R. Indicações fitotécnicas para cultivares de trigo da Embrapa no Paraná. Londrina: Embrapa, 2016, 24p. (Circular Técnica 117)

FORMENTINI, Edgar A. et al. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória, 27p. 2008.

FRANCESCHI, L.; BENIN, G.; GUARIENTI, E.; MARCHIORO, V.S.; MARTIN, T.N. Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1624-1631, ago, 2009.

FURLAN, A.C.; SCAPINELLO, C.; MOREIRA, I.; FARIA, H.G. Avaliação nutricional do trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) para coelhos em crescimento. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v.28, n.1, p.21-26, 2006.

GALPÃO CENTRO OESTE. Semente de *Crotalaria juncea*. 2020a. Disponível em: <<https://galpaocentroeste.com.br/sementes-de-crotalaria-juncea-embalagem-de-25kg.html>>. Acesso em: 09 fev. 2020.

GALPÃO CENTRO OESTE. Semente de *Crotalaria spectabilis*. 2020b. Disponível em: <<https://galpaocentroeste.com.br/sementes-crotalaria-spectabilis-embalagem-de-25kg.html>>. Acesso em: 09 fev. 2020.

GALPÃO CENTRO OESTE. Semente de *Dolichos lab-lab*. 2020c. Disponível em: <<https://galpaocentroeste.com.br/adubacao-verde/sementes-de-lab-lab.html>>. Acesso em: 09 fev. 2020.

GALPÃO CENTRO OESTE. Semente de trigo mourisco. 2020d. Disponível em: <<https://galpaocentroeste.com.br/sementes-de-trigo-mourisco.html>>. Acesso em: 09 fev. 2020.

GARCIA, A.; PÍPOLO, A.E.; LOPES, I.O.N.; PORTUGAL, F.A.F. Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas. Embrapa. Londrina, 2007. (Circular Técnica 51)

GARCIA, J.C.; MATTOSO, M.J.; DUARTE, J.O.; CRUZ, J.C. Aspectos econômicos da produção e utilização do milho. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas, dez. 2006. (Circular Técnica 74)

GOLISZ, A.; CIARKA, D.; GAWRONSKI, S.W. Allelopathic activity of buckwheat - *Fagopyrum esculentum* Moench. Proceedings. **Third World Congress on Allelopathy**, Tsukuba, Japan, 161, 2002.

GÖRGEN, A.V.; CABRAL FILHO, S.L.M; LEITE, G.G.; SPEHAR, C.R.; DIOGO, J.M.S.; FERREIRA, D.B. Produtividade e qualidade da forragem de Trigo Mourisco (*Fagopyrum esculentum*. Moench) e Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R.BR). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 17, n. 4, p. 599-607, 2016.

HEINEMANN, A.B. et al. Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.352-356, 2006. Acesso em: 15 jan. 2009.

HIRANO, J. Effects of rain in ripening period on the grain quality of wheat. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Ibaraki, v.10, n.4, p.168-173, 1976.

KLEIN, V.A.; NAVAINI, L.L.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T.; COSTA, L.O. Trigo mourisco: uma planta de triplo propósito e uma opção para rotação de culturas em áreas sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, 117ed., 2010.

KUMAR, V.; BRAINARD, D.C.; BELLINDER, R.R. Supression of Powell amaranth (*Amaranthus powellii*) by buckwheat residues: role of allelopathy. **Weed Science**, v.57, n.1, p.66-73, 2009.

LANGER, R.H.M.; LIEW, F.K.Y. Effects of varying nitrogen supply at different stages of the reproductive phase on spikelet and grain production and on grain nitrogen in wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.24, n.5, p.647-656, 1973.

LEITE, L.F.C.; ARAÚJO, A.S.F. Ecologia Microbiana do Solo. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2007, 25p. (Documentos 164).

LEITE, L.F.C.; FREITAS, R.C.A.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S.R.S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciências Agronômicas**, Fortaleza, v.41, n.1, p.29-35, 2010.

LOPES, O.M.N. *Crotalaria juncea* L. e *Crotalaria spectabilis* Roth: leguminosas para adubação verde do solo e alimentação animal. Altamira: Embrapa Amazônia Oriental. 2000. (Recomendações Técnicas 14)

MALAVOLTA, E.A. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MARCELO, A.V.; CORÁ, J.E.; FERNANDES, C.; MARTINS, M.R.; JORGE, R.F. Crop sequences in no-tillage system: Effects on soil fertility and soybean, maize and rice yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.417-428, 2009.

MELERO, M.M.; GITTI, D.C.; ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F. Coberturas vegetais e doses de nitrogênio em trigo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43, n.4, p.343-353, 2013.

MENEZES, L.A.S.; LEANDRO, W.M. Avaliação de Espécies de Coberturas do Solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (UFG), v.34, p.173-180, 2004.

MISSÃO, M. R. Soja: origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. **Revista de Ciências Empresariais**, Maringá, v.3, n.1, p.7-15, 2006.

MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; INÁCIO, E.M.; BRUNHARA, J.P.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V.; SILVA, A.C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.27, n.1, p.85-95, 2009.

MOYER, J. Cover crops and search for organic no-till. Rodale Institute, 2014.

MYERS, R.L.; MEINKE, L.J. **Buckwheat: A Multi-Purpose, Short-Season Alternative**. Missouri: University of Missouri Extension, 1994.

NETO, F.S.; CAMPOS, A.C. Plantas de cobertura antecedendo a cultura do trigo. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.16, n.4, out./dez., p.463-467, 2017.

NOCE, M.A.; SOUZA, I.F.; KARAM, D.; FRANÇA, A.C.; MACIEL, G.M. Influência da palhada de gramíneas forrageiras sobre o desenvolvimento de planta de milho e das plantas daninhas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.7, n.3, p.265-278, 2008.

NORTHUPL, B.K.; RAO, S.C. Green Manures in Continuous Wheat Systems Affect Grain Yield and Nitrogen Content. **Agronomy Journal**, v.107, p.1666-1672, 2015

NUNES, A.S.; SOUZA, L.C.F.; VITORINO, A.C.T.; MOTA, L.H.S. Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.4, p.1375-1384, 2011.

NUNES, U.R.; JUNIOR, V.C.A.; SILVA, E.B.; SANTOS, N.F.; COSTA, H.A.O.; FERREIRA, C.A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.6, p.943-948, jun. 2006.

OLIVEIRA, J.R.; RIOS, R.S.; CONSTANTIN, F.A.; ISHII-IWAMOTO, J.; GEMELLI, E.L.; MARTINI, P.E. Grass straw mulching to suppress emergence and early growth of weeds. **Planta daninha**, v.32, 2014.

OLIVEIRA, P.; NASCENTE, A.S.; KLUTHCOUSKI, J. Soybean growth and yield under cover crops. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.2, p.249-256, 2013.

PACHECO, L.P.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O.A.; ASSIS, R.L.; COBUCCI, T.; MADARI, B.E.; PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.1, p.17-25, 2011.

PACHECO, L.P.; PIRES, F.R.; MONTEIRO, F.P.; PROCOPIO, S.O.; ASSIS, R.L.; CARMO, M.L.; PETTER, F.A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.815-823, 2008.

PASINATO, A.; SANTI, A.; DALMAGO, G.A.; CUNHA, G.R.; PIRES, J.L.F. Cultivo de trigo: zoneamento agrícola. Embrapa Trigo: Passo Fundo, 2ed, abr. 2014. (Sistemas de Produção 4)

PELÁ, A.; SILVA, M.S.; COSTA, L.A.; SILVA, C.J.; ZUCARELI, C.; DECARLI, L.D.; MATTER, U.F. Avaliação da resistência à decomposição de dez espécies de plantas de cobertura visando o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, 53 (1): 26-33, 1999.

PIRES, J.L.F. et al. Cultivo do trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2ed., 2014. (Sistemas de Produção 4)

POSSENTI, J.C.; GOUVEA, A.; MARTIN, T.N.; CADORE, D. Distribuição da Precipitação Pluvial em Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. **In: I Seminário Sistemas de Produção**

Agropecuária na Universidade Tecnológica

Federal do Paraná, Dois Vizinhos. Anais. Dois Vizinhos, p.140 -142. 2007.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p

REIS, F.B.J.; MACHADO, C.T.T.; MACHADO, A.T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1139-1146, 2008).

RICHART, A.; PASLAUSKI, T.; NOZAKI, M.H.; RODRIGUES, C.M.; FEY, R. Desempenho do milho safrinha e da *Brachiaria ruziziensis* cv. Comum em consórcio. **Revista Brasileira de Ciência Agrárias**, Recife, v.5, n.4, p.497-502, 2010.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RODRIGUES, O. Manejo e controle de plantas daninhas em trigo. Embrapa Trigo. Passo Fundo. Novembro, 2006. (Documentos Online 63)

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C. & FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de coberturas de solo em função da quantidade de chuva recebida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.355-362, 2003.

SÁ, J.C.M.; FERREIRA, A.O.; BRIEDIS, C.; VIEIRA, A.M.; FIGUEIREDO, A.G. Extração de nutrientes e produtividade de genótipos de milho afetados por níveis de palha. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.33, n.4, p. 715-722, 2011.

SANTOS, I.C.; FONTANETTI, A. Crotalária (*Crotalaria* ssp.). **In: 101 culturas: Manual de tecnologias agrícolas**. EPAMIG, Belo Horizonte, p.315-316, 2007.

SEIFERT, N.F.; THIAGO, L.R.L.S. **Legumineira: cultura forrageira para produção de proteína**. Campo Grande: EMBRAPA, 1983. 52p. (Circular Técnica 13)

SEMENTES BOI GORDO. Semente de Braquiára Brizantha cultivar Xaraés. 2020. Disponível em: <<https://sementesboigordo.com.br/brachiarias/mg-5-xaraes/b-briz-cv-mg-5-xaraes-revestida-10kg-12870.html>>. Acesso em: 09 fev. 2020.

SEVERINO, F.J.; CRISTOFFOLETI, P.J. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.2, p.223-228, 2001.

SILVA, D.B.; GUERRA, A.F.; SILVA, A.C.; PÓVOA, J.S.R. **Avaliação de genótipos de mourisco na região do Cerrado**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002. 20p.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; COSTA, C.H.M.; NETO, J.F.; CASTRO, G.S.A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.10, p.1462-1470, out. 2012.

SKINNER, E.M.; DIAS-PÉREZ, J.C.; PHATAK, S.C.; SCHOMBERGER, H.H.; VENCILL, W. Allelopathic effects of Sunnhemp. (*Crotalaria juncea* L.) on germination of vegetables and weeds. **Hortscience**, v.47, n.1, p.138-142, 2012.

TAVARES, W.S.; SILVA, R.B.; FIGUEIREDO, M.L.C.; RAMALHO, F.S.; SERRÃO, J.E.; ZANUNCIO, J.C. Sol organisms associated to the weed suppressant *Crotalaria juncea* (Fabaceae) and its importance as a refuge for natural enemies. **Planta Daninha**, Viçosa, v.29, n.3, p.473-479, 2011.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1995. 118 p. (Boletim Técnico 5).

USDA. United States Department of Agriculture. **Safra mundial de milho 2018/19 – 9º levantamento do USDA**. Informativo FIESP, jan. 2020b. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho/>>. Acesso em: 23 jan. 2020.

USDA. United States Department of Agriculture. **Safra mundial de soja 2018/19 – 8º levantamento do USDA**. Informativo FIESP, dez. 2019b. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-soja/>>. Acesso em: 02 jan. 2020.

USDA. United States Department of Agriculture. **Safra mundial de trigo 2016/17**. Estatísticas ABITRIGO, 2020a. Disponível em: <http://abitrito.com.br/associados/arquivos/10.prod_trigo.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2020.

VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V.S.; FRANCO, F.A.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.3, 2011.

WARDLAW, I.F.; WRIGLEY, C.W. Heat tolerance in temperate cereals: an overview. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, p.695-703, 1994.

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.891-900, 2004.

WUTKE, E.B. Adubação Verde, manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. **Curso de adubação verde no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p.17-29. (Documentos, 15)

ANEXOS

Tabela 12. Peso de espiga (PE), peso de grãos por espiga (PGE), número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por espiguetas (NGEsp), massa de mil grãos (M1000), produtividade de trigo (TRI) e peso hectolitro (PH) de trigo após duas épocas de dessecação das plantas de cobertura no agrícola de 2018. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, Brasil.

Plantas de cobertura	PE (g)	PGE (g)	NGE	NGEsp	M1000 (g)	TRI (kg ha ⁻¹)	PH
<i>Braquiária</i>	16,8 ^{ns}	13,3 ^{ns}	35 ^{ns}	2,5 ^{ns}	33,7 ^{ns}	105 ^{ns}	76,1 ^{ns}
<i>C. juncea</i>	15,0	12,0	36	2,6	33,4	86	76,0
<i>Milheto</i>	16,0	13,0	35	2,5	33,6	110	75,5
<i>T. mourisco</i>	14,3	11,5	33	2,4	33,4	106	75,3
<i>C. spectabilis</i>	16,3	12,5	36	2,6	34,1	106	76,2
Pousio	15,0	12,0	33	2,4	33,7	97	76,0
CV (%)	12,41	12,54	8,33	8,18	6,08	26,94	2,22

^{ns}: não significativo pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).