

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

ALEXANDRA DA SILVA MARTINEZ

**PLANTAS ESPONTÂNEAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROECOLÓGICO,
COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA, PRODUTIVIDADE DE MILHO E SILAGEM DE
MILHO PLANTA INTEIRA**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2020

ALEXANDRA DA SILVA MARTINEZ

**PLANTAS ESPONTÂNEAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROECOLÓGICO,
COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA, PRODUTIVIDADE DE MILHO E SILAGEM DE
MILHO PLANTA INTEIRA**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientadora: Dr^a Edleusa Pereira Seidel

Coorientadora: Dr^a Marcela Abbado Neres

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Martinez, Alexandra da Silva

Plantas espontâneas em sistemas de produção agroecológico, composição bromatológica, produtividade de milho e silagem de milho planta inteira. / Alexandra da Silva Martinez; orientador(a), Edleusa Pereira Seidel; coorientador(a), Marcela Abbado Neres, 2020.

115 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Agronomia Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.

1. Agronomia. 2. Agroecologia. 3. Consórcio entre plantas. 4. Silagem de milho. I. Seidel, Edleusa Pereira . II. Neres, Marcela Abbado. III. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78690337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



ALEXANDRA DA SILVA MARTINEZ

Plantas espontâneas em sistemas de produção agroecológico, composição
bromatológica, produtividade de milho e silagem de milho planta inteira

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em
cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia,
área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Sistemas de Produção Vegetal
Sustentáveis, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a) - Edleusa Pereira Seidel

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)

Cláudio Yuji Tsutsumi

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)

Eduardo Eustaquio Mesquita

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)

Alberto Feiden

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA)

Rubens Feijó

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Marechal Cândido Rondon, 10 de fevereiro de 2020

Aos meus pais Onofre Martinez e Carmelinda Soares da Silva, pelos exemplos e conselhos sábios, os quais são muito importantes para mim. Ao meu amigo e esposo Marciano Becker que esteve sempre ao meu lado com muita paciência, compreensão, dedicação e apoio para que eu pudesse dar mais este passo e realizar este grande feito nesta jornada.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Força Criadora e a todos os Amparadores que me acompanham nesta belíssima Jornada até aqui. Lhes sou grata pelos conselhos, inspirações e iluminações para enfrentar os vários obstáculos, tornando tudo sempre possível.

Ao exemplo de meus pais, Onofre e Carmelinda, que me educaram para ser uma humana melhor a cada dia, com isso, sou capaz de melhorar tudo ao meu redor. Obrigada sempre, pelos exemplos, conselhos, abraços, sorrisos e lágrimas.

Aos meus irmãos Jamila Martinez e Onofre Martinez Junior, e ao sobrinho Rafael Martinez de Oliveira, vocês me permitem experienciar a vida em família. A minhas tias Zélia e Neiva, que emprestam os ouvidos e emitem conselhos sempre valiosos.

Ao meu esposo e amigo Marciano Becker, pelo amor, carinho, compreensão e parceria em todos os momentos. Sem o seu bom senso, a jornada seria muito mais tortuosa. Para você não basta ser expectador, então fica público que os trabalhos nos campos experimentais aconteceram a contento, por sua força, suor e boa vontade, Sempre.

A professora, orientadora e amiga, Edleusa Pereira Seidel, pela valiosa orientação, amizade, confiança, paciência, dedicação e respeito durante os trabalhos. Muito obrigado por todos os conselhos e principalmente pelo exemplo, sem dúvida alguma, me orgulho em lhe chamar de PROFESSORA Edleusa.

A professora e coorientadora, Marcela Abbado Neres, pela ajuda durante toda a realização dos trabalhos, estando sempre disposta em ajudar cientificamente com correções, sugestões e críticas, desde os tempos da Graduação.

A todos os professores que de alguma forma me capacitaram, permitindo adquirir e aprimorar velhos e novos conceitos e conhecimentos, um pouco deles estão contidos nestas páginas que leremos em seguida. Lhe sou imensamente grata.

Fica aqui uma parte especial para os amigos de todas as horas, tempos e humores: Sandra Mara Stroher, Renan Pan e Tauane Santos Brito, extensão de parte da família que vamos adquirindo ao longo da Jornada que planejamos trilhar.

Aos irmãos por afinidades Érica de Carvalho Monteiro, Rinaldo Nishimura, Reginaldo Vicente, Soraya Conélio e Paula Perez, por tornaram suave e bem-humorado todos os momentos tensos da realização deste trabalho, colaborando para

que trabalhar e estudar fosse possível no ritmo e intensidade necessários para este grau de aperfeiçoamento profissional.

Aos colegas de turma, pelo companheirismo e trabalho em equipe no decorrer do curso.

Ao Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Agronomia (PPGA) da UNIOESTE de Marechal Cândido Rondon, pela oportunidade de realização deste curso. A todos os professores do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *campus* de Marechal Cândido Rondon, em particular ao professor Edmar Soares de Vasconcelos, pelo auxílio nas análises estatísticas deste trabalho.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho científico, que julgo, ser pertinente para os amigos agricultores que praticam agroecologia, por convicção e paixão a todos os seres que chamamos de passageiros, deste planeta que, por hora, habitamos.

Muito obrigado!

“Não importa que seja pouco, o importante é que o avanço de hoje seja maior que o de ontem. Que nossos passos de amanhã sejam mais largos do que os de hoje. ”

(Daisaku Ikeda)

“A pessoa conscientizada tem uma compreensão diferente da história e de seu papel nela. Recusa acomodar-se, mobiliza-se, organiza-se para mudar o mundo. ”

(Paulo Freire)

“Não acredite em nada, nem mesmo nas informações expostas por quem diz saber. O inteligente é fazer pesquisas sobre o tema. ”

(Waldo Vieira)

BIOGRAFIA

Alexandra da Silva Martinez, nascida em 28 de fevereiro de 1982, em Foz do Iguaçu, estado do Paraná, filha de Onofre Martinez e Carmelinda Soares da Silva. Graduada em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Campus de Marechal Cândido Rondon, ingressou no curso no ano fevereiro de 2000 e formou-se em dezembro 2004. Em março de 2005 iniciou o Mestrado do Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *campus* de Marechal Cândido Rondon, onde se tornou Mestre em Agronomia, na área da Produção Vegetal em novembro 2006. Em fevereiro de 2017, ingressou no Doutorado do curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *campus* de Marechal Cândido Rondon.

RESUMO

MARTINEZ, Alexandra da Silva. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2020. **Plantas espontâneas em sistemas de produção agroecológico, composição bromatológica, produtividade de milho e silagem de milho planta inteira.** Orientadora: Edleusa Pereira Seidel. Coorientadora: Marcela Abbado Neres.

Objetivou-se neste trabalho realizar o levantamento fitossociológico, avaliar a frequência, abundância, densidade e índice de valor de importância de plantas espontâneas na cultura do milho agroecológico cultivadas em diferentes sistemas de rotação com adubos verdes na primavera/verão (safra) e em sucessão no outono/inverno (safrinha); avaliar a composição bromatológica da planta de milho e da silagem de planta inteira produzidos na safra e na safrinha; avaliar a produtividade da cultura de milho, feijão em sucessão e a produção de palhada nos diferentes sistemas de rotação de culturas. O experimento foi implantado em uma propriedade rural no município de Missal - PR, manejada em sistema agroecológico desde 2009. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 5 repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro diferentes sistemas de rotação de culturas: milho/milho/ pousio/feijão; milho + feijão-guandu/milho/aveia/feijão; milho + crotalária/milho/nabo forrageiro/feijão e milho + feijão-de-porco/milho/ervilhaca/feijão. Na primavera/verão de 2017 o milho, foi cultivado em consórcio com os adubos verdes; no outono/inverno em monocultivo sob a palhada destas plantas. Após a retirada do milho safrinha foram semeados os adubos verdes de inverno/primavera: nabo forrageiro, ervilhaca e aveia. No mês de setembro de 2018 a cultura do feijoeiro foi semeada sob a palhada de tais plantas. Os fatores avaliados foram: frequência, abundância, densidade de plantas espontâneas, índice de valor de importância (IVI); teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e produtividade de PB do milho e da silagem; produtividades de matéria seca de milho em cada uma estações de cultivo e do feijão, produtividade total dos sistemas e a produtividade de palhada, considerando a matéria seca residual nos sistemas. O cultivo de milho com os adubos verdes favoreceu a seleção de plantas espontâneas de folhas largas. A

crotalária, reduziu a densidade e abundância de plantas espontâneas quando cultivado em consórcio com o milho. As espécies *Commelina benghalensis* e *Leonurus sibiricus*, foram as plantas espontâneas que apresentaram os maiores IVI para as modalidades de cultivo de milho + feijão-guandu/milho monocultivo e milho + crotalária/milho monocultivo. A produção de milho e de silagem de milho planta inteira nos diferentes sistemas de rotação de culturas contendo adubos verdes, resultou em incrementos nos teores de matéria seca, matéria mineral e na produtividade de PB. Com destaque para a modalidade de milho + feijão-de-porco/milho monocultivo. Os teores de FDA, FDN, PIDA e PIDN foram menores no outono/inverno, evidenciando a influência positiva na redução da deposição de N na fração menos digestível para silagem de milho planta inteira, cultivado sobre a palhada de diferentes adubos verdes. O cultivo de milho consorciado e sob apalhada de adubos verdes de primavera/verão permite a produção de silagem de planta inteira com teores nutricionais adequados. Os sistemas de rotação de culturas que incluíram os adubos verdes apresentaram a maior produtividade total. O consórcio com feijão-de-porco favoreceu a produtividade de milho na safra e a palhada da crotalária a produtividade na safrinha. Os sistemas de milho + feijão-guandu/milho monocultivo/aveia/feijão e milho + crotalária/milho monocultivo/nabo forrageiro/feijão favoreceram a produtividade do feijão. A modalidade milho monocultivo/milho monocultivo/pousio não priorizou a acúmulo de palhada sobre o solo.

Palavras-chave: Manejo cultural. Consórcio entre plantas. *Zea mays*. Alimentação animal. Produção orgânica.

ABSTRACT

MARTINEZ, Alexandra da Silva. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2020. **Spontaneous plants of agroecological production system, bromatological composition, evaluations and yield of whole plant corn silage.**

Advisor: Edleusa Pereira Seidel. Co-Advisor: Marcela Abbado Neres.

The objectives of this study were carry the phytosociological survey, evaluate the frequency, abundance, density and plant importance value index in the agroecological corn crop cultivated under different crop rotation systems with cover crops in the spring/summer (first crop) and in succession in the fall/winter (second crop); evaluate the bromatological corn composition and whole plant silage in first and second crop; evaluate the corn yield, bean in succession and straw production in the different crop rotation systems. The experiment was conducted in a farm from Missal – PR, managed in agroecological system since 2009. The experimental design was of randomized blocks, with five replications. The treatments consisted of four different crop rotation systems: corn/corn/fallow/bean; corn + guandu bean/corn/oats/bean; corn + showy rattlebox/corn/forage raddish/bean and corn + jack bean/corn/vetch/bean. In the sprin/summer of 2017 the corn was consorted with the cover crops; in the fall/winter in monoculture over the straw from these crops. After the harvest of the corn second crop the cover plants were sown: forage radish, vetch and oats. In September 2018, bean were sown over the straw from these plants. Were evaluated the following parameters: frequency, abundance and density of spontaneous plants, importance value index (IVI); dry matter content (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), mineral matter (MM), insoluble protein in neutral detergent (IPND), insoluble protein in acid detergent (IPAD) and yield of CP of the silage corn; corn dry matter yield in each agricultural season and of bean, total yield from the systems and straw yield, considering the residual dry matter in the systems. The cropping of corn with the cover plants favored the selection of broadleaf plants. The showy rattlebox reduced the density and abundance of spontaneous plants when consorted with corn. The species *Commelina benghalensis* L. and *Leonorus sibiricus* L., showed the highest IVI for the corn/guandu bean/corn monoculture and corn/showy rattlebox/corn monoculture. The production of corn and corn silage whole plant in

different crop rotation systems containing the green manure resulted in increases in dry matter, mineral matter and CP productivity. Highlighting the modality corn + jack bean/corn monoculture. The levels of ADF, NDF, IPDA and IPND were lower in the fall/winter season, showing the positive influence on the reduction N deposition in the less digestible fraction for in the whole plant silage grown on the straw of different green manures. The cultivation of intercropped corn and harvested with green spring/summer allows the production of whole plant silage with adequate nutritional levels. The crop rotation systems that included the cover crops showed higher yield overall. The consortium with jack bean favored the corn yield in the first crop and the showy rattlebox straw the yield in the second crop. The systems corn + guandu beans/corn monoculture/oats/bean and corn/showy rattlebox/corn monoculture/forage radish/bean favored the bean yield. The corn monoculture/corn monoculture/fallow mode did not prioritize the accumulation of straw on the soil.

Keywords: Cultural management. Plants consortium. *Zea mays*. Animal feed. Organic production.

Lista de Figuras Capítulo 1

- Figura 1** - Dados pluviométricos decêndiais acumulados em milímetros (mm) e temperatura média em graus Célsius (°C) entre 20 de outubro de 2017 e 30 de maio de 2018.....37
- Figura 2** - Índice de Valor de Importância (IVI) das principais espécies de plantas espontâneas amostradas em área experimental de milho, em função da modalidade de cultivo, na safra de primavera/verão e do número de dias após a emergência de plantas de milho (30 e 70 dias), produzido de sob manejo agroecológico.46
- Figura 3** - Índice de Valor de Importância (IVI) das principais espécies de plantas espontâneas amostradas em área experimental de milho, em função da modalidade de cultivo, na safra de outono/inverno e do número de dias após a emergência de plantas de milho (30 e 70 dias), produzido de sob manejo agroecológico.48

Lista de Figuras Capítulo 2

- Figura 1** - Dados pluviométricos decêndiais acumulados em milímetros (mm) e temperatura média em graus Célsius (°C) entre 20 de outubro de 2017 e 30 de maio de 2018.....60

Lista de Figuras Capítulo 3

- Figura 1** - Dados pluviométricos decêndiais acumulados em milímetros (mm) e temperatura média em graus Célsius (°C) entre 20 de outubro de 2017 e 30 de dezembro de 2018.....86
- Figura 2** - Biplot CP1 versus CP2 sobre a característica produtividade de matéria seca de milho para ensilagem e feijão nas diferentes modalidades e épocas de cultivos sob manejo agroecológico de produção. 1 – Milho monocultivo/milho monocultivo/pousio/feijão; 2 – Consórcio de milho + feijão-guandu/milho monocultivo/aveia/feijão; 3 – Consórcio de milho + crotalária/milho monocultivo/nabo forrageiro/feijão e 4 – Consórcio de milho + feijão-de-porco/milho monocultivo/ervilhaca/feijão. PMME1: Produtividade

de milho para ensilagem primavera/verão; PMME2: Produtividade de milho para ensilagem outono/inverno; PF: Produtividade de feijão; PMME+F: Produtividade total de milho para ensilagem e feijão.92

Figura 3 - Biplot CP1 versus CP2 sobre a característica palhada nas diferentes modalidades de cultivo de milho para ensilagem e adubos verdes cultivado em área agroecológica. 1 – Milho monocultivo/milho monocultivo/pousio; 2 – Consórcio de milho + feijão - guandu/milho monocultivo/aveia; 3 – Consórcio de milho + crotalária/milho monocultivo/nabo forrageiro e 4 – Consórcio de milho + feijão-de-porco/ milho monocultivo/ervilhaca. MSM1: Milho primavera/verão; MSAV1: Adubos verdes primavera/verão; MSM2: milho outono/inverno; MSAVS: Adubo verde inverno/primavera; MSRM: Total de milho; MSRAV: Total de adubos verdes, MSM+AV: Total de milho mais adubos verdes.98

Lista de Tabelas Capítulo 1

- Tabela 1** - Plantas espontâneas identificadas por família, espécie, nome comum e tipo de folha, no cultivo de milho nas épocas de primavera/verão e outono/inverno em sistema agroecológico.41
- Tabela 2** - Densidade, frequência e abundância de plantas espontâneas, para as diferentes modalidades e estações de cultivo de milho produzido sob manejo agroecológico.42
- Tabela 3** - Densidade, frequência e abundância de plantas espontâneas, em função das diferentes modalidades de cultivo, dias após a emergência de plantas de milho (DAE) e das estações de cultivo para milho produzido sob manejo agroecológico.44

Lista de Tabelas Capítulo 2

- Tabela 1** – Teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e matéria mineral (MM) da planta de milho e silagem de milho planta inteira, produzido sob manejo agroecológico em diferentes modalidades de cultivo na primavera/verão em consórcio e em monocultivo no outono/inverno. .64
- Tabela 2** – Produtividade de massa seca ensilável, teores de proteína bruta (PB) e produtividade de proteína bruta por hectare (PB/ha) da planta de milho e silagem de milho planta inteira; produzido sob manejo agroecológico em diferentes modalidades e épocas de cultivo na primavera/verão em consórcio e em monocultivo no outono/inverno.....68
- Tabela 3** – Teores de fibra em detergente ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) de planta de milho e silagem de milho planta inteira, produzido sob manejo agroecológico em diferentes modalidades e estações de cultivo na primavera/verão em consórcio e em monocultivo no outono/inverno.....70

Lista de Tabelas Capítulo 3

- Tabela 1** - Análise química do solo (0 a 20 cm de profundidade) colhida na área experimental.....86

- Tabela 2** - Produtividade de matéria seca de milho para ensilagem e feijão nas diferentes estações e modalidades de cultivo (sistemas de rotação) sob manejo agroecológico de produção.....90
- Tabela 3** - Coeficiente de ponderação das características de produtividade de matéria seca de milho para ensilagem e feijão cultivados sob manejo agroecológico de produção com os dois primeiros componentes principais.93
- Tabela 4** - Palhada nas diferentes estações e modalidades de cultivo (sistemas de rotação) de milho para ensilagem e adubos verdes cultivados sob manejo agroecológico de produção.96
- Tabela 5** - Coeficiente de ponderação de palhada de milho para ensilagem e adubos verdes cultivados sob manejo agroecológico de produção com os dois primeiros componentes principais.97

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	20
1.1 REFERÊNCIAS	26
2 CAPÍTULO 1: PLANTAS ESPONTÂNEAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO AGROECOLÓGICO CULTIVADO COM DIFERENTES ADUBOS VERDES	32
2.1 RESUMO	32
2.2 ABSTRACT.....	33
2.3 INTRODUÇÃO.....	34
2.4. MATERIAIS E MÉTODOS	36
2.4.1 Localização, clima e solo do local de estudo	36
2.4.2 Delineamento experimental, implantação e condução	37
2.4.3 Coleta de amostras e levantamento fitossociológico das plantas espontâneas	39
2.4.5. Análises estatísticas	40
2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
2.6. CONCLUSÕES.....	49
2.7. REFERÊNCIAS	49
3 CAPÍTULO 2: COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE MILHO E DE SILAGEM DE MILHO PLANTA INTEIRA CULTIVADO EM CONSÓRCIO COM ADUBOS VERDES SOB SISTEMA AGROECOLÓGICO DE PRODUÇÃO	53
3.1 RESUMO	53
3.2 ABSTRACT.....	54
3.3 INTRODUÇÃO.....	55
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	59
3.4.1 Localização, clima e solo do local de estudo	59
3.4.2 Delineamento experimental, implantação e condução	61
3.4.3 Coleta de amostras e análises laboratoriais	62

3.4.4. Análises estatísticas	63
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
3.6 CONCLUSÕES.....	72
3.7 REFERÊNCIAS	72
4 CAPÍTULO 3: PRODUTIVIDADE DE MILHO PARA ENSILAGEM EM CONSÓRCIO COM ADUBOS VERDES E DE FEIJÃO EM SUCESSÃO	80
4.1 RESUMO.....	80
4.2 ABSTRACT.....	81
4.3 INTRODUÇÃO.....	82
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	85
4.4.1 Localização, clima e solo do local de estudo	85
4.4.2 Delineamento experimental, implantação e condução	87
4.4.3 Coleta de amostras e determinação da produtividade de massa seca ensilável de milho e grãos de feijão dos diferentes sistemas de produção	89
4.4.4 Coleta de amostras e determinação de palhada dos diferentes sistemas de produção	89
4.4.5 Análises estatísticas	89
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	90
4.6 CONCLUSÕES.....	99
4.7 REFERÊNCIAS	99
5 CONCLUSÕES GERAIS	106
6 CONSIDERAÇÕES GERAIS	107
ANEXO A - Resumo da análise de variância para as variáveis densidade, frequência e abundância de plantas espontâneas analisadas no Capítulo 1 ..	108
ANEXO B - Resumo do quadrado médio do resíduo (QMr) e a relação entre o maior e menor QMr das variáveis analisadas para da planta de milho e silagem de milho planta inteira cultivada sob manejo agroecológico no Capítulo 2	109
ANEXO C - Resumo da análise de variância conjunta das variáveis do Capítulo 2	110

APÊNDICE A - Adubos verdes utilizados no presente trabalho	111
APÊNDICE B - Exemplo de plantas espontâneas na área de cultivo	113
APÊNDICE C - Feijão semeado sobre a palhada de adubos verdes.....	114
APÊNDICE D - Silos e silagem de milho planta inteira	115

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os sérios impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes dos sistemas de produção agrícola baseado no monocultivo com elevadas quantidades de insumos externos, como fertilizantes e agrotóxicos, tem impulsionando o desenvolvimento de pesquisas por sistemas de cultivos que promovam melhorias ou manutenção adequada das propriedades que garantam o crescimento da produção e a preservação ambiental.

A adoção dos preceitos de Agroecologia, como forma de favorecer a sustentabilidade do agroecossistema apresenta-se como alternativa viável a esta busca; pois, atende a necessidade de alinhar produção e a proteção ambiental, contemplando também fatores, sociais e culturais (PADOVAN et al., 2015). Neste manejo mantem-se a qualidade física, química e biológica do solo com foco na imitação dos processos naturais e redução no aporte de insumos externos; sendo realizados conforme as características locais do ambiente, alterando-as o mínimo possível (PRIMAVESI, 2008; LOSS et al., 2011).

Dentre as inúmeras correntes de desenvolvimento da agroecologia, a agricultura orgânica vem sendo destaque no Brasil. Ela ocupa 4.94 milhões de hectares, representando 2,24% do total das terras utilizadas pela agropecuária. O Sul do país apresenta-se como maior região produtora, ocupando 3,31% da área total cultivada (540 mil ha). As atividades econômicas prevaletentes são a pecuária, criação de outros animais (42,74%); lavouras temporárias de grãos e hortaliças (32,77%) (LOURENÇO; SCHNEIDER; GAZOLA, 2017).

O estado do Paraná é o maior em número de estabelecimentos orgânicos certificados, somando 12,30%. A região Oeste do estado, se destaca pela produção de grão, hortaliças e leite (MELÃO, 2010; SEAB/DERAL, 2016). Também se apresenta, como segunda bacia leiteira do estado, com média de 1,1 bilhões de litros de leite produzidos em 2017 (SEAB/DERAL, 2017). Portanto, com alta demanda por alimentos.

Por estes motivos, o cultivo das áreas destinadas a produção de alimentos para os animais deve ser realizado de forma a manter o sistema produtivo ao longo do tempo, visando manter a sustentação desta atividade econômica. O leite e carne de animais ruminantes, sob regime agroecológico de produção tem como base de alimentação a pastagem fresca, secas ou ensiladas em no mínimo 60% de sua dieta

total diária (BRASIL, 2011). Os mesmos requisitos são assumidos pelos produtores convencionais no Oeste do Paraná, as diferenças acontecem nos manejos e insumos empregados na produção destes alimentos (IPARDS, 2009, SEAB/DERAL, 2016).

As plantas forrageiras de clima tropical apresentam estacionalidade produtiva; sendo este, um desafio para os produtores agroecológicos e convencionais locais, elas produzem adequadamente apenas por 80 a 200 dias do ano (SANTOS et al., 2008). Portanto, a produção de forragens conservadas na forma de silagem, ganha importância para a alimentação nos demais dias do ano.

O milho (*Zea mays*) tem sido uma das plantas forrageiras mais utilizadas no processo de ensilagem, por apresentar características intrínsecas que permitem boa fermentação e conservação da massa ensilada, além da alta produtividade de massa seca por hectare, tecnologia de cultivo e bom valor nutritivo para os animais (MOREIRA et al., 2014).

A sucessão entre culturas de soja, feijão e milho segunda safra, predomina no Oeste do Paraná, em média 80% das áreas das propriedades rurais, são ocupadas com o cultivo de grão anuais destinados a venda ou a produção de silagem para alimentação animal (SEAB/DERAL, 2016, SOUZA et al., 2018). Este sistema de produção, aporta uma quantidade baixa de resíduos ao solo, ficando muito aquém da quantidade ideal de 7 a 8 t ha⁻¹ de matéria seca vegetal necessária para manutenção de um bom sistema de plantio direto (KLUTHCOUSKI et al., 2004; SEIDEL, 2016; MOTTIN et al., 2018).

Para os agricultores familiares, o cultivo do feijoeiro em sucessão ao milho, apresenta-se como uma opção vantajosa, seja pela garantia de venda da produção e segurança alimentar da família. Este é um alimento básico na mesa das famílias brasileiras, pelo seu alto valor biológico, além disto, pode ser destinado a complementação da alimentação animal (MORAES; MENELAU, 2017; EINSFLED, 2018). Na safra de 2017/2018 a produtividade média de feijão no estado do Paraná foi de 34,5 milhões de toneladas (SEAB/DERAL, 2019).

Seu desenvolvimento em solos de baixa fertilidade e com problemas de impedimentos físicos, fica comprometido, exigindo dos produtores, um aporte grande em nutrientes externos e manejos que implicam na elevação dos custos de produção. Além disto, o comprometimento das condições ideais de solo para cultivo, tornam as plantas vulneráveis as variações climáticas, ataques de pragas e doenças levando o sistema como um todo a insustentabilidade produtiva (TREVISAN et al., 2017).

Quando o milho de segunda safra se destina a produção de silagem os prejuízos a qualidade do solo e ao rendimento das culturas em sucessão são maiores pois, o cultivo de milho para ensilagem pode exportar até de 16 t ha⁻¹ de matéria seca, deixando pouca palhada para cobertura de solo (NOVAES et al., 2004).

A ausência da palhada, aliada ao trânsito de máquinas agrícolas sob condições inadequadas de umidade de solo (solo plástico), favorecem a formação de camadas compactadas (MORAES et al., 2016). A compactação influencia direta e, negativamente o rendimento e a qualidade das culturas, pois reduz os macroporos e incrementa a resistência do solo a penetração das raízes, reduzindo o volume, fornecimento de água e nutrientes as plantas (PELLEGRINI; MEINERZ; KAISER, 2016).

Como resultado, no decorrer dos anos observa-se na cultura do milho para a silagem uma redução nos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) e incrementos nas frações fibrosas que reduzem a ingestão e a digestibilidade da silagem pelos animais, agravando os prejuízos aos produtores rurais (AMIM, 2011; BORGHI et al., 2012; FERREIRA et al., 2017; IQBAL et al., 2019).

Ressalta-se que o processo de ensilagem não melhora a qualidade do material ensilado, procura apenas, manter as características do alimento o mais próximo possível aos da forragem original (VAN SOEST, 1994; BORGHI et al., 2012). Assim, os cuidados com o ambiente de cultivo e os tratos culturais devem ser priorizados, garantindo adequado padrão nutricional ao material ensilado, além de promover condições adequadas para os cultivos em sucessão.

As principais práticas de cultivo que vem sendo estudadas como alternativas para aumentar a palhada sobre o solo são os cultivos consorciados ou intercalados com adubos verdes e plantas de coberturas.

Entende-se por adubos verdes plantas cultivadas para proteger o solo da erosão e posterior incorporação, servindo como fonte de nutrientes (WILDNER, 2014). As Principais famílias de plantas utilizadas como adubos verdes são as *Poaceae* e as *Fabaceae*.

As *Poaceae* se destacam por apresentarem o sistema radicular do tipo fasciculado e denso, devolvem ao solo um aporte de massa seca com grande persistência na superfície devido à alta relação carbono/nitrogênio (C/N) (CALVO et al., 2010), permitindo uma decomposição mais lenta, quando comparadas às *Fabaceae*. Elas proporcionam melhorias rápidas na qualidade física do solo (KONDO

et al., 2012); promovendo reestruturação e maior descompactação da camada arável, devido ao grande volume e comprimento do seu sistema radicular (SILVA et al., 2011).

As plantas da família *Fabaceae* se destacam, por adicionar altos teores de nitrogênio ao solo, pelo processo de fixação biológica, tornando-se uma das principais fontes de adubação nitrogenada para as culturas no sistema agroecológicos (SANTOS et al., 2013). Além disso, apresentam uma relação C/N mais baixa, favorecendo à rápida decomposição, promovendo grande volume de biomassa decomposta e liberação de nutrientes importantes para as plantas (FRANCZISKOWSKI et al., 2019).

Ambas as famílias promovem eficiente controle de plantas espontâneas, um dos principais entraves na produção de grãos agroecológicos. Este efeito é resultado da competição por luz, nutrientes, espaço e água imposta as demais plantas. Podem ainda, produzir metabolitos secundários, liberados por exsudação, volatilização e lixiviação que apresentam efeitos alelopáticos sobre a população espontânea (LAMEGO et al., 2015). Também contribuem com a formação de uma camada de biomassa que regula a germinação de sementes fotoblásticas positivas, que requerem determinado comprimento de onda para germinar, possibilitando menor competição com as culturas de interesse (MONQUERO; HIRATA, 2014).

A rotação de culturas com adubos verdes, seguidos de uma leguminosa como feijão ou soja, são opções para revitalizar os sistemas de produção; inúmeros trabalhos apontam para incrementos a produtividade do feijoeiro, quando cultivado sob palhada de *Poaceae* e *Fabaceae* em comparação ao monocultivo tradicional (SEIDEL et al., 2012; TORRES et al., 2014; MOTTIN et al., 2018).

Incrementos a produtividade e a qualidade das plantas de milho também foram observados em cultivos consorciados ou em sucessão com adubos verdes. Diversos trabalhos demonstram, que este, pode ser cultivado nos mais diversos sistemas de produção que incluam diferentes adubos verdes, dentre os quais podemos citar leguminosas como: o feijão-guandu (*Cajanus cajan*), Crotalária *spectabilis* (*Crotalária spectabilis*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), ervilhaca (*Vicia sativa*); brássicas como o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e gramíneas como a aveia preta (*Avena strigosa*) (CALVO; FOLONI; BRANCALIÃO, 2010; MORAES et al., 2016).

Cada adubo verde, apresenta um conjunto de características peculiares, que lhes permite contribuir nos sistemas agroecológicos de produção de grãos. O feijão-guandu (*Cajanus cajan*) incrementa não apenas a produtividade de massa seca do

milho, como também, a nutrição dos animais, pois é rica em proteína, com média de 240 g kg⁻¹ de proteína bruta na matéria seca, podendo ser fornecida aos animais na forma de forragem fresca, feno e silagem (NERES et al., 2012). É uma planta anual, bianual ou semi-perene, de clima tropical e subtropical, seu crescimento inicial é lento, possui um sistema radicular profundo com grande potencial para descompactação de solo, absorção de água e reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas, permitindo transferência via fixação biológica de 41 a 280 kg ha⁻¹ de nitrogênio ao ano para a cultura de milho (CALEGARI et al., 2003; WUTKE et al., 2007).

A crotalária *spectabilis* (*Crotalária spectabilis*), é uma espécie originária da Índia, com ampla adaptação às regiões tropicais. As plantas são arbustivas, de crescimento lento rápido, ereto e determinado, atingindo de 0,60 a 1,5 metros de altura. O plantio pode ser realizado de setembro a março, com cultivo em linha ou lanço. Apresenta alto potencial de descompactação de solo, atividade alelopática, que reduz a competição com a cultura de interesse comercial, propriedades repelente a alguns insetos e controle de nematoides (WUTKE et al., 2007). Também incorpora ao sistema produtivo entorno de 150 a 450 kg ha⁻¹ de N por ano, que favorece a produtividade de milho em consórcio e sucessão (CARVALHO et al., 2004; PAZ et al., 2017; MARTINEZ et al., 2019). Entre tanto, cuidados devem ser tomados para o fornecimento como alimento aos ruminantes, por apresentar alcaloides com alta toxicidade hepática quando consumida em excesso (PIRES et al., 2015).

O feijão-de-porco é uma planta que suporta as adversidades desde o clima árido e seco das regiões semiáridas até o de regiões com florestas tropicais (CALEGARI et al., 2003). Os benefícios do feijão-de porco ocorrem tanto nos cultivos consorciados como no cultivo em sucessão ao milho, apresenta crescimento que permite maior cobertura do solo, devido às amplas folhas cotiledonares, resistência ao déficit hídrico e a solos ácidos, sistema radicular profundo e concorrência com as plantas daninhas por espaço, luz e nutrientes (COELHO et al., 2016; PAZ et al., 2017). Esta planta, constitui uma das principais fontes de transferência de N via fixação biológica para as culturas em sistemas agroecológicos, fixa entre 37 a 280 kg ha⁻¹ de nitrogênio ao ano. Além disto, promove a liberação de outros nutrientes em sincronia com a demanda da cultura, como K, P, Ca e Mg (COLLIER et al., 2011).

Dentre as espécies de leguminosas cultivadas no inverno, a ervilhaca (*Vicia sativa*) é a mais cultivada devido a sua qualidade nutricional, fixação biológica de nitrogênio e resistência a temperaturas altas. Essa cultura, pode ser utilizada para

pastejo (solteira ou consorciada), feno, silagem, adubação verde e produção de grãos (ORTIZ et al., 2015). A planta fixa uma média de 88,8 kg ha⁻¹ de nitrogênio ao ano e possui uma relação C/N de aproximadamente 14, liberando rapidamente o N para a cultura subsequente (AITA et al., 2001; GIACOMINI et al., 2004).

O Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus*) tem sido a brássica mais empregada nas regiões Sul como adubação verde de inverno, é uma planta herbácea anual, ereta ramificada, podendo atingir de 0,6 a 1 metro de altura. Pode ser cultivada em climas temperados, continental e tropical (LORENZI, 2006). Apresenta crescimento inicial e cobertura de solo extremamente rápido, suprimindo de forma eficaz as plantas espontâneas no sistema de cultivo agroecológicos. Não possui a capacidade de fixar N₂ atmosférico, porém, apresenta alta capacidade de extrair N de camadas mais profundas do solo, além de apresentar teores elevados de P, K, Ca e Mg que incrementam a nutrição das culturas em sucessão (LIMA et al., 2007; LÁZARO et al., 2013). Suas raízes são pivotantes e tuberosas, com alta capacidade de romper camadas de solo compactadas, melhorando condições físicas e químicas do local de cultivo incrementando a produtividade das culturas em sucessão (CREMONEZ et al., 2013).

A aveia preta (*Avena strigosa*), é a gramínea mais utilizada para adubação verde de inverno no Sul do país, podendo ser cultivada em consórcio ou sucessão com culturas de interesse, para formação de palhada e alimentação animal neste período (SILVA et al., 2007, MOTTIN, 2016). Apresenta um reconhecido efeito de recuperação e conservação dos solos, além de precocidade, rusticidade e elevada produtividade de massa seca, que permite alta cobertura de solo, mantendo-o úmido por mais tempo (RODRIGUES, 2011; MOTTIN, 2016). Seu sistema radicular fasciculado permite descompactação do solo na camada arável e extrai nutrientes das camadas mais profundas do solo, reciclando principalmente o N, P, K, Ca, Mg e S (BERWANGER et al., 2003; CRUSSIOL et al., 2008).

A partir do exposto, esse trabalho teve como hipótese investigar se: diferentes sistemas de cultivo que incluem adubos verdes em consórcio e sucessão, são capazes de melhorar e manter a qualidade da produção de milho para ensilagem e feijão cultivados em sistema agroecológico de produção. Para avaliar essa hipótese, a dissertação foi dividida em três capítulos com diferentes objetivos:

Capítulo I, intitulado “Plantas espontâneas em sistemas de produção de milho agroecológico cultivado com diferentes adubos verdes”, o objetivo foi realizar o

levantamento fitossociológico, avaliar a frequência, abundância, densidade e índice de valor de importância de plantas espontâneas na cultura do milho agroecológico cultivadas com adubos verdes na safra de primavera/verão e em sucessão no outono/inverno.

Capítulo II, intitulado “Composição bromatológica de milho e de silagem de milho planta inteira cultivado em consórcio com adubos verdes sob sistema agroecológico de produção”, o objetivo foi avaliar a composição bromatológica de milho agroecológico cultivado em consórcio com adubos verdes, antes e após sua ensilagem e do milho cultivado sobre esta palhada (milho safrinha).

Capítulo III, intitulado “ Produtividade de milho para ensilagem em consórcio com adubos verdes e de feijão em sucessão”, teve como objetivo: avaliar a produtividade da cultura de milho para ensilagem, feijão em sucessão e a produção de palhada em diferentes sistemas de rotação de culturas com adubos verdes de primavera/verão e outono/inverno cultivados sob manejo agroecológico de produção.

1.1 REFERÊNCIAS

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C.N.; GONÇALVES, C.N.; ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de N ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.1, p.157- 165, 2001. Disponível em: <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v25n1a17.pdf>> Acesso em: 17 fevereiro. 2019.

AMIM, M. E. H. Effect of different nitrogen sources on growth, yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L.). **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Riyadh, Saudi Arabia, v. 10, p. 17-23, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 46, de 06 de outubro de 2011. **Legislação para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, Distrito Federal, 23 dez. 2011.

BORGHI, É.; MELLO, L.; BERGAMASCHINE, A. F.; CRUSCIOL, C. A. Produtividade e qualidade de forragem de milho em função da população de plantas, do sistema de preparo do solo e da adubação. **Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas, v. 13, n. 4, p. 465-471, 2012.

BERWANGER, A.L.; FACCO, S.; WILDNER, L.P.; DENARDIN, R.B.N.; PANZERA, C.M.; SCHNEIDER, A.M.; PELLE, M. Ecofisiologia de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) nas condições da região oeste catarinense. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, Ribeirão Preto, 2003. Anais. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; COSTA, M.B.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J. **A adubos verdes no Sul do Brasil**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Aspta, 2003, 346p.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.

CARVALHO, M. A. C; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L F.; ARF, O.; SÁ, M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.

COELHO, S. P.; GALVÃO, J. C. C.; TROGELLO, E.; CAMPOS, S. A.; PEREIRA, L. P. L.; BARRELLA, T. P.; CECON, P. R.; PEREIRA, A. J. Coberturas vegetais na supressão de plantas daninhas em sistema de plantio direto orgânico de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete lagoas, v. 15, n. 1, p. 65-72, 2016.

COLLIER, L. S., KIKUCHI, F. Y.; BENÍCIO, L. P. F.; SOUSA, S. A. Consórcio e sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 306-313, 2011.

CREMONEZ, P.A.; FEIDEN, A.; CREMONEZ, F.E.; ROSSI, E.; ANTONELLI, J.; NADALETI, W.C.; TOMASSONI, F. Nabo forrageiro: do cultivo a produção de biodiesel. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.2, n.2, p. 64-72, 2013.

CRUSCIOL, C.A.C.; MORO, E.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M. taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.481-489, 2008.

EINSFLED, S. M. **Feijão partido extrusado na alimentação de leitões (15 a 30 kg de peso vivo)**. 2018. 50 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

FERREIRA, J. P.; ANDREOTTI, M.; PASCOALOTO, I. M.; COSTA, N. R.; AUGUSTO, J. G. Qualidade Da Silagem De Milho Consorciado Com Gramíneas Tropicais Em Diferentes Espaçamentos. **Boletim de Industria Animal**, Nova Odessa, v. 74, n. 3, p. 237-245, 2017.

FRANCZISKOWSKI, M. A.; SEIDEL, E. P.; FEY, E.; ANSCHAU, K. A.; MOTTIN, M. C. Propriedades físicas do solo nos sistemas de plantio direto e preparo reduzido com diferentes plantas de cobertura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 556-564, 2019.

GIACOMINI, S.J; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I.C.; HÜBNER, A.P.; MARQUES, M.G.; CADORE, F. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II - Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.4, p.1-25, 2004. Doi: 10.1590/S0100-06832004000400015.

IPARDS. **Caracterização socioeconômica da atividade leiteira no Paraná: sumário executivo / Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social e Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural.** - Curitiba: IPARDES, 2009. 29 p.

IQBAL, M. A.; HAMID, A.; AHMAD, T.; SIDDIQUI, M. H.; HUSSAIN, I.; SAJID ALI, S.; ANSER ALI, A.; ZAHOOR AHMAD, Z. Forage sorghum-legumes intercropping: effect on growth, yields, nutritional quality and economic returns. **Bragantia**, Campinas, v. 78, n. 1, p. 82-95, 2019.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. Integração lavoura pecuária e o manejo de plantas daninhas. **Potafos: Informe agropecuário**, n. 106, p. 1-20, 2004.

KONDO, M. K.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; WENDLING, B.; DA SILVA, P. B.; CARDOSO, M. M. Efeito de coberturas vegetais sobre os atributos físicos do solo e características agronômicas do sorgo granífero. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 33-40, 2012.

LAMEGO, F. P.; CARATTI, F. C.; REINEHR, M.; GALLON, M.; SANTI, A. L.; BASSO, C. J. N. Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 1, p. 97-105, 2015.

LÁZARO, R.L.; COSTA, A.C.T.; SILVA, K.F.; SARTO, M.V.M.; DUARTE JÚNIOR, J.B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde¹. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 10-17, 2013.

LIMA, J.D.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, R.K.; SOLIMAN, E.P.; MORAES, W.S. Comportamento do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, p. 60-63, 2007.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas.** 6ª Ed. CEP 13.460-000, Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2006.

LOURENÇO, A. V.; SCHNEIDER S.; GAZOLA, M. A agricultura orgânica no Brasil: um perfil a partir do censo agropecuário 2006. **Extensão Rural, DEAER – CCR – UFSM**, Santa Maria, v. 24, n. 1, 2017.

MARTINEZ, A. S.; PAN, R.; CACIANO, W. M.; SEIDEL, E. P. Consórcio de Adubos Verdes e Incremento da Produtividade de Milho para Ensilagem, Uma Alternativa Para o Produtor Rural. **Cadernos de Agroecologia**, v. 14, n 1, 2019.

MELÃO, I. B. Desenvolvimento rural sustentável a partir da agroecologia e da agricultura orgânica: O Caso do Paraná. **Nota Técnica Ipardes**, Curitiba, n. 8, out. 2010.

MONQUERO, P. A.; HIRATA, A. C. S. Manejo de plantas daninhas com adubos verdes. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília, DF: Embrapa, 2014, v. 1, p. 481-507.

MOREIRA, S. G.; LUPP, R. M.; LIMA, C. G.; MARUCCI, R. C.; RESENDE, A. V.; BORGES, I. D. Massa seca e macronutrientes acumulados em plantas de milho cultivadas sob diferentes espécies de cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 218-231, 2014.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHIN, J. C.; SILVA, F. R. Benefício das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo. In: TIECHER, T. (Org). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais do sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016, p 34-48.

MORAES, E. S.; MENELAU, A. S. Análise do mercado de feijão comum. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 26, p. 81-92, 2017.

MOTTIN, M. C. **Efeito de plantas de cobertura cultivadas no inverno nas propriedades físicas do solo e na produtividade de soja e milho em sucessão**. 2016. 52 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, 2016.

MOTTIN, M. C.; SEIDEL, E. P.; FEY, E.; VANELLI, J.; ALVES, A. L.; RICHART, A.; FRANDOLOSO, J. F.; ANSCHAU, K. A.; FRANZISKOWSKI, M. A. Biomass Productivity and Physical Properties of the Soil after Cultivation of Cover Plant in the Autumn and Winter. **American Journal of Plant Sciences**, v. 09, p. 775-788, 2018.

NOVAES, L. P.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C. **Silagens: oportunidade e pontos críticos**. Juiz de Fora, 2004, 10 p. (EMBRAPA, circular técnica 43).

NERES, M.A.; CASTAGNARA, D.D.; SILVA, F.B.; OLIVEIRAI. P.S.R.; MESQUITAI, E.E.; BERNARDI, T.C.; GUARIANTI, A.J.; VOGT, A.S.L. Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.5, p.862-869, 2012.

ORTIZ, S.; MARTIN, T.N.; BRUM, M.S.; NUNES, N.V.; STECCA, J.D.L.; LUDWIG, R.L. Densidade de semeadura de duas espécies de ervilhaca sobre caracteres agrônômicos e composição bromatológica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.2, p.245-251, 2015. Doi.org/10.1590/0103-8478cr20140291

PARANÁ. Secretaria de Estado de Agricultura e do Abastecimento. SEAB/DERAL. **Leite: análise da conjuntura agropecuária 2015-2016**. Curitiba: 2016, 15 p. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=32>>. Acessado em 26 de março de 2017.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Agricultura e do Abastecimento. SEAB/DERAL. **Comparativo de área, produção e rendimento de culturas selecionadas, safra 18/19**. Curitiba: 2019, 1 p. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/system/files/público/Safras/resumopss.pdf>>. Acessado em 04 de novembro de 2019.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Agricultura e do Abastecimento. SEAB/DERAL. **Leite: análise da conjuntura agropecuária 2016-2017**. Curitiba: 2017, 16 p. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/leite_2016_17.pdf>. Acessado em 01 de setembro de 2019.

PADOVAN, M. P.; CARNEIRO, L. F.; FELISBERTO, G.; NASCIMENTO, J. S.; CARNEIRO, D. N. M. Milho cultivado em sucessão a adubos verdes em sistemas sob bases agroecológicas. **Revista AgroAmbiente On-line**, Roraima, v. 9, n. 4, p. 377-385, 2015.

PAZ, L. B.; GALLO, A. S., SOUZA, R. L., OLIVEIRA, L. V. N.; CUNHA, C.; SILVA, R. F. Desempenho e produtividade do milho safrinha em consórcio com leguminosas em sistema orgânico. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 4, p. 788-794, 2017.

PELLEGRINI, A.; MEINERZ, G. R.; KAISER, D. R. Compactação do solo em sistemas intensivos de integração lavoura pecuária. In: TIECHER, T. (Org). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais do sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016, p. 49-64.

PIRES, A.P.C.; OLIVEIRA, M.C.; BRAGA, K.M.; MALAFAIA, P.; BARROS, J.P.N.; TOKARNIA, C.H.; BRITO, M.F. Estudo sobre a sensibilidade dos caprinos à toxidez de crotalárias tóxicas para bovinos visando a sua utilização na profilaxia. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, p. 501-512, 2015 DOI: 10.1590/S0100-736X2015000600003

PRIMAVESI, A. M. Agroecologia e Manejo do Solo. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, v. 5, n. 3 p. 7-10, 2008.

RODRIGUES, D. A.; AVANZA, M. F.B.; DIAS, L. G. G. G. Sobressemeadura de aveia e azevém em pastagens tropicais no inverno revisão de literatura. **Revista científica eletrônica de medicina veterinária**. n. 16. 2011.

SANTOS, F. A. P.; PENATI, M. A.; CARARETO, R.; DANES, M. A. C. Produção de leite com base em pastagem. In: SANTOS, G. T.; UHLIG, L.; BRANCO, A. F.; JOBIM, C. C.; DAMASCENO, J. C.; CECATO, U. (Org.). **Bovinocultura de leite: Inovação tecnológica e sustentabilidade**. Maringa: Eduem, 2008, p. 153-178.

SANTOS, I. C.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W. **Adubação verde no cultivo de hortaliças. Circular Técnica**, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, v. 1, n. 179, p. 1-6, 2013.

SEIDEL, E. P.; SILVA, S. C.; SILVA, L. P. E.; SPAKI, A. P. Effect of cover crops on common bean yield and soil physical properties under no-till system. **Acta Scientiarum: Technology**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 399-404, 2012.

SEIDEL, E. P. A importância da matéria orgânica no manejo dos solos. In: SEIDEL, E. P.; MELLO, E. C. T.; ZAMBOM, M. A. (Org.) **Sustentabilidade agropecuária em sistemas agroecológicos e orgânicos de produção**. Marechal Cândido Rondon: Unioeste-Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016. p. 149-153.

SILVA, A. A.; SILVA, P.R.F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 928-935, 2007.

SILVA, D. A.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C. Aporte de fitomassa pelas sucessões de culturas e sua influência em atributos físicos do solo no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 147-156, 2011.

SOUZA, A. E.; REIS, J. G. M.; RAYMUNDO, J. C.; PINTO, R. S. Estudo da produção do milho no Brasil: regiões produtoras, exportação e perspectivas. **South American Development Society Journal**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 182-194, 2018.

TREVISAN, R. G.; FREDDI, O. S.; WRUCK, F. J.; TAVANTI, R. R.; PERES, F. S. C. Variabilidade de atributos físicos do solo e do arroz cultivado sob plantas de cobertura em sistema de integração lavoura-pecuária. **Bragantia**, Campinas, v. 76, n. 1, p. 145-154, 2017.

TORRES, J. L. R.; CUNHA, M. A.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. S. Cultivo de feijão e milho em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 117 – 125, 2014.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2ª ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

WILDNER, L. P. Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F. CARLOS, J. A. D. **Adubos verdes e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília- Embrapa, 2014, p. 19-45.

WUTKE, E.B.; AMBROSANO, E.J.; RAZERA, L.F.; MEDINA, P.F.; CARVALHO, L.H.; KIKUTI, H. **Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: informações técnicas**. Brasília: MAPA, 2007, 52 p.

2 CAPÍTULO 1: PLANTAS ESPONTÂNEAS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO AGROECOLÓGICO CULTIVADO COM DIFERENTES ADUBOS VERDES

2.1 RESUMO

Para o sistema agroecológico de produção a presença de plantas espontâneas não é mero fator de perda de produtividade, mas também estas plantas são analisadas como bioindicadores de condições de solo e manejo das áreas. O presente trabalho teve por objetivos realizar o levantamento fitossociológico, avaliar a frequência, abundância, densidade e índice de valor de importância de plantas espontâneas na cultura do milho agroecológico cultivadas com adubos verdes na safra de primavera/verão e em sucessão no outono/inverno. O experimento foi implantado em uma propriedade rural, localizada no município de Missal - PR, manejada em sistema agroecológico desde 2009 e os ensaios realizados na safra de 2017/2018 e 2018. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas sub-subdividida no tempo 4x2x2, com 5 repetições. A parcela principal foi constituída dos sistemas de rotação de culturas nas modalidades de cultivo: milho em monocultivo/milho monocultivo (testemunha); consórcio de milho + feijão-guandu/milho monocultivo; consórcio de milho + crotalária/ milho monocultivo e consórcio de milho + feijão-de-porco/milho monocultivo. A subparcela constituiu das duas estações de cultivo; primavera/verão e outono/inverno. A parcela sub-subdividida as duas épocas de avaliações dentro de cada estação de cultivo aos 30 e aos 70 dias após a emergência do milho (DAE). O levantamento fitossociológico foi realizado pelo método do quadrado inventário, o qual possui uma área conhecida de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m). Os dados obtidos foram analisados, e determinou-se a frequência (FRE), abundância (ABU), densidade de plantas por metro (DEN) e o índice de valor de importância (IVI). Os resultados permitem concluir que o cultivo milho com feijão-guandu, crotalária e feijão-de-porco favoreceu a seleção de plantas espontâneas de folhas largas em detrimento as espécies de folhas estreitas indicando melhorias no manejo de solo da área de cultivo. A crotalária, foi capaz de reduzir a densidade e abundância de plantas espontâneas quando cultivado em consórcio com o milho na primavera/verão. Aos 70 DAE a densidade, frequência e abundância foram menores do que aos 30 DAE para a estação de primavera/verão; demonstrando o efeito supressivo dos adubos verdes. As espécies *Commelina benghalensis* e

Leonurus sibiricus, foram as plantas espontâneas que apresentaram o maior índice de valor de importância (VI) na área experimental para as modalidades de cultivo de milho + feijão-guandu e milho + crotalária. O plantio de milho em consórcio com adubos verdes, principalmente a crotalária e o feijão-de-porco, podem ser um manejo recomendado para redução plantas espontâneas no cultivo de milho em sistema agroecológico.

Palavras-chave: Manejo cultural, consórcio entre plantas, *Zea mays*.

SPONTANEOUS PLANTS AS BIOINDICATORS OF AGROECOLOGICAL CORN SYSTEMS CROPPED WITH DIFFERENT COVER CROPS

2.2 ABSTRACT

For the agroecological production system, the presence of spontaneous plants is not a simple factor of yield losses, but also these plants are used as bioindicators of the soil conditions and management of areas. The present study objectified to make a phytosociological survey, evaluate the frequency, abundance, density and the importance value index of spontaneous plants in agroecological corn cultivated with cover crops in the spring/summer crop and in succession in the fall/winter crop. The experiment was carried out in a rural property, located in the city of Missal - PR, managed in an agroecological system since 2009 and the tests performed in the 2017/2018 and 2018 agricultural harvest. The experimental design was of randomized blocks with sub-subdivided plots 4x2x2, with five replications. The main plot constituted of the crop rotation in the cropping modes: corn monoculture/corn monoculture (control); consortium of corn + guandu bean/corn monoculture; consortium of corn/showy rattlebox/corn monoculture and consortium of corn/jack bean/corn monoculture. The evaluations were made in two seasons inside each cropping season, at 30 and 70 days after the corn emergence (DAE). The phytosociological survey was made with a square with known area (0,5 x 0,5 m). Data were evaluated and then determined the frequency (FRE), abundance (ABU), density of plants per meter (DEN) and the importance value index (IVI). The results allow to conclude that the corn cultivation with guandu bean, showy rattlebox and jack bean favored the selection of broadleaf spontaneous plants over narrow leaf species indicating improvements in soil management and of the crop area. The showy rattlebox

was capable of reducing the density and abundance of spontaneous plants when cultivated in consortium with corn in the spring/summer. At 70 DAE density, frequency and abundance were smaller than at 30 DAE; showing the suppression effect from the cover crops over the spontaneous plants. The species *Commelina benghalensis*. and *Leonurus sibiricus*, were the spontaneous plants with the highest IVI in the experimental field for the corn+guandu bean and corn/showy rattlebox modes. The consortium of corn with cover crops, mainly showy rattlebox and jack bean, may be an appropriate management to reduce spontaneous plants in the corn cultivation under agroecological system.

Keywords: cultural management, consortium between plants, *Zea mays*.

2.3 INTRODUÇÃO

O milho é utilizado como fonte energética na alimentação humana e principalmente, para alimentação animal. Suas características morfológicas facilitam seu cultivo, permitindo ampla diversificação do sistema produtivo. Adaptando-se bem as premissas de produção agroecológicas; cujo foco está na produção de alimentos baseada na imitação dos processos naturais, uso sustentável do solo e recursos hídricos, sustentabilidade do sistema agrícola local, e reduzindo ao máximo a dependência de insumos externos do sistema produtivo (ALTIERI et al., 2015; LIZARELLI, 2016).

Segundo Queiroz et al. (2010) um dos principais desafios à produção eficiente de milho em sistemas agroecológicos está no manejo das plantas espontâneas, uma vez que, exige um amplo conhecimento da distribuição, diversidade e ecologia destas plantas. Desta forma, é possível prever possíveis combinações de manejos que permitam satisfatório desempenho da cultura em sistemas agroecológicos, aliado a preservação da biodiversidade.

De acordo com Padovan et al. (2013), as plantas espontâneas não devem ser analisadas como meros fatores de perdas de produtividade; mas como bioindicadores da qualidade de solo e manejo aplicados nas áreas de cultivo.

No sistema agroecológico o método de controle químico é substituído por outros, como o mecânico e o cultural. No método cultural busca-se a utilização de diferentes plantas para a cobertura do solo. Esta prática é muito vantajosa, não

somente para reduzir a infestação de plantas espontâneas; mas também, porque melhoram as propriedades físico-químicas do solo (BALBINOT JÚNIOR et al., 2009).

Além disso, estas plantas contribuem para a manutenção da fertilidade, bem como permite a redução de adubação para a cultura subsequente, especialmente o nitrogênio. De acordo com Padovan et al. (2013), o uso de adubos verdes pode gerar uma economia de 40 a 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio para a cultura do milho.

Segundo Seidel et al. (2016), os adubos verdes são plantas utilizadas em consórcio, rotação ou sucessão a cultura de interesse. Passando a ser delas, a função de aumentar a massa seca aportada ao solo, promover a qualidade do solo, bem como aumentar a produtividade da cultura principal por disponibilizar nutrientes as culturas em sucessão (DAN et al., 2012). Quando cultivadas em consórcio com o milho elas devem ser muito competitivas com as plantas espontâneas, mas ao mesmo tempo, não podem afetar a produção da cultura principal.

Dentre os materiais vegetais normalmente utilizados destacam-se as plantas das famílias *Fabaceae* e *Poaceae*. As *Fabaceae* possuem capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico e rápida decomposição, podem produzir néctar e pólen, abrigar e atrair inimigos naturais. Trazendo impacto positivo ao controle de pragas e doenças, pois ampliam a diversidade biológica local (ARF et al., 2018).

As *Poaceae* produzem grande quantidade de massa seca residual, com decomposição mais lenta, resultando em maior proteção do solo. Também, possuem sistema radicular abundante e profundo, o que aumenta a ciclagem de nutrientes e melhoram as propriedades físicas do solo (SILVA et al., 2012).

Os adubos verdes podem controlar e selecionar plantas espontâneas; pois, competem por luz, nutrientes, espaço e água com as plantas espontâneas. Elas podem ainda produzir metabolitos secundários, liberados por exsudação, volatilização e lixiviação que apresentam efeitos alelopáticos sobre tais plantas (LAMEGO et al., 2015).

Sua palhada contribui com biomassa que diminui a radiação solar, dissipa a energia do impacto das gotas de chuva, reduz a evaporação de água e regulam a germinação de sementes fotoblásticas positivas. As plantas fotoblásticas requerem determinado comprimento de onda para germinar. A palhada reduz a germinação das plantas espontâneas possibilitando que a cultura de interesse inicie o seu desenvolvimento com menor competição (MONQUERO; HIRATA, 2014).

Entretanto, os efeitos do cultivo de adubos verdes são dependentes da distribuição, da quantidade e do tipo de material na superfície do solo; elas precisam ser adaptadas ao meio, para que possam ter uma boa produção de massa seca, ou então, produzir substâncias alelopáticas que serão capazes de suprimir as plantas espontâneas. A escolha de quais espécies de adubos verdes serão utilizados em consórcios ou em sobressemeadura com plantas cultivadas são, portanto, ponto chave para o sucesso do controle de plantas espontâneas no sistema agroecológico de produção.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivos realizar o levantamento fitossociológico, avaliar a frequência, abundância, densidade e índice de valor de importância de plantas espontâneas na cultura do milho agroecológico cultivadas com adubos verdes na safra de primavera/verão e em sucessão no outono/inverno.

2.4. MATERIAL E MÉTODOS

2.4.1 Localização, clima e solo do local de estudo

O experimento foi conduzido em uma propriedade rural, localizada no município de Missal - PR, manejada em sistema agroecológico desde 2009. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfa); com verões quentes, com temperaturas médias superiores a 22°C e invernos com temperaturas médias e inferiores a 18°C e uma precipitação pluviométrica média anual de 1600 – 1800 milímetros (IAPAR, 2010).

O solo da unidade experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef), de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013).

Os dados climatológicos do período de condução do experimento foram obtidos junto à Estação Meteorológica de Medianeira - PR, instalada na UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) em convênio com IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná) e situada a 25° 10' de latitude Sul e 54° 07' de longitude Oeste, a 466 m de altitude em relação ao nível do mar. Os valores médios mensais referentes à precipitação e temperatura (mínima, média e máxima), os dados climatológicos do período de condução do experimento são apresentados na Figura 1.

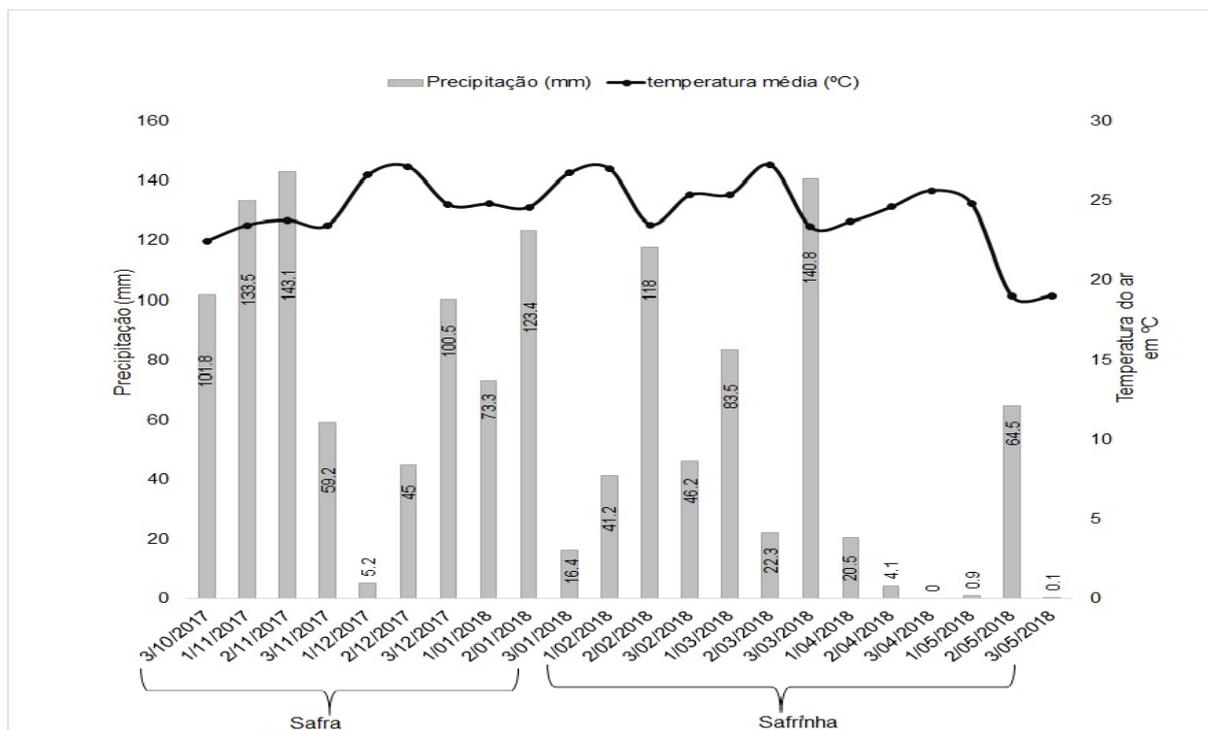


Figura Erro! Nenhum texto com o estilo especificado foi encontrado no documento.1 - Dados pluviométricos decêndiais acumulados em milímetros (mm) e temperatura média em graus Célsius (°C) entre 20 de outubro de 2017 e 30 de maio de 2018.

Fonte: Estação meteorológica automática de Medianeira - PR, UTFPR em convênio com IAPAR.

2.4.2 Delineamento experimental, implantação e condução

Os ensaios foram conduzidos na safra agrícola de 2017/2018 e 2018. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em parcelas sub-subdivididas no tempo 4x2x2, com 5 repetições. A parcela principal consistiu no cultivo de milho para ensilagem em quatro diferentes sistemas de rotação de culturas nas modalidades: 1 - Milho monocultivo/milho monocultivo, 2 - Consórcio de milho + feijão-guandu /milho monocultivo; 3 - Consórcio de milho + crotalária/milho monocultivo e 4 - Consórcio de milho + feijão-de-porco/milho monocultivo. A subparcela consistiu na avaliação das plantas espontâneas presente no milho para ensilagem cultivado nas estações de primavera/verão de 2017/2018 em consórcio com adubos verdes e no milho para ensilagem outono/inverno de 2018 (safrinha) em monocultivo semeados sob a palhada dos adubos verdes. A parcela sub-subdividida foram as duas épocas de avaliação dentro de cada estação de cultivo, aos 30 e aos 70 dias após a

emergência do milho (DAE). Cada parcela possuía 30 m² e para determinação da área útil foram descontados 0,5 metro das bordaduras e das linhas laterais.

A área experimental estava sendo cultivada a dois anos com a cultura de mandioca, previamente à implantação do experimento, a cultura anterior foi retirada e realizou-se uma gradagem leve para incorporação e eliminação da população inicial de plantas espontâneas e uniformização da superfície de cultivo, em seguida coletou-se amostras de solo na profundidade de 0,0 – 0,20 m para a determinação das características químicas. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da UNIOESTE. Os resultados obtidos foram: pH (CaCl₂) = 4,97; M.O.= 17,77 g dm⁻³; P = 11,64 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 13,35 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 2,35 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,38 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ = 0,31 cmol_c dm⁻³, H⁺ + Al³⁺ = 4,77 cmol_c dm⁻³ e V = 77,12%.

Mediante a análise química de solo, foram aplicados ao solo 1 kg m⁻² de cama de aviário curtida no momento da semeadura do milho de primavera/verão para a manutenção dos teores de K no solo. A composição química da cama de aviário realizadas no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da UNIOESTE continham: pH em água = 7,40; Carbono total = 411 g kg⁻¹; M.O= 820 g kg⁻¹; N total = 44 g kg⁻¹; P = 8,50 g kg⁻¹; K = 37 g kg⁻¹; Ca = 31 g kg⁻¹.

A semeadura de milho de primavera/verão (safra) foi realizada em 29/10/2017 e outono/inverno (safrinha) em 17/02/2018. O cultivar utilizadas foi o INCAPER 203, semeado com espaçamento entre linhas de 0,90 m, com população de plantas de 55 a 50 mil plantas/ha.

Os adubos verdes feijão-guandu (*Cajanus cajan*), Crotalária spectabilis (*Crotalária spectabilis*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) foram semeados nas entre linhas do milho primavera/verão, com auxílio de semeadora manual, na mesma data de semeadura do milho, utilizando-se 90, 40 e 50 kg sementes ha⁻¹ respectivamente.

Após a retirada do milho safra, as parcelas contendo os adubos verdes foram roçadas com roçadeira motorizada para formação de palhada. A semeadura do milho safrinha (outono/inverno) foi no sistema de plantio direto, sete (7) dias após roçada dos adubos verdes, com revolvimento do solo de forma manual, apenas na linha de plantio

Os tratos culturais realizados nos dois cultivos durante o período experimental, foram: aplicação de biofertilizante “supermagro” a 3% aos 15, 35 e 55

dias de semeadura do milho, controle de lagartas do cartucho com o inseticida biológico Dipel, a base de *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki*, linhagem HD-1, aplicado na dose recomendada pelo fabricante.

2.4.3 Coleta de amostras e levantamento fitossociológico das plantas espontâneas

O levantamento fitossociológico foi realizado pelo método do quadrado inventário proposto por Braun-Blanquet (1979), o qual possui uma área conhecida de 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m). O quadrado foi lançado ao acaso, em três pontos da área útil de cada unidade experimental, aos 30 e 70 dias após a emergência (DAE), realizando-se a identificação e contagem das plantas espontâneas presentes na área (APÊNDICE B).

Os dados obtidos foram analisados, e determinou-se a frequência (FRE), abundância (ABU), densidade de plantas (DEN) e o índice de valor de importância (IVI). Para definição desses parâmetros foram utilizadas as fórmulas propostas por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974):

$$\text{Frequência} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de parcelas que contém a espécie}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de parcelas utilizadas}}$$

$$\text{Densidade} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ total de indivíduos por espécie}}{\text{Área total coletada}}$$

$$\text{Abundância} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ total de indivíduos por espécie}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de parcelas contendo a espécie}}$$

$$\text{Frequência relativa (Fr)} = \frac{\text{Frequência da espécie} \times 100}{\text{Frequência total de todas as espécies}}$$

$$\text{Densidade relativa (Dr)} = \frac{\text{Densidade da espécie} \times 100}{\text{Densidade total de todas as espécies}}$$

$$\text{Abundância relativa (Ar)} = \frac{\text{Abundância da espécie} \times 100}{\text{Abundância total de todas as espécies}}$$

$$\text{Índice de valor de importância (IVI)} = Fr + Dr + Ar$$

2.4.5. Análises estatísticas

Os dados obtidos, foram submetidos à análise de variância considerando um nível de significância de 5% para o teste F (ANEXO A). Quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6.

2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento fitossociológico permitiu a identificação de 13 espécies e 12 famílias de plantas espontâneas presentes no cultivo de milho nas duas safras primavera/verão e outono/inverno em sistema agroecológico. Quanto as famílias, foram identificadas as seguintes famílias: *Lamiaceae*, *Commelinaceae*, *Malvaceae*, *Euphorbiaceae*, *Asteraceae*, *Phyllanthaceae*, *Portulacaceae*, *Solanaceae*, *Amaranthaceae*, *Convolvulaceae* e *Marantaceae* enquadraram-se no tipo de folhas largas (eudicotiledôneas), enquanto a família *Poaceae*, folhas estreitas (monocotiledôneas) (Tabela 1).

Este levantamento fitossociológico torna-se importante para a análise da composição botânica, pois indica o grau de estabilidade ou degradação biológica do local, e as condições físicas e químicas do solo, de maneira rápida e simplificada (FEIDEN, 2001; JUNQUEIRA et al., 2013; PRIMAVESI, 2017).

Observa-se predomínio na área experimental de plantas de folhas largas (Tabela 1). A sucessão entre plantas em direção a sistemas clímax impulsionam gradativamente o aumento da produção de biomassa o fluxo de energia e a ciclagem de nutrientes, tornando os sistemas mais férteis e estáveis (PINTO et al., 2008; DICK; SCHUMACHER, 2015).

O predomínio de plantas de folhas largas sobre plantas de folhas estreitas (capins duros e moles) pode ser um bioindicativo de solos com altos teores de matéria orgânica em processo de evolução para solos mais profundos, com características químicas e biológicas condizentes com estabilidade para suportar plantas de porte alto e semi-perenes e perenes (FEIDEN, 2001; ARF, 2015; PRIMAVESI, 2017).

Tabela 1 - Plantas espontâneas identificadas por família, espécie, nome comum e tipo de folha, no cultivo de milho nas épocas de primavera/verão e outono/inverno em sistema agroecológico.

Família	Espécie	Nome vulgar	Tipo Folha
<i>Lamiaceae</i>	<i>Leonurus sibiricus</i>	Santos filho	FL
<i>Commelinaceae</i>	<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeiraba	FL
<i>Malvaceae</i>	<i>Malvastrum coromandelianum</i>	Guanxuma	FL
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteiro	FL
<i>Asteraceae</i>	<i>Bidens pilosa</i>	Picão preto	FL
<i>Phyllanthaceae</i>	<i>Phyllanthus tenellus</i>	Quebra pedra	FL
<i>Poaceae</i>	<i>Digitaria horizontalis</i>	Capim milhã	FE
	<i>Digitaria insularis</i>	Capim amargoso	FE
<i>Portulacaceae</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	Boldroega	FL
<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum americanum</i>	Maria Pretinha	FL
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Amaranthus deflexus</i>	Caruru	FL
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Ipomoea grandifolia</i>	Corda de viola	FL
<i>Marantaceae</i>	<i>Maranta sobolifera</i>	Caetê	FL

*FL = folha larga, FE = folha estreita.

A presença na área experimental de plantas como: *Malvastrum coromandelianum*, *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* (Tabela 1), indica que o local experimental apresenta solos compatíveis com solos em transição, de subsolo compactados e erodidos e que mantem a umidade por problemas de compactação (PRIMAVESI, 2017). O predomínio destas plantas é indicativo de solo mal manejado, uma vez que o revolvimento de solo continua como prática recorrente na área para supressão de plantas espontâneas.

Em solo com teores maiores de matéria orgânica e média fertilidade podemos encontrar a *Portulaca oleracea* e *Amaranthus deflexus* (TAMIOZZO; LIMA; THEODORO, 2010). A área experimental apresenta um histórico de cultivo de pastagem por longos anos, e nos últimos nove anos, vem sendo cultivada em sistema agroecológico, com diferentes culturas em sucessão e intercalares; aveia, crotalária, feijão-de-porco, nabo forrageiro, mandioca com abóbora, mandioca com melancia, melão e amendoim. Sendo sempre manejadas de forma convencional (arado + gradagem).

Os resultados obtidos, também demonstram que comparados os cultivos de primavera/verão e outono/inverno houve maior densidade e abundância de plantas espontâneas nos cultivos de primavera/verão (Tabela 2).

Tabela 2 - Densidade, frequência e abundância de plantas espontâneas, para as diferentes modalidades e estações de cultivo de milho produzido sob manejo agroecológico.

Modalidade de cultivo	Densidade (Pl.m ²)		Frequência		Abundância	
	Estação de cultivo					
	Primavera /verão	Outono/ inverno	Primavera /verão	Outono/ inverno	Primavera /verão	Outono/ inverno
1-Milho monocultivo/ milho monocultivo	16,55 Aa	8,25 Ba	2,90 Aa	2,75 Aa	19,95 Aa	8,95 Ba
2-Milho+feijão-guandu/ milho monocultivo	13,30Aab	6,80 Ba	3,30 Aa	2,10 Aa	16,45 Aab	8,05 Ba
3-Milho+crotalária/milho monocultivo	8,15 Ab	6,30 Aa	2,60 Aa	2,20 Aa	8,95 Ab	7,10 Aa
4-Milho+feijão-de-porco/ milho monocultivo	13,65 Aab	7,15 Ba	2,70 Aa	2,55 Aa	18,50 Aab	9,15 Ba
Média	12,91 A	7,13 B	2,88 A	2,4 A	15,96 A	8,31 B

*Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Atribui-se este efeito a uma soma de fatores que favoreceram o rápido estabelecimento inicial destas plantas na área de cultivo durante a primavera/verão, tais como: o preparo inicial do solo para a semeadura, as condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento com chuvas abundantes e temperaturas elevadas (Figura 1).

Segundo Carvalho et al. (2014) algumas plantas espontâneas apresentam alto potencial reprodutivo e sua germinação tem rápida indução com qualquer perturbação ambiental, como por exemplo o revolvimento de solo com arado e gradagem, e exposição a luz do banco de sementes, permitindo seu rápido estabelecimento no local de cultivo.

No cultivo do milho durante o outono/inverno (safrinha), houve menor pluviosidade no início de estabelecimento da cultura e baixas temperaturas (Figura 1). Também houve efeito supressor da palhada residual, sobre o banco de sementes. Além disso, a semeadura do milho foi no sistema de plantio direto, onde houve o

revolvimento somente na linha de cultivo o que contribuiu para a redução da emergência (Tabela 2). Estes fatores foram capazes de impor seleção e restrições as espécies de plantas espontâneas locais (ROSA et al., 2011; MARTINEZ-MERA; VALENCIA; CUEVAS, 2016).

Apesar de não haver efeito significativo ($p>0,05$) para a interação entre modalidade e estação de cultivo, observa-se no cultivo de milho intercalado com crotalária durante a estação de primavera/verão, uma redução na densidade de plantas espontâneas de 50%; e de abundância em 55%, quando comparada a área de milho em monocultivo (Tabela 2).

A crotalária é uma planta de rápido estabelecimento inicial, baixa exigência nutricional, e sobressaiu as plantas espontâneas na competição por água, luz e nutrientes; ou então, ela foi capaz de interferir na amplitude térmica e consequentemente afetar a germinação de algumas plantas espontâneas. Segundo Monquero e Hirata (2014), algumas sementes necessitam de grande amplitude térmica para iniciar o processo germinativo.

A densidade de plantas espontâneas observadas durante a primavera/verão, nos consórcios com crotalária, foram semelhantes aos trabalhos realizados por Queiroz et al. (2010) e Silva et al. (2018), que observaram os menores valores de densidade de plantas espontâneas no milho consorciado com a crotalária e em cultivos subsequentes, sobre sua palhada. Todavia, na sucessão a palhada da crotalária não reduziu a densidade, mas continuou ainda baixa (Tabela 2).

Houve efeito significativo ($p<0,05$) para densidade, frequência e abundância quando analisados as diferentes épocas de amostragem. Os valores foram maiores aos 30 DAE para todas as modalidades de cultivo. Aos 70 dias, mantiveram-se elevadas, apenas para a modalidade de milho monocultivo/ milho monocultivo (Tabela 3).

Os efeitos observados neste estudo, podem ser explicados pela competição presente nas modalidades de cultivo contendo adubos verdes por luz, nutrientes, espaço e água; além dos efeitos supressivos por alelopatia (SEVERINO; CHRISTOFFOLETI, 2004). Os adubos verdes podem produzir metabólitos secundários, liberados por exsudação, volatilização e lixiviação que suprimem o crescimento e desenvolvimento de plantas espontâneas quando cultivados em consórcio ou em sucessão (ARAÚJO et al., 2011; LAMEGO et al., 2015).

Tabela 3 - Densidade, frequência e abundância de plantas espontâneas, em função das diferentes modalidades de cultivo, dias após a emergência de plantas de milho (DAE) e das estações de cultivo para milho produzido sob manejo agroecológico.

Modalidade de cultivo	Densidade		Frequência		Abundância	
	Dias após a emergência					
	30	70	30	70	30	70
1-Milho monocultivo/ milho monocultivo	12,90Aa	11,90Aa	3,50 Aa	2,15 Ba	14,70 Aab	14,20 Aa
2-Milho+feijão-guandu/ milho monocultivo	13,30Aa	6,80Ba	3,30 Aab	2,10 Ba	16,50 Aab	8,00 Bab
3-Milho+crotalária/milho monocultivo	9,30Aa	5,15Ba	2,75 Ab	2,05 Ba	10,40 Ab	5,65 Bb
4-Milho+feijão-de-porco/ milho monocultivo	14,08Aa	6,00Ba	3,10 Aab	2,15 Ba	21,50 Aa	6,60 Bab
Média	12,39 A	7,46 B	3,16 A	2,11 B	15,77 A	8,61 B
Estação de cultivo						
Primavera/verão	17,97Aa	7,17 Ba	3,65 Aa	2,10 Ba	22,45 Aa	9,50 Ba
Outono/inverno	7,17 Ab	7,08 Aa	2,67 Ab	2,12Ba	8,90 Ab	7,72 Aa
Médias	12,57 A	7,46 B	3,16 A	2,11 B	15,66 A	8,61 B

*Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para a interação entre modalidade de cultivo e época de amostragem para a abundância de plantas espontâneas. A modalidade de cultivo milho + feijão-de-porco/milho monocultivo, apresentou a maior abundância (21,5) aos 30 DAE; aos 70 DAE houve redução neste valor (6,60) (Tabela 3).

O estabelecimento inicial do feijão-de-porco é lento e permitiu maior emergência de espécies invasoras, mas uma vez estabelecido, seu hábito de crescimento herbáceo prostrado suprimiu este desenvolvimento (DANTAS et al., 2015). Ele também pode produzir e liberar exsudatos radiculares que inibem o desenvolvimento das plantas espontâneas (SEVERINO; CHRISTOFFOLETI, 2004; ARAÚJO et al., 2011; CASTRO et al., 2011; GOMES et al., 2014).

Aos 70 DAE o sistema com presença de crotalária, apresentou a menor abundância de plantas espontâneas, quando comparada a modalidade de milho em monocultivo/milho monocultivo. A crotalária é uma planta de rápido estabelecimento

inicial, porte alto, com grande potencial alelopático quando consorciada ou na decomposição de sua palhada; tais fatores podem ter contribuído para selecionar e reduzir a população de plantas espontâneas locais (DANTAS et al., 2015; MARTINEZ-MERA; VALENCIA; CUEVAS, 2016).

Resultados semelhantes, foram observados por Queiroz et al. (2010) e Matei (2015), que a partir dos 40 DAE, encontraram redução da abundância de plantas espontâneas nos tratamentos com presença de crotalária.

Quando comparadas, a época de amostragem e a estação de cultivo, observou-se que a densidade, frequência e abundância de plantas espontâneas foram maiores aos 30 DAE para a estação de primavera/verão (Tabela 3). Atribui-se este efeito a uma soma de fatores que favoreceram o rápido estabelecimento inicial destas plantas na área de cultivo durante a primavera/verão, principalmente o preparo inicial do solo para a semeadura, as condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento nos primeiros 30 dias (Figura 1).

A densidade, frequência e abundância relativa, foram os parâmetros fitossociológicos responsáveis pelos altos índices de valores de importância (IVI) das espécies trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e santos filho (*Leonurus sibiricus*) na estação de cultivo de primavera/verão para todas as modalidades de cultivo, evidenciando, o alto poder de adaptação destas plantas em cultivos consorciados com os adubos verdes de primavera/verão utilizados neste trabalho (Figura 2).

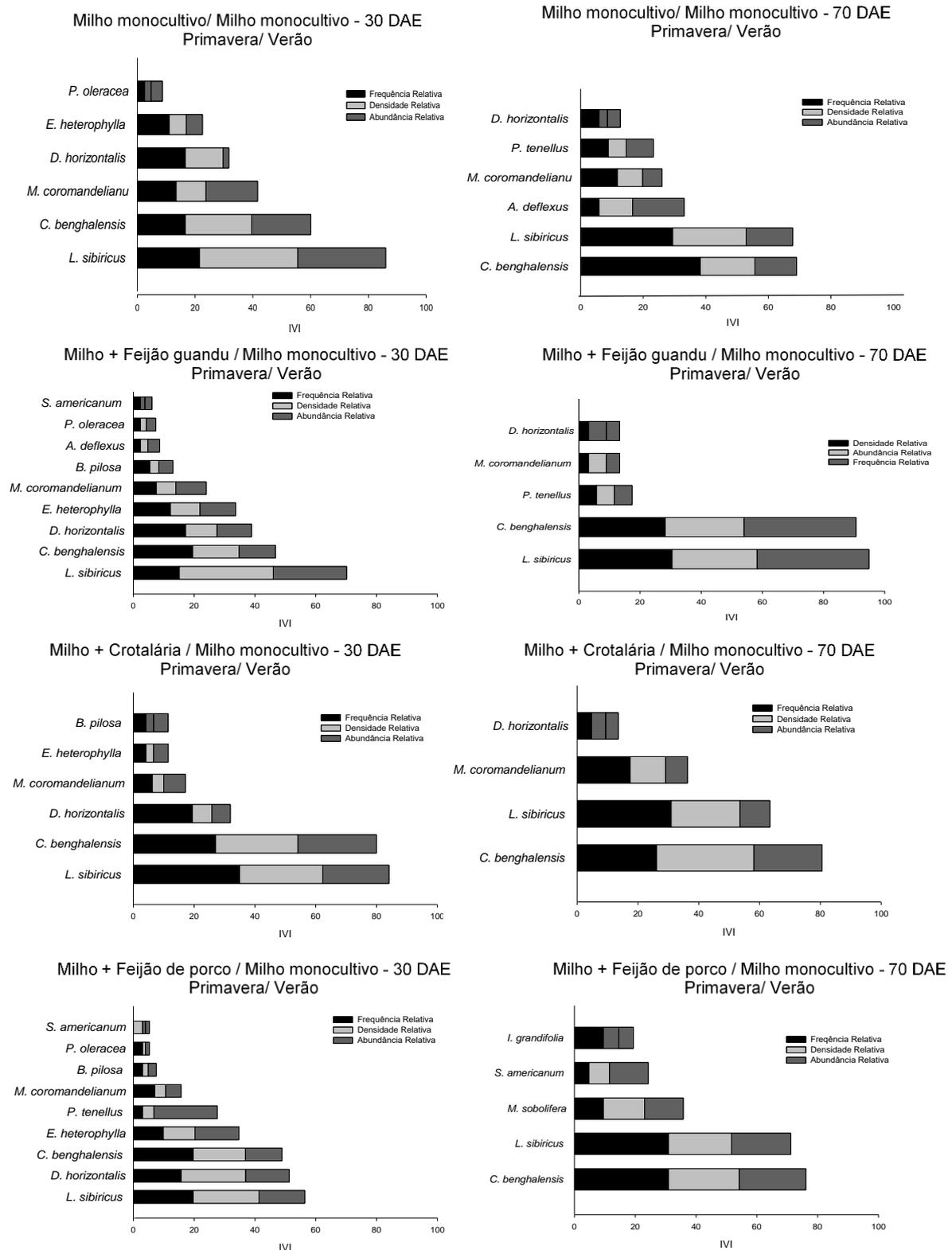


Figura 2 - Índice de Valor de Importância (IVI) das principais espécies de plantas espontâneas amostradas em área experimental de milho, em função da modalidade de cultivo, na safra de primavera/verão e do número de dias após a emergência de plantas de milho (30 e 70 dias), produzido de sob manejo agroecológico.

Houve seleção de plantas espontâneas nas modalidades: milho + feijão-guandu/milho monocultivo e milho + feijão-de-porco/milho monocultivo. O consórcio com feijão-guandu permitiu o aumento do IVI das espécies *C. benghalensis* e *L. sibiricus* que chegaram a 90,57 e 94,8 respectivamente, demonstrando que o feijão-guandu, apresentou baixo efeito supressor e favoreceu a competição destas espécies, quando cultivado em consórcio com o milho. Segundo Khatounian (2004), a *C. benghalensis* e *L. sibiricus*, são plantas de alta plasticidade biológica, sendo capazes de se adaptar a diversos ambientes e formas de cultivo. Para as demais modalidades de cultivo, estas espécies de plantas espontâneas se mantiveram constantes ao longo do ciclo de cultivo aos 30 e 70 DAE (Figura 2).

Para o milho cultivado no outono/inverno, as espécies com maior IVI's foram *Commelina benghalensis* e *Leonurus sibiricus* sendo os maiores valores encontrados aos 70 DAE nas modalidades de cultivo de milho + feijão-guandu/milho monocultivo, com IVI de 133 para *C. benghalensis* e 98 para *L. sibiricus*; e milho + crotalária/milho monocultivo com IVI de 141 e 200 respectivamente (Figura 3). Estas espécies possivelmente foram favorecidas nestes sistemas de cultivo, pelo domínio estabelecido no cultivo anterior, acrescidos dos benefícios da decomposição da palhada das plantas leguminosas que apresentam menor relação C/N (maior decomposição), alta capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico e rápida incorporação deste ao sistema de cultivo (PADOVAN et al., 2013).

Segundo Castro et al. (2011), as plantas de *Commelina benghalensis* e *Leonurus sibiricus* apresentam competição inicial rápida com o milho, possuem alto potencial de cobertura de solo e estratégia de reprodução rápida, o que justifica os altos valores de IVI's encontrados neste trabalho para ambas as espécies.

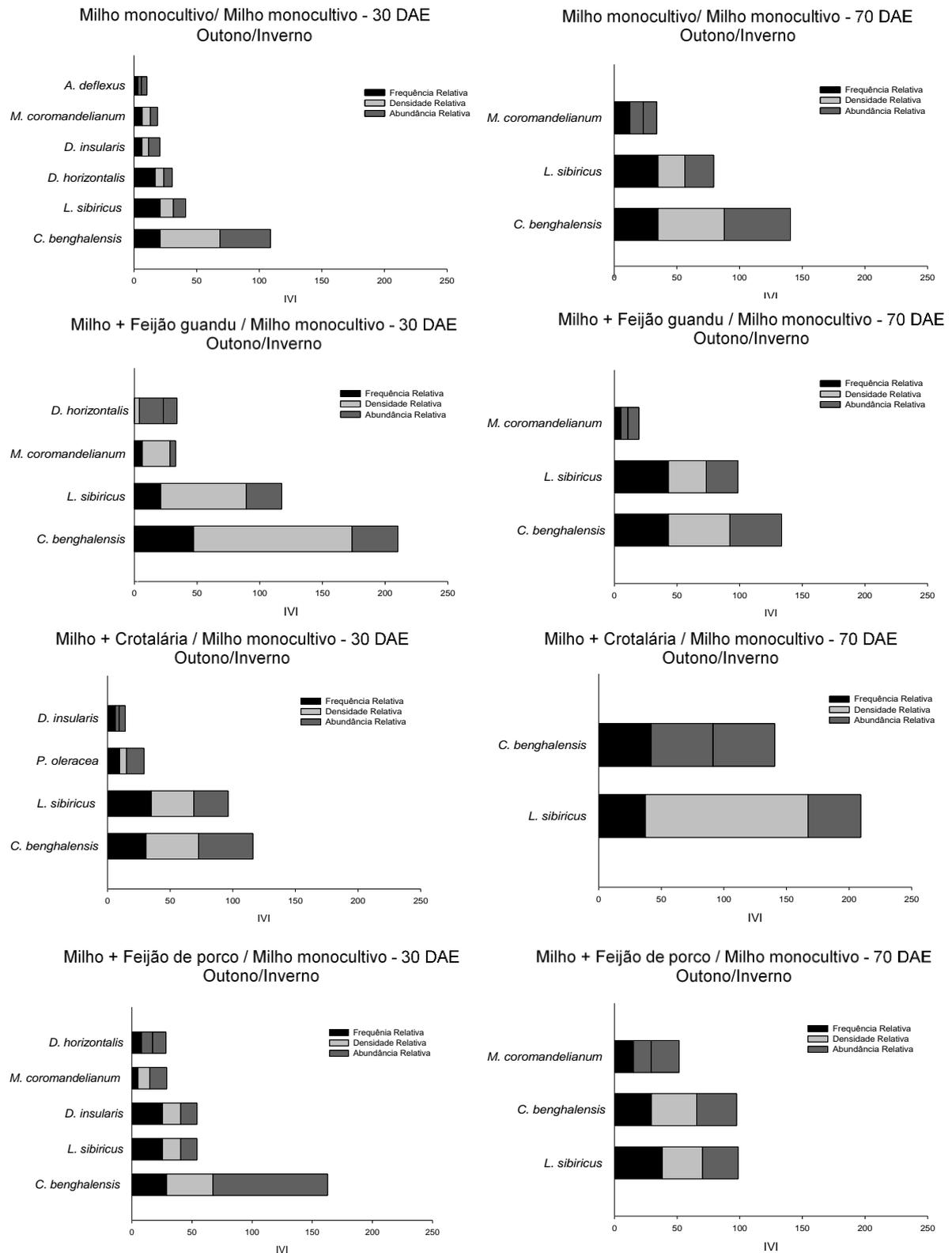


Figura 3 - Índice de Valor de Importância (IVI) das principais espécies de plantas espontâneas amostradas em área experimental de milho, em função da modalidade de cultivo, na safra de outono/inverno e do número de dias após a emergência de plantas de milho (30 e 70 dias), produzido de sob manejo agroecológico.

2.6. CONCLUSÕES

O cultivo milho com feijão-guandu, crotalária e feijão-de-porco favoreceu a seleção de plantas espontâneas de folhas largas em detrimento as espécies de folhas estreitas indicando melhorias no manejo de solo da área de cultivo.

A densidade, frequência e abundância de plantas espontâneas foram menores na estação outono/inverno; demonstrando os efeitos benéficos do plantio de milho consorciado e em sucessão aos adubos verdes.

Commelina benghalensis e *Leonurus sibiricus*, foram as espécies de que apresentaram os maiores índices de valor de importância na área experimental para as modalidades de cultivo de milho + feijão-guandu/milho monocultivo e milho + crotalária/milho monocultivo. Portanto, estas plantas, apresentam baixa eficiência na supressão destas espécies no cultivo de milho agroecológico.

A semeadura de milho em consórcio com adubos verdes, principalmente a crotalária, podem ser um manejo recomendado para redução plantas espontâneas no cultivo de milho em sistema agroecológico.

2.7. REFERÊNCIAS

ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I.; HENAO, A.; LANA, M. A. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. **Agronomy for Sustainable Development**, Verlag – France, v. 35, p. 869-890, 2015.

ARAÚJO, E. O.; SANTANA, C. N.; ESPÍRITO SANTO, C. L. Potencial alelopático de extratos vegetais de Crotalária juncea sobre a germinação de milho e feijão. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 108-116, 2011.

ARF, V. **Desafio para uma metodologia transformadora na transição agroecológica: uma experiência de construção social do conhecimento de entidades de ATER do Paraná**. 2015. 319 p. Tese (Doutorado em Agroecologia) - Universidade de Córdoba, 2015.

ARF, O.; MEIRRELES, F. C.; PORTUGAL, J. R.; BUZETTI, S.; DE SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F. Benefícios do milho consorciado com gramíneas e leguminosas e seus efeitos na produtividade em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete lagoas, v. 17, n. 3, p. 431-444, 2018.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; CARVALHO, P. C. F.; VEIGA, M.; MORAES, A. PELISSARI, A. Desempenho da cultura do feijão após diferentes formas de uso do solo no inverno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2340-2346, 2009.

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitossociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madri: H. Blume, 1979. 820 p.

CARVALHO, W. P.; CARVALHO, G. J.; ABBADE NETO, D. O.; TEIXEIRA, L. G. V. Alelopatia de extratos de adubos verdes sobre a germinação e crescimento inicial de alface. **Biociece Jounal**, Uberlândia, v. 30, p. 1-11, 2014.

CASTRO, G. S. A., CRUSCIOL, C. A. C., NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Sistemas de produção de grãos e incidência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, Número especial, p. 1001-1010, 2011.

DAN, H. D. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; DAN, L. G. de M.; BRAZ, G. B. P.; BALBINOT, E.; SOUSA, F. G.; REIS, R. H. P. Controle de plantas daninhas em sistemas de cultivo consorciados. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 11, p. 108–118, 2012.

DANTAS, R. A.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M.; REIN, T. A.; MALAQUIAS, J. V.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. Produção de matéria seca e controle de plantas daninhas por leguminosas consorciadas com cana-de-açúcar em cultivo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 8, p. 681-689, 2015.

DICK, G.; SCHUMACHER, M.V. Relações entre solos e fitofisionomias em florestas naturais. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v.3, n.2, p.31-39, 2015.

FEIDEN A. **Conceitos e Princípios para o Manejo Ecológico do Solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 21. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 140). 2001.

GOMES, D. S.; BEVILAQUA, N. C.; SILVA, F. B.; MONQUERO, P. A. Supressão de plantas espontâneas pelo uso de cobertura vegetal de crotalária e sorgo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 2, p. 206-213, 2014.

IAPAR- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Paraná**. 2010. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 15 julho de 2017.

KHATOUNIAN, C. A. **Weed control in no-till organic soybean in southern Brazil**. Iowa State University for Science and Technology. Ames, 2004. 108 p.

LAMEGO, F. P.; CARATTI, F. C.; REINEHR, M.; GALLON, M.; SANTI, A. L.; BASSO, C. J. N. Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 1, p. 97-105, 2015.

LIZARELLI, P. H. Panorama da agroecologia no Paraná. In: SEIDEL, E. P.; MELLO, E. C.; T.; ZAMBOM, M. A. (Org.) **Sustentabilidade agropecuária em sistemas agroecológicos e orgânicos de produção**. Marechal Cândido Rondon: Unioeste-Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016. p. 121-131.

JUNQUEIRA, A. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; CANUTO, J. C.; NOBRE, H. G.; SOUZA, T. J. M. Sistemas agroflorestais e mudanças na qualidade do solo em assentamento

de reforma agrária. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 102-115, 2013.

MARTINEZ-MERA, E.; VALENCIA E.; CUEVAS, H. Evaluación alelopática em cultivos agronómicos utilizando cobertura triturada de crotalária (*Crotalaria juncea* “Tropic sun”) Canavalia (*Canavalia ensiformis* L.) y Gandul (*Cajanus cajan* “Iazaro”) em invernadero. **Journal of agriculture – University of Puerto Rico**, v. 100, n. 1, p. 83-92, 2016.

MATEI, E. **Milho (*Zea mays* L.) cultivado com plantas de cobertura em consórcio simultâneo em diferentes espaçamentos**. 2015. 48 p. Monografia (Graduação em agronomia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2015.

MONQUERO, P. A.; HIRATA, A. C. S. Manejo de plantas daninhas com adubos verdes. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília, Embrapa, 2014, v. 1. p. 481-507.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. A. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974. 574 p.

PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. S.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; SALOMÃO, G. B.; RECALDE, K. M. G. Pré-cultivo de adubos verdes ao milho em agroecossistema submetido a manejo ecológico no Cone Sul de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 3-11. 2013.

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S.V.; BARROS, N.F.; DIAS, H.C.T.; KUNS, S.H. Influence of environmental variables on the shrub and tree species distribution in two Semi-deciduous Forest sites in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. **Revista de Biología Tropical**, v.56, n.3, p. 1557-1569, 2008.

PRIMAVESI, A. **Algumas plantas indicadoras como conhecer os problemas de um solo**. São Paulo: Expressão popular, 2017, 48 p.

QUEIROZ, L. R., GALVÃO, J. C. C., CRUZ, J. C., OLIVEIRA, M. F., TARDIN, F. D. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 263-270, 2010.

ROSA, D. M, NÓBREGA, L. H. P., MAULI, M. M.; LIMA, G. P. Comportamento da comunidade invasora na cultura do milho consorciado com leguminosas. **Revista Varia Scientia Agrárias**, Cascavel – PR, v. 2, n. 2, p. 99-106. 2011.

SANTOS, H. G.; ALMEIDA, J. A.; LUMBRERAS, J. F.; ANJOS, L. H. C.; COELHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); 2013. 353 p.

SEIDEL, E. P; REIS, W., MOTTIN, M. C. Effects of surface application of gypsum in corn intercropped with jack bean (*Canavalia eusiformis*) with different soil penetration resistance. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 7, p. 985-989, 2016.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Weed suppression by smother crops and selective herbicides. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 21-26, 2004.

SILVA, J. A. N.; SOUZA, C. M. A.; SILVA, C. J.; BOTTEGA, S. P. Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão – manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 6, p. 769 -775, 2012.

SILVA, E. M. Q.; SILVA, J. A.; BARROSO, C. F. S.; SILVA, E. E. Potencial de produção de fitomassa de adubos verdes em consórcio com milho no sistema de aleias sob savanas Roraimense. **Caderno de agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, 2018.

TAMIOZZO, S.; LIMA, S. L; THEODORO, V. C. A. Diagnóstico da qualidade do solo em agroecossistemas de pastagem por meio da ocorrência da vegetação espontânea como indicador biológico. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 10, n. 2, p. 183-192, 2012.

3 CAPÍTULO 2: COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE MILHO E DE SILAGEM DE MILHO PLANTA INTEIRA CULTIVADO EM CONSÓRCIO COM ADUBOS VERDES SOB SISTEMA AGROECOLÓGICO DE PRODUÇÃO

3.1 RESUMO

A silagem de milho pode ser uma estratégia adequada para suprir os períodos de escassez de forragens frescas e o cultivo de milho com adubos verdes em consórcio uma estratégia de manejo para melhorar as características do solo de cultivo e nutricionais dos animais. Este trabalho teve por objetivo avaliar a composição bromatológica de milho planta inteira cultivado em consórcio com adubos verdes, antes e após sua ensilagem; bem como, do milho para silagem cultivado sobre esta palhada (milho safrinha) em sistema agroecológico. O experimento foi implantado em uma propriedade rural, localizada no município de Missal - PR, manejada em sistema agroecológico desde 2009. Os ensaios foram realizados na safra agrícola de 2017 e 2018. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial (4x2x2), com 5 repetições. Os tratamentos foram constituídos pela cultura do milho, cultivada em quatro diferentes modalidades ou sistemas de cultivo: Milho em monocultivo/milho monocultivo, milho + feijão-guandu/milho monocultivo, milho + crotalária/ milho monocultivo e milho + feijão-de-porco/milho monocultivo. O milho foi cultivado em duas épocas de plantio: na estação primavera/verão (safra) em consórcio com adubos verdes e no outono/inverno (safrinha) em monocultivo semeados sob a palhada das plantas de cobertura de primavera/verão. E amostras de planta de milho analisadas antes do processo de ensilagem e após a abertura dos silos - silagem de milho planta inteira. Foram realizadas avaliações bromatológicas das variáveis: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA). Avaliou-se a produtividade de PB, multiplicando-se a produtividade de massa de matéria seca ensilável por hectare pelo teor de PB. A produção de milho e de silagem de milho planta inteira nos diferentes sistemas de rotação de culturas contendo adubos verdes, resultou em incrementos nos teores de matéria seca, matéria mineral e na produtividade de PB. Com destaque para a modalidade de milho + feijão-de-porco/milho monocultivo. Os teores de FDA, FDN, PIDA e PIDN foram menores no

outono/inverno, evidenciando a influência positiva na redução da deposição de N na fração menos digestível para silagem de milho planta inteira cultivado sobre a palhada de diferentes adubos verdes. O cultivo de milho consorciado e sob palhada de adubos verdes de primavera/verão permite a produção de silagem de planta inteira com teores nutricionais adequados.

Palavras chave: Alimentação animal. Bromatologia. Consócio de culturas. Orgânico. Valor nutritivo.

BROMATOLOGICAL COMPOSITION OF CORN AND SILAGE OF CORN WHOLE PLANT GROWN CROPPED IN CONSORTIUM WITH GREEN MANURING UNDER AGROECOLOGICAL PRODUCTION SYSTEM

3.2 ABSTRACT

Corn silage may be a proper strategy to supply periods shortage of fresh fodder and the cultivation of corn with green manure in consortium a management strategy to improve the characteristics of the cultivated soil and nutritional of the animals. This study aimed to evaluate the whole corn bromatological composition cultivated in consortium with green manure, before and after its ensilage; as well as the corn for silage cropped over this manure (corn second crop) in agroecological system. The experiment was carried out in a rural property, located in the city of Missal - PR, managed in an agroecological system since 2009. The experimental design used was randomized blocks, in a factorial scheme (4x2x2), with five replications. The treatments consisted of corn cultivation, grown in four different modalities or cultivation systems: corn monoculture/corn monoculture; consortium of corn + guandu bean/corn monoculture; consortium of corn/showy rattlebox/corn monoculture and consortium of corn/jack bean/corn monoculture. Corn was cultivated in two planting seasons: during the spring/summer in consortium with green manure and in the fall/winter season in monoculture, sowed over the manure from the cover crops from the spring/summer. The corn samples were analyzed before and after the ensilage process – whole plant silage. Were made bromatological evaluations from the parameters: dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), mineral matter (MM), insoluble protein in neutral detergent (IPND), insoluble protein in acid detergent (IPAD). The yield of CP per hectare was evaluated by multiplying the yield

of ensilable dry matter per hectare by the CP content. The production of corn and corn silage whole plant in different crop rotation systems containing the green manure resulted in increases in dry matter, mineral matter and CP productivity. Highlighting the modality corn + jack bean/corn monoculture. The levels of ADF, NDF, IPDA and IPND were lower in the fall/winter season, showing the positive influence on the reduction N deposition in the less digestible fraction for in the whole plant silage grown on the straw of different green manures. The cultivation of intercropped corn and harvested with green spring/summer allows the production of whole plant silage with adequate nutritional levels.

Keywords: Animal feed. Bromatology. Crop consortium. Organic. Nutritional value.

3.3 INTRODUÇÃO

A sazonalidade da produção de plantas forrageiras de clima tropical é um desafio a ser superado por produtores de bovino de leite e carne; principalmente, produzidos sob regime agroecológico de produção. Neste sistema a base de alimentação dos animais é com pastagem ou forragens conservadas (BRASIL, 2011).

Silagem é um alimento volumoso que se obtém através de um processo de fermentação anaeróbica, por acidificação do material vegetal verde que garante sua conservação para fornecer aos animais (NEUMANN et al., 2016). O milho (*Zea mays*) é a planta mais recomendada para ensilagem, pois apresenta algumas características importantes como: concentração adequada de matéria seca, baixo poder tampão, carboidratos solúveis em quantidades adequadas para assegurar a fermentação e conservação de longo prazo do alimento, alta produção de massa verde e tecnologia de cultivo bem estabelecida. Também tem grande variedade genética o que permite sua adaptação em qualquer região do país (COSTA et al., 2017; FERREIRA et al., 2017a).

O processo de ensilagem procura manter as características do alimento o mais próximo possível aos da forragem original. Os fatores genotípicos da planta, condições climáticas, ambientais, práticas de colheita e condições de ensilagem influenciam diretamente os valores nutricionais da silagem de milho (VAN SOEST, 1994; BORGHI et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2013; BONFÁ et al., 2015; KHAN et al., 2015). Algumas análises químicas importantes, devem ser realizadas para avaliar a

qualidade e a quantidade de nutrientes dos alimentos antes e após a ensilagem, permitindo alterações de manejo para ofertar alimentos de qualidade aos animais. Dentre as análises, podemos destacar: o teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN).

A silagem de planta inteira de milho é um alimento com altos custos de produção e exige cuidados no plantio e na sua ensilagem para garantir a máxima eficiência e qualidade do produto. Fatores agronômicos de cultivo, como o tipo de solo, adubação, espaçamento, época de cultivo e sistema de plantio, podem ser alterados visando a produção de milho para silagem com alto padrão nutritivo (OLIVEIRA et al., 2010; BORGHI et al., 2012; KHAN et al., 2015).

Durante o corte, há o aproveitamento de total da porção aérea da planta e, portanto, redução drástica da quantidade de massa seca residual na superfície do solo. A baixa quantidade de palhada residual, associado ao tráfego intenso de máquinas, e sob condições de umidade inadequadas aceleram o processo de compactação do solo. Segundo Pellegrini, Meinerz e Kaiser (2016) a compactação interfere em outras características importantes do solo como a densidade, capacidade de retenção e infiltração de água, aeração, porosidade e resistência do solo à penetração. Ela reduz o fornecimento de água e nutrientes a cultura, afetando principalmente a produção e os teores de matéria seca do milho para ensilagem. Na matéria seca dos alimentos estão contidos os principais componentes de interesse para a nutrição animal, como os carboidratos, proteína, lipídeos e os minerais (PAZIANI et al., 2009).

O consórcio de milho com adubos verdes pode ser uma boa opção para aumentar a massa seca aportada ao solo. Bons resultados vêm sendo obtidos no consórcio de adubos verdes com o milho; desde que a escolha do adubo verde evite competição com a cultura, promova melhorias na produção de matéria seca, evite a propagação de patógenos e não altere de forma negativa os padrões fermentativos da planta durante a ensilagem, provocando perdas de nutrientes (BONFÁ et al., 2015; MARRAFON et al., 2015).

Diversos trabalhos demonstram que o milho pode ser cultivado em consórcio com diferentes plantas de adubos verdes nos mais diversos sistemas de produção, dentre os quais podemos citar a crotalária *spectabilis* (*Crotalária spectabilis*), feijão-

guandu (*Cajanus cajan*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), ervilhaca (*Vicia sativa*) e aveia preta (*Avena strigosa*) (CALVO; FOLONI; BRANCALIÃO, 2010; MORAES et al., 2016; SEIDEL; MONTIN, 2016).

O nitrogênio e potássio são os nutrientes de maior exigência para produção de massa seca ensilável para produção de silagem de milho. De acordo com Seidel e Montin (2016) as plantas de adubos verdes como ervilhaca, feijão-guandu, feijão-de-porco e nabo forrageiro melhoram as condições químicas do solo, promovem incremento de potássio, nitrogênio, enxofre e fósforo aos solos. Também pode elevar os teores de matéria mineral do milho ensilado e da silagem, elevando principalmente os teores de oligominerais no alimento fornecido aos animais, que são importantes para seu metabolismo (COLLIER et al., 2011; FERREIRA et al., 2017a).

O consórcio de milho com outras plantas para adubação verde, pode reduzir a compactação do solo. Segundo Calvo, FOLONI e Brancalião (2010) a associação de diferentes sistemas radiculares em um mesmo período de cultivo diminui a resistência a penetração dos solos. Além disso, o sistema radicular abundante e profundo destas plantas preservam e favorecem a formação de bioporos com diferentes diâmetros.

Quando o sistema radicular das plantas de cobertura tem um bom desenvolvimento, os efeitos da compactação do solo sobre o cultivo do milho podem ser atenuados; permitindo que as raízes da cultura principal explorem maior área e profundidade. Como resultado, há aumento na produtividade de matéria seca pois, aumenta o acúmulo de nutrientes (MORAES et al., 2016; IGBAL et al., 2019; RABELLO; TURETTA, 2017). Teores adequados de matéria seca do material ensilado, permitem o estabelecimento de condições adequadas para a fermentação, redução das perdas e conservação da silagem. A faixa de matéria seca ideal para o consumo, produção e conservação da silagem de milho planta inteira é de 350 g kg⁻¹ (CRUZ; FILHO, 2001; FERREIRA, 2001).

Outro nutriente de importância para a nutrição animal é a proteína bruta, haja visto, que ela é indispensável para o crescimento, reprodução e produção animal. Em trabalhos realizados por Cruz e Filho (2001), os valores médios de proteína bruta encontrados nas plantas de milho cultivados em monocultivo, variam de 40 a 70 g kg⁻¹ MS; nos trabalhos realizados por Garcia (2016) e Ferreira et al. (2017a) com milho cultivado em consórcio com diferentes adubos verdes, os valores variaram entre 85 a 90 g kg⁻¹ MS, evidenciando que o consórcio de milho com leguminosas, pode elevar os teores de proteína bruta do material ensilado.

Alguns trabalhos evidenciaram que o cultivo de milho em monocultivo apresentaram altura e quantidade de grãos nas espigas menores que as plantas cultivadas em consórcio com os adubos verdes, havendo redução de grãos por espigas, acúmulo de N-total nos grãos remanescentes e melhoria nos teores de N-total no endosperma, resultando em maiores teores de PB na matéria seca do milho em monocultivo (SILVA; QUEIROZ, 2002; FERREIRA et al., 2017b; PAZ et al., 2017).

Os valores de FDN e FDA são muito variáveis na silagem de milho, sendo afetados principalmente pela genética do material, fatores ambientais e manejos de cultivo. Eles estão relacionados ao consumo e a digestibilidade da forragem consumida pelos animais, estando estabelecido limites adequados para garantir bom consumo a faixa entre 500 a 600 g kg⁻¹ MS de FDN e 300 g kg⁻¹ MS de FDA para silagem (VAN SOEST, 1994; CRUZ; FILHO, 2001; FERREIRA, 2001; VALENÇA et al., 2017).

Forragens com teores de FDA próximos de 300 g kg⁻¹ MS possuem maiores níveis de consumo, enquanto, as com teores acima de 400 g kg⁻¹ MS, são menos consumidas (HILL et al., 1996; GARCIA, 2016) interferindo assim, na digestibilidade do alimento e em seu valor energético (KHAN et al., 2015; COSTA et al., 2017).

Portanto, a digestibilidade pode ser definida como a proporção do alimento consumido que é digerida e metabolizada pelo animal. A digestão completa das forrageiras dificilmente acontece devido às incrustações de hemicelulose e celulose pela lignina, que tem efeito protetor contra a ação dos microrganismos do rúmen, estando relacionada também com os seus teores de FDN e FDA (RIBEIRO et al., 2001). Assim, quanto maior a fração de FDA, menor a qualidade e a digestibilidade das silagens de milho.

Importante destacar que quanto menores os teores de FDN e FDA na planta, maior é a disponibilidade de nutrientes no conteúdo celular, e a celulose e hemicelulose conseguem fermentar mais rapidamente no rúmen devido a menor lignificação (JACOVETTI et al., 2018).

Trabalhos realizados por Junqueira, (2014); Garcia (2016) e Ferreira et al. (2017 b), evidenciaram que o consórcio de milho para silagem com adubos verdes, apresentam teores de FDN e FDA adequados, tanto para a forragem *in natura*, quanto para a silagem produzida, além de promover incremento produtivo para a cultura subsequente, pela decomposição da palhada e reciclagem de nutrientes no solo.

As frações PIDA e PIDN dos alimentos relacionam-se à parte nitrogenada indigestível de produtos oriundos da reação de Maillard por aquecimento de carboidratos durante a secagem ou fermentação dos alimentos e a proteínas ligadas a lignina, complexos tanino-proteína associados a carboidratos estruturais na parede celular, cuja função na planta é a promoção de defesas contra patógenos, elasticidade, lignificação e rigidez da parede celular (LICITRA et al., 1996, FERREIRA et al., 2017a).

Sabe-se que teores elevados de PIDA podem interferir na produção de proteína microbiana e comprometer o aporte de aminoácidos no intestino delgado dos ruminantes, resultando em balanço negativo, mesmo com níveis adequados de PB nas dietas, por isso os valores de PIDA não devem ultrapassar 100 a 180 g Kg⁻¹ PB para silagem de milho planta inteira (EUCLIDES; MEDEIROS, 2003; VIANA et al., 2012). O PIDN é digestível, porém de lenta degradação no rúmen, os valores críticos de 90 a 340 g Kg⁻¹ PB são apontados por Velho et al. (2007) e Ferreira et al. (2017b), como adequados para a obtenção de uma boa silagem de milho.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a composição bromatológica de milho planta inteira cultivado em consórcio com adubos verdes, antes e após sua ensilagem; bem como, do milho para silagem cultivado sobre esta palhada (milho safrinha) em sistema agroecológico.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Localização, clima e solo do local de estudo

O experimento foi realizado em uma propriedade rural, localizada no município de Missal - PR, manejada em sistema agroecológico desde 2009. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com verões quentes, com temperaturas médias superiores a 22°C e invernos com temperaturas médias e inferiores a 18°C e uma precipitação pluviométrica média anual de 1600 – 1800 milímetros (IAPAR, 2010).

O solo da unidade experimental foi classificado de acordo com Santos et al. (2013) como Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef), de textura muito argilosa.

A área experimental estava sendo cultivada a dois anos com a cultura de mandioca, previamente à implantação do experimento, a cultura anterior foi retirada e

realizou-se uma gradagem leve para incorporação e eliminação da população inicial de plantas espontâneas e uniformização da superfície de cultivo. Em seguida foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 0,20 m para a determinação das características químicas. As análises químicas de solo foram realizadas de acordo com a metodologia de Raji et al. (2001) no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da UNIOESTE. Os resultados obtidos foram: pH (CaCl₂) = 4,97; M.O.= 17,77 g dm⁻³; P = 11,64 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 13,35 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 2,35 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,38 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ = 0,31 cmol_c dm⁻³, H⁺ + Al³⁺ = 4,77 cmol_c dm⁻³ e V = 77,12%.

Os dados climatológicos do período de condução do experimento foram obtidos junto à Estação Meteorológica de Medianeira - PR, instalada na UTFPR em convênio com IAPAR e situada a 25° 10' de latitude Sul e 54° 07' de longitude Oeste, a 466 m de altitude em relação ao nível do mar. Os valores médios mensais referentes à precipitação e temperatura (mínima, média e máxima), durante a semeadura e desenvolvimento do milho (*Zea mays*) e períodos de conservação da silagem e aberturas dos silos são apresentadas na Figura 1.

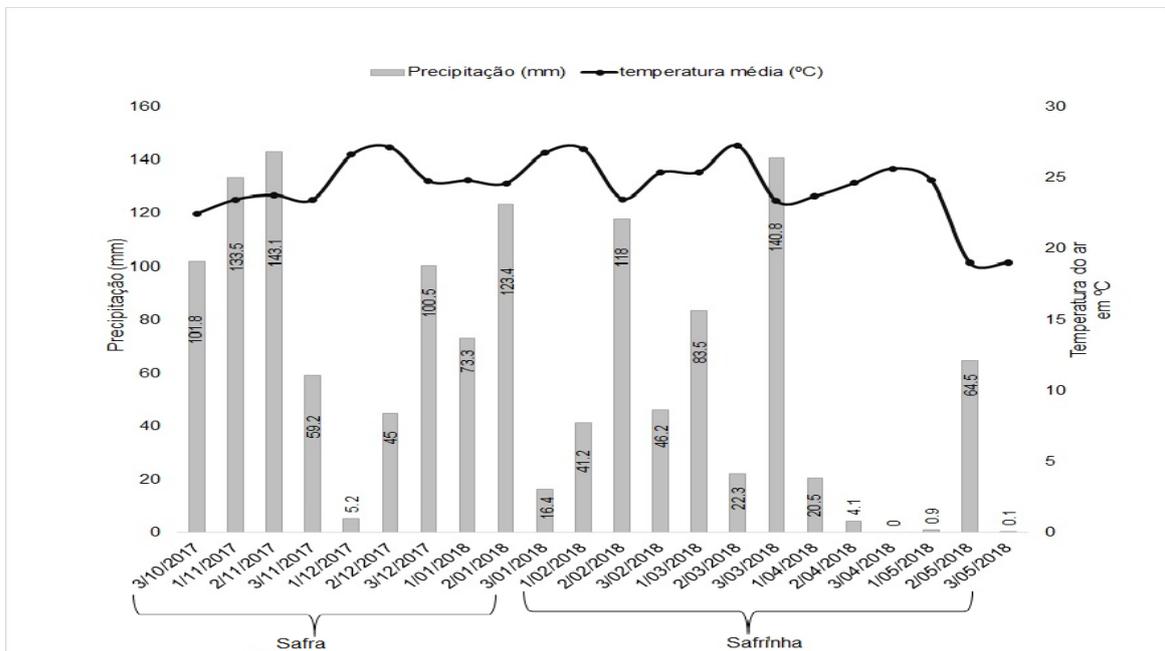


Figura 1 - Dados pluviométricos decêndiais acumulados em milímetros (mm) e temperatura média em graus Celsius (°C) entre 20 de outubro de 2017 e 30 de maio de 2018.

Fonte: Estação meteorológica automática de Medianeira - PR, UTFPR em convênio com IAPAR.

3.4.2 Delineamento experimental, implantação e condução

Os ensaios foram conduzidos na safra agrícola de 2017 e 2018 e o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2x2, com 5 repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro diferentes sistemas de rotação de culturas nas modalidades: 1 - Milho monocultivo/milho monocultivo, 2 - Consórcio de milho + feijão-guandu/milho monocultivo; 3 - Consórcio de milho + crotalária/milho monocultivo e 4 - Consórcio de milho + feijão-de-porco/milho monocultivo. O milho foi cultivado em duas épocas de plantio: na estação primavera/verão (safra) em consórcio com adubos verdes e no outono/inverno (safrinha) em monocultivo semeados sob a palhada das plantas de cobertura de primavera/verão. E amostras de planta de milho antes do processo de ensilagem e após a abertura dos silos - silagem de milho.

Cada parcela experimental possuía 30 m² e para a determinação da área útil foram descontados 0,5 metro das bordaduras e das linhas laterais.

Mediante a análise química de solo, no momento da semeadura do milho na primavera/verão foram aplicados ao solo 1 kg m⁻² de cama de aviário curtida para a manutenção dos teores de K no solo, após a retirada do milho para ensilagem. As análises da composição química média da cama de aviário foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da UNIOESTE e continham: pH em água = 7,40; Carbono total = 411 g kg⁻¹; M.O = 820 g kg⁻¹; N total = 44 g kg⁻¹; P = 8,50 g kg⁻¹; K = 37 g kg⁻¹; Ca = 31 g kg⁻¹.

A semeadura de milho de primavera/verão (safra) foi realizada em 29/10/2017 e outono/inverno (safrinha) em 17/02/2018. O cultivar utilizado foi o INCAPER 203, semeado com semeadora manual em um espaçamento entre linhas de 0,90 m, com população de plantas de 55 e 50 mil plantas/ha⁻¹ respectivamente. Os adubos verdes feijão-guandu (*Cajanus cajan*), Crotalária spectabilis (*Crotalária spectabilis*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) foram semeados nas entre linhas do milho primavera/verão, com auxílio de semeadora manual, na mesma data da semeadura do milho, utilizando-se 90, 40 e 50 kg sementes ha⁻¹, respectivamente. Na sequência da retirada do milho, as parcelas contendo os adubos verdes foram roçadas com roçadeira.

Após sete dias do manejo dos adubos verdes foi realizada a semeadura do milho safrinha com revolvimento do solo manualmente na linha de semeadura.

Nos dois cultivos do milho aplicou-se biofertilizante orgânico líquido aos 15, 35 e 55 dias de semeadura do milho. Este biofertilizante é denominado “supermagro, preparado a base de esterco bovino, água, açúcar, leite, macro e microminerais. Sua aplicação foi na diluição de 3%. Também se realizou o controle de lagartas do cartucho com o inseticida biológico Dipel, a base de *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki*, linhagem HD-1, aplicado na dose recomendada pelo fabricante.

Para o processo de ensilagem o milho foi colhido manualmente no ponto de pastoso para farináceo duro, 2/3 da linha do leite (CARVALHO, 2013). Na primavera/verão, a ensilagem foi realizada no dia 01/02/2018 (ciclo de 94 dias) e no outono/inverno no dia 01/06/2018 (ciclo de 104 dias), sendo os cortes realizados a 40 cm de altura a partir do colo da planta e picado com máquina forrageira, com tamanho de partícula entre 3 a 5 cm. Foram utilizados silos de cano de policloreto de vinil “PVC”, com 10 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento (APÊNDICE D). Na parte superior dos silos, foi adaptada uma válvula tipo Bunsen na tampa, visando à eliminação dos gases produzidos.

No momento da ensilagem, uma camada de 0,5 kg de areia autoclavada e seca foi colocada na parte inferior do silo, separada por um tecido de algodão para escoamento de possíveis líquidos, evitando o contato da areia com a silagem. A compactação foi realizada com o auxílio de um bastão de madeira e as tampas foram lacradas com fita adesiva, a densidade média de compactação do material nos silos foi de 530 kg de massa verde por m³. Os silos experimentais foram armazenados em temperatura ambiente sob proteção da luz solar e de chuvas por um período fermentativo de 30 dias.

3.4.3 Coleta de amostras e análises laboratoriais

Na abertura dos silos experimentais, descartou-se uma camada de 5 cm do material ensilado, na porção superior e inferior dos silos. O material central foi homogeneizado, amostrado e encaminhado para o laboratório de nutrição animal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Para as análises bromatológicas foram coletadas aproximadamente 300 g de amostra dos respectivos tratamentos experimentais; acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa com ventilação forçada de ar, sob temperatura de 55°C, por 72 horas e moídas em moinho faca do tipo Willey, com peneira de crivos de 1 mm.

Foram avaliados os teores de matéria seca (MS) e de matéria mineral (MM), de acordo com a metodologia descrita por Silva; Queiroz (2002). Para a avaliação de proteína bruta (PB) seguiu-se a metodologia de acordo com AOAC (1990). Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas conforme Van Soest (1994). As amostras provenientes das análises de FDN e FDA permitiram as demais análises, a partir de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA).

A produtividade de proteína bruta, foi calculada multiplicando-se os valores de PB pela produtividade de massa de matéria seca ensilável (Mg ha^{-1}) que foi obtida através coleta e avaliação da quantidade de massa ensilável, na cultura quando esta atingiu o estágio fenológico de pastoso para farináceo duro (2/3 da linha de leite) durante os cultivos de primavera/verão e outono/inverno. As coletas foram de 4 metros na área útil de cada parcela, através de corte manual a uma altura de 40 cm do solo. O material foi picado com auxílio de máquina forrageira, pesado para terminação da massa úmida, na sequência, foi seco em estufa de circulação forçada a 55°C , até atingir peso constante. No momento do corte, contou-se o número de plantas por metro para estimar a população final de plantas e a produtividade de massa seca por ha.

3.4.4. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram tabulados e analisados quanto a normalidade e homogeneidade através dos testes de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov). Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância considerando um nível de significância de 5 % para o teste F. Todas as variáveis analisadas, obtiveram relação entre o maior e menor quadrado médio do resíduo (QMr) dos anos avaliados (2017 e 2018) menor que 7:1 (ANEXO B). Desta forma, foram submetidas a análise de variância conjunta de experimentos fatoriais, considerando um nível de significância de 5 % para o teste F (PIMENTEL GOMES, 2009) (ANEXO C). Quando significativas, as médias foram comparadas pelo de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR 5.6.

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito para a interação estação e modalidades de cultivos, mas houve efeito ($p < 0,05$) isolado para o teor de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e matéria mineral (MM) da planta de milho e silagem de milho planta inteira (Tabela 1).

Os teores de matéria seca do milho silagem tiveram um aumento em 23% na safra do outono/inverno. Nesta safra o milho foi cultivado em monocultivo sob a palhada dos adubos verdes; durante a primavera/verão para a maioria das modalidades, o cultivo de milho foi em consórcio com os adubos verdes, que pode ter promovido menor radiação solar no interior do dossel da cultura; ou então, competição por água e nutrientes entre as plantas do consórcio e o milho (Tabela 1).

Tabela 1 - Teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e matéria mineral (MM) da planta de milho e silagem de milho planta inteira, produzido sob manejo agroecológico em diferentes modalidades de cultivo na primavera/verão em consórcio e em monocultivo no outono/inverno.

	Estação de cultivo								
	Primavera verão	Outono inverno	Média	Primavera verão	Outono inverno	Média	Primavera verão	Outono inverno	Média
Modalidades de cultivos	MS (g kg⁻¹)			FDN (g kg⁻¹ MS)			MM (g kg⁻¹ MS)		
Milho monocultivo /milho monocultivo	243,2	293,0	268,1b	528,4	491,0	509,7	62,3	51,0	56,7
Milho + feijão-guandu /milho monocultivo	242,4	311,3	276,8ab	543,5	475,4	509,4	62,7	48,8	55,7
Milho + crotalária /milho monocultivo	247,2	306,3	277,0ab	532,9	477,1	505,0	62,7	48,2	55,5
Milho + feijão-de-porco/milho monocultivo	256,4	307,6	282,0a	535,4	476,1	507,8	63,2	49,4	56,3
Média	247,3B	304,6A		535,0A	479,9B		62,7A	49,4B	
Amostras de alimentos									
Planta de milho	240,7	296,9	268,9 b	540,6	484,8	512,7	61,6	50,1	55,9
Silagem de milho	253,8	312,4	283,1 a	529,5	475,0	502,2	63,8	48,7	56,3

* Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Outros fatores que possivelmente contribuíram para maior teor de MS no outono/inverno foram as alterações benéficas das condições físicas, químicas e biológicas no solo dos adubos verdes cultivados durante a primavera/verão. Estas

melhorias nas propriedades do solo permitiram que as raízes explorassem uma área maior. Como resultado, houve um melhor crescimento e desenvolvimento das plantas. Com boas condições de desenvolvimento a planta prioriza seu principal dreno metabólico como órgãos de demanda (espiga), aumentando o acúmulo de nutrientes, e a produtividade (CRUZ; FILHO, 2001; GITTI et al., 2012).

Em estudos Collier et al. (2011); Moraes et al. (2016) e Igbal et al. (2019) também salientaram a importância dos adubos verdes na melhoria das propriedades físicas do solo e aumento de produtividade nos cultivos em sucessão. Os trabalhos de Argenta et al. (2001a) e Argenta, Silva e Sangoi (2001b) também obtiveram redução de produção de MS no milho cultivado em consórcio. Para Ferreira et al. (2017b) os menores teores de MS nos cultivos consorciados são resultados da menor maturidade fisiológica da planta consorciada em relação à semeadura em monocultivo, já que o ciclo é retardado pelo efeito competitivo entre as plantas.

Os resultados desta pesquisa contradizem os observados por Amabile, Fancelli e Carvalho (2000) e Chieza et al. (2017) que obtiveram valores maiores de matéria seca no milho cultivado em consórcio com adubos verdes, durante a safra de primavera/verão.

A modalidade de cultivo milho + feijão-de-porco/milho monocultivo obteve os maiores teores de matéria seca 282 g Kg^{-1} , enquanto a modalidade milho monocultivo/milho monocultivo obteve os menores teores 268 g Kg^{-1} (Tabela 1). A decomposição da palhada de feijão-de-porco é rica em nitrogênio e provavelmente favoreceu o acúmulo de MS. Resultados semelhantes foram encontrados por Heinrichs et al. (2002) que obtiveram incrementos no teor de matéria seca no milho consorciado com feijão-de-porco.

Segundo Collier et al. (2011), os benefícios do feijão-de porco para o milho ocorrem tanto nos cultivos consorciados como no cultivo em sucessão, uma vez que, este constitui uma das principais fontes de transferência de N via fixação biológica para a cultura em sistemas agroecológicos. São capazes de fixar entre 37 a 280 kg ha^{-1} de N ao ano. Além disto, promove a liberação de outros nutrientes em sincronia com a demanda da cultura, como K, P, Ca e Mg. O feijão-de-porco apresenta crescimento inicial rápido e maior cobertura do solo, devido às amplas folhas cotiledonares, resistência ao déficit hídrico, sistema radicular profundo e concorrência com as plantas daninhas por espaço, luz e nutrientes (COELHO et al., 2016; PAZ et al., 2017).

A silagem de milho apresentou incremento nos teores de matéria seca em comparação a plantas de milho, o que era de se esperar (Tabela 1). De acordo com Rotz e Muck (1994); Itavo e Itavo (2008) e Marafon et al. (2017), o aumento no teor de matéria seca ao longo do tempo de armazenamento é favorável; pois, indica a redução da umidade, sendo este um fator importante para a redução dos microrganismos do gênero *Clostridium*, que ocasionam deterioração das silagens por meio da fermentação butírica.

Os teores de MS no momento do corte das plantas de milho para ensilagem e da abertura dos silos foram maiores no outono/inverno (Tabela 1). Entretanto, em ambos períodos, as plantas de milho, encontravam-se com teores de 240,7 e 296,9 g kg⁻¹, respectivamente, para primavera/verão e outono/inverno; abaixo do ideal de 350 g kg⁻¹ para ensilagem (VAN SOEST 1994; KHAN et al., 2015; COSTA et al., 2017).

Ensilar a forragem com teores adequados de MS, garante fermentação adequada do material no silo, evitando fermentações indesejáveis e aumento de bactérias prejudiciais que se desenvolvem melhor em silagens úmidas (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Os resultados evidenciam que para a cultivar de milho INCAPER 203, a análise da linha do leite no grão, não é um bom indicativo do melhor momento para o corte e ensilagem; sendo necessárias, análises complementares para definir o melhor momento de corte (CARVALHO, 2013; ASSIS et al., 2014).

Os teores de FDN variaram de 479,9 a 535 g kg⁻¹ MS, estando de acordo com o recomendado para uma alimentação animal adequada (HULSE, 2014; KHAN et al., 2015; COSTA et al., 2017; SILVA et al., 2018) (Tabela 1).

O conteúdo de FDN regula o consumo de silagem pelos animais, pois a fibra indigestível ocupa espaço no trato gastrointestinal, diminuindo a taxa de passagem (ZANINE; MACEDO JUNIOR, 2006). Os resultados encontrados neste trabalho estão próximos aos de Mello et al. (2006) que observaram FDN variando entre de 430 a 610 g kg⁻¹ MS, analisando diferentes cultivares de milho para ensilagem.

Os teores de FDN no milho cultivado no outono/inverno apresentaram redução de 10% em comparação a primavera/verão (Tabela 1). Este efeito pode em partes, ser explicado pelo milho ser uma planta C4, que apresenta aumento na espessura da parede celular e incrementos de estruturas que promovem a lignificação durante a primavera/verão, para proteção contra predadores e suporte estrutural (PACIULLO et al., 2002; VALENTE et al., 2011).

Durante o outono/inverno a ausência de competição entre as plantas na linha e a reciclagem de nutrientes da palhada dos adubos verdes de primavera/verão, aliados as menores temperaturas (Figura 1) podem ter influenciado em partes, a redução dos teores de FDN, por permitir maior desenvolvimento das plantas, aumentando o conteúdo celular e diluindo a fração de FDN (AMIM, 2011; BORGHUI et al., 2012; MENDES et al., 2015; BAGHDAD et al., 2016; JUNQUEIRA, 2018).

Quanto aos valores de matéria mineral (MM), estes também foram maiores para safra de primavera/verão, apresentando incremento de 22%, quando comparados ao cultivo de outono/inverno (Tabela 1). Ressalta-se que no cultivo de primavera/verão, o plantio do milho foi em consórcio com adubos verdes. Estas plantas, provavelmente permitiram maior acúmulos de minerais como P, K, Ca e S, na matéria seca das plantas consorciadas (COLLIER et al., 2011; PADOVAN et al., 2015; IGBAL et al., 2019).

De acordo com Norton (2000), apesar dos elementos minerais não fornecerem energia aos animais, o desequilíbrio nas forrageiras, pode limitar a digestão, a utilização e a absorção dos componentes da dieta, além de provocar toxidez para os animais. Observa-se que neste trabalho, os valores médios encontrados na safra de primavera/verão, foram superiores aos encontrados para a mesma época de cultivo nos trabalhos de Marafon et al. (2015) e Ferreira et al. (2017a) que obtiveram valores médios de 43,5 e 51,5 g kg⁻¹ MS de matéria mineral na silagem de milho.

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) para a interação modalidade e estação de cultivo, bem como, para a interação entre estação de cultivo e amostras de alimentos, quando analisados os teores de proteína bruta (PB). Durante a safra de primavera/verão, a modalidade de milho em monocultivo/milho monocultivo, apresentou os maiores teores de proteína bruta (80,1 g kg⁻¹ MS), e diferiu significativamente do milho consorciado com feijão-de-porco, que apresentou teores de 69,4 g kg⁻¹ MS (Tabela 2).

Na safra de primavera/verão a produtividade de matéria seca foi maior para a modalidade milho + feijão-de-porco/milho monocultivo e menor para o milho monocultivo/milho monocultivo (Tabela 2). O consórcio com feijão-de-porco, possivelmente, propiciou condições que permitiram maior desenvolvimento das plantas, quando comparado ao monocultivo, por este motivo, os teores de proteína bruta de foram menores, em função do efeito de diluição total da PB na matéria seca (PAZ et al., 2017; IGBAL et al., 2019).

Com exceção da modalidade de cultivo milho + feijão-de-porco/milho monocultivo na estação de primavera/verão, os teores de proteína bruta, encontrados neste estudo ficaram acima dos 70 g kg⁻¹ MS, teor que limita o consumo de matéria seca pelos animais, devido à deficiência de proteína degradável no rúmen para atender o crescimento microbiano e a atividade fermentativa (FERREIRA et al., 2005; GOMES et al., 2006). Todavia, abaixo do encontrado por Domingues et al. (2012), que obtiveram variações de PB de silagem entre 72,7 e 88,8 g kg⁻¹ MS ao analisarem 23 híbridos de milho.

Tabela 2 - Produtividade de massa seca ensilável, teores de proteína bruta (PB) e produtividade de proteína bruta por hectare (PB/ha) da planta de milho e silagem de milho planta inteira; produzido sob manejo agroecológico em diferentes modalidades e épocas de cultivo na primavera/verão em consórcio e em monocultivo no outono/inverno.

Modalidades de cultivos	Estação de cultivo							
	Primavera/ verão	Outono/ inverno	Primavera/ Verão	Outono/ Inverno	Média	Primavera/ verão	Outono/ inverno	Média
	Produtividade de MS (Mg kg ⁻¹)				PB (g kg ⁻¹ MS)			
	PB/ha (Mg ha ⁻¹)							
Milho monocultivo /milho monocultivo	13,64**	17,09	80,1 Aa	83,3 Aa	81,7a	10,4 Bb	14,1 Ab	12,2 b
Milho + feijão-guandu milho monocultivo	15,03	18,64	75,6 Ba	81,5 Aa	78,6ab	11,5Bab	15,0 Aab	13,2 ab
Milho + crotalária/milho monocultivo	14,19	19,32	75,7 Ba	85,5 Aa	80,6ab	10,8 Bb	16,1 Aa	13,5 ab
Milho + feijão-de-porco/milho monocultivo	18,04	18,66	69,4 Bb	82,5 Aa	76,0b	13,2 Ba	15,1 Aab	14,1 a
Média	15,23	18,42	75,2 B	83,2 A		11,5 B	15,3 A	
Amostras de alimentos								
	Planta de milho		74,6 Ba	86,9 Aa	80,8 a	11,3B a	16,0 Aa	13,6a
	Silagem de milho		75,8 Ba	79,5 Ab	77,6 b	11,7 Ba	14,2 Ab	12,9a

* Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Os dados referentes a produtividade não foram discutidos neste artigo pois, os mesmos serão abordados no capítulo seguinte.

Na análise da interação estação e amostras de alimento, observou-se, que os teores de proteína bruta foram maiores para a planta de milho em comparação a silagem durante o outono/inverno. Possivelmente estes efeitos sejam resultado do

aumento na disponibilidade de nutrientes para as plantas, em especial o nitrogênio fornecido pela palhada dos adubos verdes da safra de primavera/verão (Tabela 2).

A redução da proteína bruta na silagem pode evidenciar perdas durante o processo de fermentação dentro do silo. Esta fermentação causa uma série de mudanças na composição da forragem, principalmente na fração proteica; muitas células das plantas podem se romper e liberar enzimas, incluído proteases que causam hidrólise das proteínas e aumento do nitrogênio não proteico na silagem (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). A ação de bactérias do gênero *Clostridium*, também podem degradar a proteína e aumentar a fração de nitrogênio solúvel, reduzindo os teores de PB da silagem (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991; BONFÁ et al., 2015).

Observou-se também, efeito para a interação ($p < 0,05$), entre as modalidades e as estações de cultivo e entre as estações e as amostras de alimento a produtividade de proteína bruta. Na safra de primavera/verão, a modalidade de cultivo milho + feijão-de-porco/milho monocultivo, apresentou a maior produtividade de PB ($13,28 \text{ Mg ha}^{-1}$), quando comparado ao milho monocultivo/milho monocultivo ($10,4 \text{ Mg ha}^{-1}$) Tabela 2.

Apesar do milho em monocultivo apresentar os maiores teores de proteína bruta ($80,1 \text{ g Kg}^{-1} \text{ MS}$), a produtividade total de matéria seca, foi a menor entre as modalidades de cultivo durante a primavera/verão. O contrário aconteceu com milho e feijão-de-porco; a alta produtividade de matéria seca, permitiu a esta modalidade de cultivo obter maior produtividade total de proteína bruta por hectare (Tabelas 2).

Para a interação entre estação e amostra de alimento, observa-se que a produtividade de proteína bruta, foi maior no outono/inverno para o milho e para a silagem de milho. A silagem produzida durante o outono/inverno apresentou redução na produtividade de proteína bruta, pois os teores de PB foram menores na silagem produzida nesta estação (Tabela 2).

Para os teores de FDA, PIDA e PIDN, houve efeito para a interação ($p < 0,05\%$) entre modalidade, estação e amostra de alimento. Os teores de FDA apresentaram diferenças dentro da estação de primavera/verão, para a modalidade milho + feijão-de-porco/milho monocultivo, entre a planta de milho e silagem de milho. O FDA da silagem teve acréscimo de 9,7% em relação a planta de milho (Tabela 3).

Tabela 3 - Teores de fibra em detergente ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) de planta de milho e silagem de milho planta inteira, produzido sob manejo agroecológico em diferentes modalidades e estações de cultivo na primavera/verão em consórcio e em monocultivo no outono/inverno.

Modalidade de cultivo					
Estação de cultivo	Amostra de alimento	Milho monocultivo/milho monocultivo	Milho + feijão-guandu/milho monocultivo	Milho + crotalária/milho monocultivo	Milho + feijão-de-porco/milho monocultivo
FDA (g kg⁻¹ MS)					
Primavera/verão	Planta de milho	278,1Aaa	280,7 Aaa	272,2 Aaa	256,7Abα
	Silagem de milho	268,0Aaa	283,3Aaa	276,0Aaa	281,7Aaa
Outono/inverno	Planta de milho	263,2Aaa	254,8Aaβ	249,1Aaa	258,0Aaa
	Silagem de milho	264,2Bba	266,2Aaa	262,4Aaa	228,9Bbβ
PIDA (g kg⁻¹ PB)					
Primavera/verão	Planta de milho	43,6 Abα	41,4 Abα	36,5 Abα	28,1 Abβ
	Silagem de milho	83,7 Baa	101,8 ABaa	99,2ABaa	112,5 Aaa
Outono/inverno	Planta de milho	33,2 Baa	24,1 ABAβ	33,0ABaa	52,9 Aaa
	Silagem de milho	16,0 Abβ	37,1 Aaβ	29,3 Aaβ	36,1 Abβ
PIDN (g kg⁻¹ PB)					
Primavera/verão	Planta de milho	275,9 Aaa	285,9 Aaa	284,8 Aaa	256,6 Aaa
	Silagem de milho	148,7 Abα	156,1 Abα	139,9 Abα	141,8 Abα
Outono/inverno	Planta de milho	165,1 Aaβ	164,0 Aaβ	160,7 Aaβ	179,0 Aaβ
	Silagem de milho	62,4 Abβ	68,0 Abβ	77,2Abβ	66,0 Abβ

*Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade para as variáveis analisadas, FDA, PIDA e PIDN. Letras gregas iguais na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, quando comparados os tipos de alimentos nas estações de cultivo primavera/verão e Outono/inverno.

No outono/inverno a silagem cultivada sob a palhada do feijão-de-porco, apresentou comportamento inverso, os teores de FDA da silagem foram as menores em relação as demais modalidades que continham adubos verdes.

Entre as estações de primavera/verão e outono/inverno, os valores de FDA da modalidade milho + feijão-guandu/milho monocultivo, diferiram estatisticamente para o planta de milho, sendo a média da estação de primavera/verão (280,7 g kg⁻¹ MS) maior que a de outono/inverno (254,8 g kg⁻¹ MS) (Tabela 3). Segundo Ferreira, (2001), o cultivo de milho na primavera/verão promove redução dos carboidratos não

estruturais e aumento de carboidratos estruturais na planta, com a redução de carboidratos solúveis no colmo, aumentam os teores de FDA, FDN e lignina.

Nos estudos realizados por Domingues et al. (2012) e Garcia (2016) para mesma estação, os teores de FDA para o milho consorciado com guandu e milho em monocultivo, foram encontrados teores entre 216,0 a 296,0 g kg⁻¹ MS e 185,9 a 300,1 g kg⁻¹ MS, próximos aos obtidos neste estudo.

Em estudo com silagem de milho, Mello et al. (2006) obtiveram teores entre 220 e 340 g kg⁻¹ MS, de FDA para silagem de milho de diferentes cultivares; Jacovetti et al. (2018) obteve FDA variando entre 250 e 280 g kg⁻¹ MS, durante o processo fermentativo. Os teores observados neste estudo se encontram dentro do preconizado para a boa alimentação animal e estão de acordo com os observados nos estudos citados.

Os teores de PIDA apresentaram diferenças dentro das estações, quando comparados as formas de alimentos e as diferentes modalidades de cultivo. Na primavera/verão, os maiores teores de PIDA foram observados na silagem de milho para a modalidade de cultivo milho + feijão-de-porco/milho monocultivo (112,5 g Kg⁻¹ PB) Tabela 3. Estes teores são considerados adequados para uma boa silagem, estando dentro dos 100 a 180 g Kg⁻¹ PB para silagem de milho planta inteira (EUCLIDES; MEDEIROS, 2003; VIANA et al., 2012).

No outono/inverno, os maiores teores de PIDA 52,9 g Kg⁻¹ PB foram observados nas plantas de milho, com destaque para a modalidade de cultivo milho + feijão-de-porco/milho monocultivo.

Importante salientar que diferenças nos teores da fração PIDA entre a planta *in natura* e a silagem de uma mesma cultura, são possíveis, pois a maturação da planta no momento da ensilagem, associada ao teor proteico e fibroso, refletem sobre as diferenças verificadas (MELLO et al., 2006). A proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) é considerado como indisponível durante sua permanência no trato gastrintestinal e, segundo Garcia (2016), valores acima de 200 g Kg⁻¹ PB, diminuem a disponibilidade de N prejudicando a digestibilidade do alimento, assim sendo, o aumento dos teores de PIDA, não são desejados, pois o nitrogênio retido na FDA não é aproveitado pelas bactérias ruminais.

Os valores de PIDA também diferiram, quando as comparações foram realizadas entre as diferentes estações de cultivo, tendo como base para a análise o mesmo alimento e modalidade de cultivo. Os teores na silagem de milho, foram

menores na estação outono/inverno em comparação a primavera/verão, para todas as modalidades de cultivo (Tabela 3).

Todos os valores de PIDN, encontrados neste trabalho estão entre dos valores críticos de 90 a 340 g Kg⁻¹ PB apontados por Velho et al. (2007) e Ferreira et al. (2017b) para obtenção de uma boa silagem de milho.

Quando se faz a comparação dentro de cada estação de cultivo, os valores de PIDN são sempre maiores para a planta de milho, em todas as modalidades de cultivo. Quando analisadas as diferentes estações, os valores para a planta de milho e silagem de milho foram menores no outono/inverno em comparação a primavera/verão para todas as modalidades de cultivo (Tabela 3). Estes resultados evidenciam a influência positiva na redução da deposição de N na fração menos digestível para silagem de milho planta inteira cultivado sobre a palhada de diferentes adubos verdes durante o outono/inverno.

3.6 CONCLUSÕES

A produção de milho e de silagem de milho planta inteira nos diferentes sistemas de rotação de culturas contendo adubos verdes, resultou em incrementos nos teores de matéria seca, matéria mineral e na produtividade de PB. Com destaque para a modalidade de milho + feijão-de-porco/milho monocultivo.

Os teores de FDA, FDN, PIDA e PIDN foram menores no outono/inverno, evidenciando a influência positiva na redução da deposição de N na fração menos digestível para silagem de milho planta inteira cultivado sobre a palhada de diferentes adubos verdes.

O cultivo de milho consorciado e sob apalhada de adubos verdes de primavera/verão permite a produção de silagem de planta inteira com teores nutricionais adequados.

3.7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, K.; CAMARA, F. L. A. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 55-62, 2011.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.

AMIM, M. E. H. Effect of different nitrogen sources on growth, yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L.). **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Riyadh, Saudi Arabia, v. 10, p. 17-23, 2011.

ARGENTA, G.; DA SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 71–78, 2001a.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: Análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

ASSIS, F. B.; BASSO, F. C.; LARA, E. C.; RAPOSO, E.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; FERNANDES, L. O.; RABELO, C. H. S.; REIS, R. A. Caracterização agrônômica e bromatológica de híbridos de milho para ensilagem. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, vol. 35, n. 6, p. 2869-2881, 2014.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15 ed. Virginia: Arlington, p. 1117, 1990.

BAGHDADI, A.; HALIM, R. A., O. RADZIAH. O.; MARTINI, M. Y.; EBRAHIMI, M. Fermentation characteristics and nutritive value of corn silage intercropped with soybean under different crop combination ratios. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, Lahore, v. 26, n. 6, p. 1710-1717, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 46, de 06 de outubro de 2011. **Legislação para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 dez. 2011

BONFÁ, C. S.; CASTRO, G. H. F.; VILLELA, S. D. J., SANTOS, R. A.; EVANGELISTA, A. R.; JAYME, C. G.; GONÇALVES, L. C.; NETO, O. S. P.; BARBOSA, J. A. S. Elephant grass silage added to passion fruit's peel. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 67, n. 3, p. 801-808, 2015.

BORGHI, É.; MELLO, L.; BERGAMASCHINE, A. F., CRUSCIOL, C. A. Produtividade e qualidade de forragem de milho em função da população de plantas, do sistema de preparo do solo e da adubação. **Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas, v. 13, n. 4, P. 465-471, 2012.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.

CARVALHO, I. Q. de. **Ponto de corte do milho para silagem**. Fundação ABC. Setor de forragicultura, 2013. Disponível em <<http://fundacaoabc.org/wp-content/uploads/2016/07/Ponto-de-corte-de-milho-para-silagem.pdf>>. Acessado em 05 de abril de 2017.

CHIEZA, E. D.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, E. S.; ESPÍNDOLA, J. A.; FERNANDES, R. C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 2, p. 189-196, 2017.

COELHO, S. P.; GALVÃO, J. C. C.; TROGELLO, E.; CAMPOS, S. A.; PEREIRA, L. P. L.; BARRELLA, T. P.; CECON, P. R.; PEREIRA, A. J. Coberturas vegetais na supressão de plantas daninhas em sistema de plantio direto orgânico de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete lagoas, v. 15, n. 1, p. 65-72, 2016.

COLLIER, L. S., KIKUCHI, F. Y.; BENÍCIO, L. P. F.; SOUSA, S. A. Consórcio e sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 306-313, 2011.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; LIMA, C. G. R.; CASTILHOS, A. M.; SOUZA, D. M.; BONINI, C. S. B.; PARIZ, C. M. Yield and nutritive value of the silage of corn intercropped with tropical perennial grasses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 1, p. 63-73, 2017.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Cultivares de milho para silagem. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2001, p. 11- 37.

DOMINGUES, A. N.; ABREU, J. G.; CABRAL, L. S.; GALATI, R. L.; OLIVEIRA, M. A.; REIS, R. H. P. Nutrition value of silage from corn hybrid in the State of Mato Grosso, Brazil. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 117-122, 2012.

EUCLIDES, V. P. B.; MEDEIROS, S. R. **Valor nutritivo das principais gramíneas cultivadas no Brasil**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC. p. 43, 2003. (Documentos. EMBRAPA-CNPGC, 139).

FERREIRA, J. P.; ANDREOTTI, M.; PASCOALOTO, I. M.; COSTA, N. R.; AUGUSTO, J. G. Influência de espaçamento e consórcios na qualidade bromatológica de silagem de milho. **Revista Espacios**, Caracas, v. 38, n. 46, p. 1- 16, 2017.

FERREIRA, J. P.; ANDREOTTI, M.; PASCOALOTO, I. M.; COSTA, N. R.; AUGUSTO, J. G. Qualidade Da Silagem De Milho Consorciado Com Gramíneas Tropicais Em Diferentes Espaçamentos. **Boletim de Industria Animal**, Nova Odessa, v. 74, n. 3, p. 237-245, 2017b.

FERREIRA, G. D. G.; BARRIERE, I.; EMILE, J. C.; JOBIM, C.C.; LEFEVE, B. Valor nutritivo de plantas de milho (*Zea mays* L.) sem espigas. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. Maringá, v. 27, n. 4, p. 433-438, 2005.

FERREIRA, J. J. Estágio de maturidade ideal para ensilagem de milho e sorgo. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2001, p. 405-428.

GARCIA, C. M. P. **Produção de silagem de planta inteira e grãos úmidos ou secos de milho em consórcio com gramínea e ou leguminosa forrageira e cultivo do feijão de inverno em sucessão**. 2016. 95 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade estadual Paulista "Júlio de Mesquita", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Campus de Botucatu, 2016.

GITTI, D. C.; ARF, O.; VILELA, R. G.; PORTUGAL, J. R.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F. Épocas de semeadura de crotalária em consorcio com o milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoa, v. 11, n. 2, p. 156-168, 2012.

GOMES, S. O.; PITOMBEIRA, J. D.; NEIVA, J. N. M.; CANDIDO, M. J. D. Comportamento agrônomico e composição químico-bromatológico de cultivares de sorgo forrageiro no estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 221-227, 2006.

HEINRICH, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FANCELLI, A. L. Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 230- 79, 2002.

HILL, G. M.; GATES, R. N.; WEST, J. W.; BURTON, G. W. **Tifton 85 bermudagrass utilization in beef dairy, and hay production**. In: Workshop sobre o potencial forrageiro do gênero *Cynodon*. Juiz de Fora: Embrapa CNPGL; p. 139-50, 1996.

HULSE, J. **Altura de colheita do milho para silagem: valor nutritivo, balanço de nutrientes no solo, produção animal e desempenho econômico**". 2014. 101 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2014.

IAPAR- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Paraná**. 2010. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules /conteudo/conteudo.php?conteudo =677>>. Acesso em: 15 julho de 2017.

ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F. Estratégias para o uso de subprodutos da agroindústria associados às silagens. In: JOBIM, C. C.; CECATO, U.; CANTO, M. W. (orgs). **Produção e utilização de forragens conservadas**. Maringá: Masson, p. 153-195. 2008.

IQBAL, M. A.; HAMID, A.; AHMAD, T.; SIDDIQUI, M. H.; HUSSAIN, I.; SAJID ALI, S.; ANSER ALI, A.; ZAHOR AHMAD, Z. Forage sorghum-legumes intercropping: effect on growth, yields, nutritional quality and economic returns. **Bragantia**, Campinas, v. 78, n. 1, p. 82-95, 2019.

JACOVETTI, R.; FRANÇA, A. F. S.; CARNEVALLI, R. A.; MIYAGI, E. S.; BRUNES, L. C.; CORRÊA, D. S. Milheto como silagem comparado a gramíneas tradicionais: aspectos quantitativos, qualitativos e econômicos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 19, p 1-16, 2018.

JUNQUEIRA, R. M. **Consórcio de guandu e milho cultivados para a produção de forragem em sistema orgânico**. 2018. 34 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura orgânica) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Guarapuava, 2018.

KHAN, N. A.; YU, P.; ALI, M.; CONE, J. W.; HENDRIKS, W. H. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p. 238-252, 2015.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p. 347-358, 1996.

MARAFON, F.; NEUMANN, M.; RODOLFO CARLETTO, R.; WROBEL, F. L.; MENDES, E. D.; SPADA, C. A; FARIA, M. V. Características nutricionais e perdas no processo fermentativo de silagens de milho, colhidas em diferentes estádios reprodutivos com diferentes processamentos de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 917-932, 2015.

MCDONALD, P. J, HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage** (2 Ed.) Mallow Chalcombe Publications, 1991. 340p.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; QUEIROZ, A. C.; MIRANDA, E. N.; MAGALHÃES, A. L. R.; De DAVID, D. B.; SARMENTO, J. L. R. Composição química, digestibilidade e cinética de degradação ruminal das silagens de híbridos de girassol em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1523-1534, 2006.

MENDES, M. C.; GABRIEL, A.; FARIA, M. V.; ROSSI, E. S.; JÚNIOR, O. P. Época de semeadura de híbridos de milho forrageiro colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Agroambiente On-line**, Jataí, v. 9, n. 2, p. 136-142, 2015.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHIN, J. C.; SILVA, F. R. Benefício das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo. In: TIECHER, T. (Org). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais do sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016, p 34-48.

NEUMANN, M.; HORTS, E. H.; FIGUEIRA, D. N.; LEÃO, G. F. M.; CECCHIN, D. Potential of corn silage production in different sowing times in the Paraná Midwest region. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v. 9, n. 1, p. 37-44, 2016.

NORTON, B. W. The Significance of Tannins in Tropical Animal Production. In: Tannins in livestock and human nutrition. **Proceedings of an international workshop**. Australia, Adelaide: ACIAR, p. 75, 2000.

OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O.; ALMEIDA, V. V.; PEIXOTO, C. A.M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo Sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 61-67, 2010.

OLIVEIRA, M. R.; NEUMANN, M.; UENO, R. K.; NERI, J.; MARAFON, F. avaliação das perdas na ensilagem de milho em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 319-325, 2013.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; SILVA, E. A. M.; QUEIROZ, D. S.; GOMIDE, C. A. M. Características Anatômicas da Lâmina Foliar e do Colmo de Gramíneas Forrageiras Tropicais, em Função do Nível de Inserção no Perfilho, da Idade e da Estação de Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 890-899, 2002.

PADOVAN, M. P.; CARNEIRO, L. F.; ELISBERTO, G.; NASCIMENTO, J. S.; CARNEIRO, D. N. M. Milho cultivado em sucessão a adubos verdes em sistemas sob bases agroecológicas. **Revista Agro ambiente**, Jataí, v. 9, n. 4, p. 377-385, 2015.

PAZ, L. B.; GALLO, A. S.; SOUZA, R. L.; OLIVEIRA, L. V. N.; CUNHA, C.; SILVA, R. F. Desempenho e produtividade do milho safrinha em consórcio com leguminosas em sistema orgânico. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n.4, p. 788-794, 2017.

PAZIANI, S. D. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; BOLLER, P.; MARIS, C.; BITTAR, M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C., Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revsita Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p.411– 417, 2009.

PELLEGRINI, A.; MEINERZ, G. R.; KAISER, D. R. Compactação do solo em sistemas intensivos de integração lavoura pecuária. In: TIECHER, T. (Org). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais do sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016, p 49-64.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15.ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.

REBELLO, C., TURETTA, A. P. D. 2017. **Ferramentas para avaliação do potencial**

à prestação de serviços ambientais pelo sistema plantio direto, Comunicado Técnico 75. Rio de Janeiro.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo; 2001.

RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, O. G.; FILHO, S. C. V., GARCIA, R.; CABRAL, L. S. Caracterização das Frações que Constituem as Proteínas e os Carboidratos, e Respectivas Taxas de Digestão, do Feno de Capim-Tifton 85 de Diferentes Idades de Rebrotas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 589-595, 2001.

ROTZ, C. A., MUCK, R. E. Changes in forage quality during harvest and storage. **Forage, quality, evaluation, and utilization**. p. 828- 868, 1994.

SANTOS, H. G.; ALMEIDA, J. A.; LUMBRERAS, J. F.; ANJOS, L. H. C.; COELHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); 2013. 353 p.

SEIDEL, E. P; MONTIN, M C. Plantas de cobertura ou adubos verdes na agricultura orgânica. In: SEIDEL, E. P.; MELLO, E. C. T.; ZAMBOM, M. A. (Org.) **Sustentabilidade agropecuária em sistemas agroecológicos e orgânicos de produção**. Marechal Cândido Rondon: Unioeste- Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016. p. 161-169.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, UFV. 2002. 165 p.

SILVA, C. J. **Efeito de diferentes relações folha/grãos sobre o metabolismo do nitrogênio em diferentes partes da planta de milho**. 2002. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, 2002.

SILVA, M. J.; BALBINO, L. C.; CARDOSO, D. A. B.; MIRANDA, L. M.; PIMENTEL, L. D. Características bromatológicas em híbridos de milho para produção de silagem no estado de Minas Gerais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 5, n. 2, p. 76-82, 2018.

VALENÇA, R. L.; FERREIRA, A. C. D.; SANTOS, A. C. P.; SILVA, B. C. D.; SANTOS, G. R. A.; LIMA, J. U. N.; PEREIRA, M. A. Silagem de bagaço de laranja na alimentação de cordeiros: consumo de nutrientes, desempenho e avaliação econômica. **Archivos de Zootecnia**, España, v. 66, p. 81-87, 2017.

VALENTE, T. N. P.; LIMA, E. S.; HENRIQUES, L. T.; NETO, O. R. M.; GOMES, D. I.; SAMPAIO, C. B.; COSTA, V. A. C. Anatomia de plantas forrageiras e a disponibilidade

de nutrientes para ruminantes: revisão. **Veterinária e Zootecnia**, v. 18, p 347-358, 2011.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2ª ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.

VELHO, J. P.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; VELHO, I. M. P. H.; GENRO, T. C. M.; KESSLER, J. D. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 1532-1538, 2007.

VIANA, P. T.; PIRES, A. J. V.; OLIVEIRA, L. B.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T.; NASCIMENTO FILHO, C. S.; CARVALHO, A. O. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, p. 292-297, 2012.

ZANINE, A. M.; MACEDO, J. G. L. Importância do consumo da fibra para nutrição de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Garça, v. 7, n. 4, p .1-12, 2006.

4 CAPÍTULO 3: PRODUTIVIDADE DE MILHO PARA ENSILAGEM EM CONSÓRCIO COM ADUBOS VERDES E DE FEIJÃO EM SUCESSÃO

4.1 RESUMO

O sistema de produção que incluem apenas o cultivo de milho para ensilagem, pode comprometer a sua sustentabilidade e promover degradação das suas propriedades químicas e físicas. Sendo esta prática incompatível com as premissas de produção agroecológica. Este trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade da cultura de milho para ensilagem, feijão em sucessão e a produção de palhada em diferentes sistemas de rotação de culturas com adubos verdes de primavera/verão e outono/inverno, cultivados sob manejo agroecológico de produção. O experimento foi implantado em uma propriedade rural, localizada no município de Missal - PR, manejada em sistema agroecológico desde 2009 e os ensaios realizados na safra de 2017/18 e 2018. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 5 repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro diferentes sistemas de rotação de culturas (modalidades de cultivo): milho monocultivo/milho monocultivo/pousio/ feijão; milho + feijão-guandu/ milho monocultivo/ aveia/ feijão; milho + crotalária/ milho monocultivo/nabo forrageiro/feijão e milho + feijão-de-porco/milho monocultivo /ervilhaca/ feijão. O milho de primavera/verão (safra), foi cultivado em consórcio com os adubos verdes; e no outono/inverno milho (safrinha) em monocultivo sob a palhada dos adubos verdes. Após a retirada do milho safrinha de 2018 foram semeados os adubos verdes de inverno/primavera: nabo forrageiro, ervilhaca e aveia. Em seguida no mês de setembro a cultura do feijoeiro. Foram avaliadas as produtividades de matéria seca de milho para ensilagem em cada estação de cultivo e do feijão; bem como, a produtividade total dos sistemas. Avaliou-se também a produtividade de palhada, considerando a matéria seca residual dos sistemas. Os sistemas de rotação de culturas que incluíram os adubos verdes apresentaram a maior produtividade total. Com destaque para modalidade milho + feijão-de-porco/milho monocultivo/ ervilhaca/ feijão. O consórcio com feijão-de-porco favoreceu a produtividade de milho na safra e a palhada da crotalária a produtividade na safrinha. Os sistemas de milho + feijão-guandu/milho monocultivo/aveia/feijão e milho + crotalária/milho monocultivo/nabo forrageiro/feijão favoreceram a

produtividade do feijão. A modalidade milho monocultivo/milho monocultivo/pousio não priorizou a acúmulo de palhada sobre o solo.

Palavras chave: Consórcio. Adubos verdes. Ensilagem. Produção orgânica

CORN YIELD FOR ENSILAGE IN CONSORTIUM WITH GREEN MANURE AND BEAN IN SUCCESSION

4.2 ABSTRACT

The production system that include corn for silage, may compromise its sustainability and promote degradation of its chemical and physical properties. Being this practice incompatible with the agroecological premises of production. This study aimed to evaluate the corn yield for silage, bean in succession and the straw production in different crop rotation systems with green manures for the spring/summer and fall/winter seasons, cultivated under agroecological production management. The experiment was carried out in a rural property located in the city of Missal - PR, managed in an agroecological system since 2009 and the tests carried out in the 2017/18 and 2018 crop. The experimental design was randomized blocks with 5 replications. The treatments consisted of four different crop rotation systems (cultivation modalities): monoculture corn/monoculture corn/fallow/bean; corn + guandu bean/monoculture corn/oats/bean; maize + showy rattlebox/monoculture corn/forage radish/bean and maize + jack bean/monoculture maize/vetch/bean. The spring/summer corn (first crop), was cultivated in consortium with the green manure; and in the fall/winter corn (second crop), in monoculture over the straw from the green manure. After the corn second crop from 2018 was harvested, were sowed the fall/winter green manures: forage radish, vetch and oats. The bean crop was sowed in the sequence in September. Were evaluated the silage corn dry matter in each cropping season and the bean dry matter; as well as the total yield from the systems. It was also evaluated the stray yield, considering the residual dry matter from the systems. The crop rotation systems that included the cover crops showed higher yield overall. The consortium with jack bean favored the corn yield in the first crop and the showy rattlebox straw the yield in the second crop. The systems corn + guandu beans/corn monoculture/oats/bean and corn/showy rattlebox/corn monoculture/forage

radish/bean favored the bean yield. The corn monoculture/corn monoculture/fallow mode did not prioritize the accumulation of straw on the soil.

Keywords: Consortium. Green manure. Ensilage. Organic production.

4.3 INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção agrícola devem ser manejados, para promover a melhoria ou manutenção adequada das propriedades que garantam a sustentação do crescimento vegetal. Equívocos de manejo, praticados nos sistemas de cultivo de grãos convencional, tem levado este sistema a insustentabilidade com impactos negativos direto ao produtor rural e ao meio ambiente. Uma alternativa a este problema é a utilização dos preceitos de Agroecologia, como forma de favorecer a sustentabilidade do agroecossistema, contemplando os fatores econômicos, sociais, culturais e ambientais na produção de alimentos (PADOVAN et al., 2015).

Segundo Lizarelli (2016), o termo agricultura agroecológica, pode ser empregado para denominar as diferentes propostas produtivas; cuja corrente filosófica atenda aos requisitos de produção com foco na imitação dos processos naturais. Na agroecologia os manejos agrícolas são realizados conforme as características locais do ambiente, alterando-as o mínimo possível (PRIMAVESI, 2008).

Modificar sistemas de cultivo, baseados no monocultivo para sistemas de bases agroecológicas é um processo dinâmico e peculiar a cada propriedade, não apenas requerendo a substituição de insumos sintéticos por insumos naturais, como a substituição de fertilizantes sintéticos pela adubação verde, mas também mantendo a cobertura de solo, utilizando plantas adaptadas as condições de clima e manejo, aliadas a um conjunto de práticas para redesenhar a paisagem da propriedade rural (PADOVAN; CAMPOLIN, 2011).

Na região Oeste do Paraná, mais de 80% das áreas das propriedades rurais são ocupadas com o cultivo de grãos anuais. Esta produção é destinada para comercialização ou para a produção de silagem (SEAB/DERAL, 2016; SOUZA et al., 2018). A produção de silagem é prática comum na região, que apresenta um período de estacionalidade climática durante o outono/inverno que compromete a produção e a disponibilidade de forragens frescas, limitando os volumosos em quantidade e qualidade para alimentação dos rebanhos. Para mantê-los produtivo nesta época,

inclui-se, como uma das fontes de alimentos na dieta as forragens conservadas na forma de silagem. O milho tem sido uma das plantas forrageiras mais utilizadas no processo de ensilagem, pois apresentam alta produtividade de massa seca por hectare, tecnologia de cultivo bem estabelecida e pelo bom valor nutritivo para os animais (MOREIRA et al., 2014).

Alguns agricultores destinam suas áreas a cultivos sucessivos de milho para ensilagem. Entretanto, esta cultura pode exportar até 16 t ha⁻¹ de matéria seca, deixando pouca palhada para cobertura de solo e conseqüentemente para a formação de matéria orgânica nas áreas de cultivo. Isso resulta em desbalanço de nutrientes, queda de produtividade e qualidade da silagem em cultivos posteriores, além da aceleração dos processos de degradação de solo (COELHO, 2006; SANTOS et al., 2010).

A ausência da palhada, aliada ao trânsito de máquinas agrícolas sob condições inadequadas de umidade de solo (solo plástico), favorecem a formação de camadas compactadas (MORAES et al., 2016). Sob o ponto de vista da física do solo, a compactação influencia direta e, negativamente o rendimento das culturas, reduz os macroporos e incrementa a resistência do solo a penetração das raízes, reduzindo o volume, fornecimento de água e nutrientes as plantas (PELLEGRINI; MEINERZ; KAISER, 2016).

A adoção de plantas de cobertura e adubação verde para o solo após a colheita do milho para ensilagem não é prática frequente no manejo das áreas agrícolas (VIEIRA et al., 2011). O solo permanece nu até a safra seguinte e a permanência do solo em pousio neste período, contribui para degradação das propriedades física, químicas e biológicas do solo e para maior infestação de plantas invasoras que, além de não produzirem volume adequado de palhada, favorecem o banco de sementes de plantas daninhas e encarece os custos de produção (KLUTHCOUSKI et al., 2004; MARTIN et al., 2011).

Nas propriedades do Oeste do Paraná, não é comum o cultivo de plantas de cobertura e adubação verde, que evitem o pousio de entressafra, mesmo entre os produtores que se utilizam de preceitos agroecológicos de produção. Na estação outono/inverno cultiva-se principalmente, aveia ou próprio milho (safrinha). Quando a silagem é produzida com o milho safrinha predomina a sucessão com soja ou feijão (MOTTIN, 2016; SOUZA et al., 2018).

Diversas são as espécies de plantas, que podem ser utilizadas para cobertura e adubação verde dentro do planejamento de rotação de culturas. Tais como: crotalária *spectabilis*, feijão-guandu, feijão-de-porco, ervilhaca e nabo forrageiro. Entretanto, são pouco difundidas e utilizada pelos produtores para compor o sistema de produção e evitar os problemas oriundos da baixa deposição de resíduos vegetais ao solo pelo cultivo para silagem (VIEIRA et al., 2011; MOREIRA et al., 2014).

Estas plantas podem ser cultivadas em consórcio ou sucessão a cultura de interesse, passando a ser delas, a função de aumentar a massa seca aportada ao solo, promover a qualidade do solo, bem como aumentar a produtividade da cultura principal (DAN et al., 2012). Como características principais, estas apresentam o rápido estabelecimento, elevada produção de matéria seca, facilidade de manejo, sistema radicular profundo, eficiência na ciclagem de nutrientes e não promovem infestação de doenças e pragas (MARCELO; CORÁ; FERNANDES; 2010).

Uma das grandes dificuldades para a adoção de adubos verdes para compor o sistema de cultivo, está no fato que cada um apresenta suas peculiaridades e com base na literatura, não se tem uma conclusão da interferência destas plantas na produtividade da cultura do milho para ensilagem e dos resíduos depositados no solo. São encontrados muitos trabalhos em que o consórcio do milho com adubos verdes tiveram efeito negativo na produtividade da cultura e na deposição de resíduos sobre o solo (CALVO; FALONI; BRANCALIÃO, 2010; JAKELAITIS et al., 2010; PARIZ et al., 2011, ALMEIDA JÚNIOR, 2015).

Enquanto, há outros trabalhos em que o consórcio influenciou positivamente na produtividade (PACHECO et al., 2011; SEIDEL et al., 2014; CHIEZA et al., 2017; MARTINEZ et al., 2019). Os mesmos preceitos valem para a pesquisa onde o milho é cultivado em sucessão as plantas de adubos verdes. Segundo Marcelo, Corá e Fernandes (2010) e De Brito et al. (2017), há incrementos na produtividade de milho e resíduos para o solo no cultivo em sucessão. Enquanto, Carvalho et al. (2015) e Carvalho et al. (2011), encontraram resultados contrários sobre a produtividade.

Para a produtividade de feijão, os resultados também são controversos, alguns trabalhos indicam que o plantio sob a palhada de *Fabaceas*, produzem quantidades inexpressiva de matéria seca no solo e não influenciam a produtividade do feijoeiro (CORREIA; FUZITA; DANIEL, 2012; ALMEIDA JÚNIOR, 2015). Enquanto alguns, apontam para incrementos a produtividade do feijoeiro quando cultivado sob

palhada de *Poaceas* e *Fabaceas* (SEIDEL et al., 2012; TORRES et al., 2014; MOTTIN et al., 2018).

Fica claro com estas observações, que não existe uma planta ideal para compor a rotação entre culturas, sendo necessário antes da escolha, fazer um levantamento das espécies mais favoráveis ao sistema de cultivo. Deve-se buscar informações a respeito de sua adaptação ao clima da região, época de semeadura, ciclo da cultura, desenvolvimento do sistema radicular e a produção de massa seca (NEGRINI, 2007). Desse modo, é necessário que se opte por espécies de plantas que superem as restrições e promovam a recuperação da qualidade do solo, principalmente quando submetidas a um sistema intensivo de produção garantindo incrementos a produtividade do sistema.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade da cultura de milho para ensilagem, feijão em sucessão e a produção de palhada em diferentes sistemas de rotação de culturas com adubos verdes de primavera/verão e outono/inverno cultivados sob manejo agroecológico de produção.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Localização, clima e solo do local de estudo

O experimento foi realizado em uma propriedade rural, localizada no município de Missal - PR, manejada em sistema agroecológico desde 2009. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com verões quentes, com temperaturas médias superiores a 22°C e invernos com temperaturas médias e inferiores a 18°C e uma precipitação pluviométrica média anual de 1600 – 1800 milímetros (IAPAR, 2010).

O solo da unidade experimental foi classificado se acordo com Santos et al. (2013) como Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef), de textura muito argilosa.

A área experimental estava sendo cultivada a dois anos com a cultura de mandioca, previamente à implantação do experimento, a cultura anterior foi retirada e realizou-se uma gradagem leve para incorporação e eliminação da população inicial de plantas espontâneas e uniformização da superfície de cultivo. Em seguida foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 0,20 m para a determinação das características químicas. As análises químicas foram realizadas de acordo com a

metodologia de Raij et al. (2001) nos laboratórios de Análises Química Ambiental e Instrumental da UNIOESTE. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química do solo (0 a 20 cm de profundidade) colhida na área experimental.

pH	M.O	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	V
(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	-----cmol _c dm ⁻³ -----				(%)	
4,97	17,77	11,64	13,35	2,35	0,38	0,31	4,77	77,12

Fonte: Elaboração do autor.

Os dados climatológicos do período de condução do experimento foram obtidos junto à Estação Meteorológica de Medianeira - PR, instalada na UTFPR em convênio com IAPAR e situada a 25° 10' de latitude Sul e 54° 07' de longitude Oeste, a 466 m de altitude em relação ao nível do mar. Os valores médios mensais referentes à precipitação e temperatura (mínima, média e máxima), os dados climatológicos do período de condução do experimento são apresentados na Figura 1.

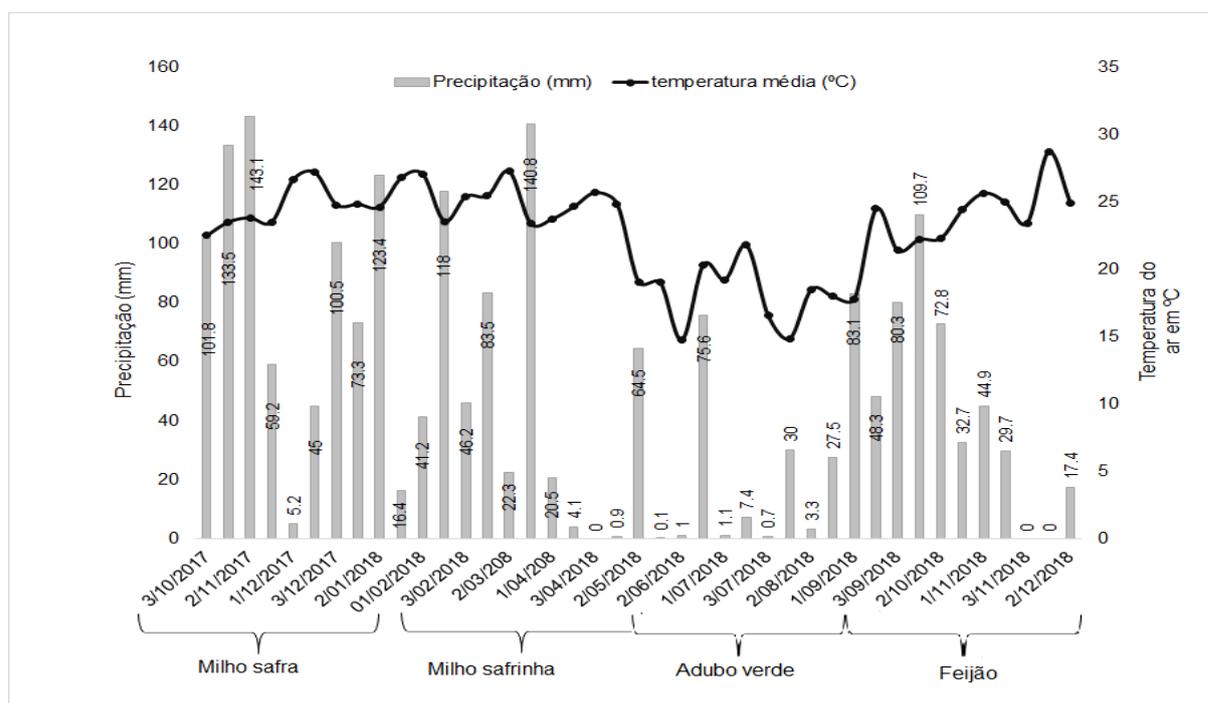


Figura 1 - Dados pluviométricos decên timers acumulados em milímetros (mm) e temperatura média em graus Célsius (°C) entre 20 de outubro de 2017 e 30 de dezembro de 2018.

Fonte: Estação meteorológica automática de Medianeira - PR, UTFPR em convênio com IAPAR.

4.4.2 Delineamento experimental, implantação e condução

Os ensaios foram conduzidos na safra agrícola de 2017/2018 e 2018. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 5 repetições. Cada parcela possuía 30 m² e para determinação da área útil foram descontados 0,5 metro das bordaduras e das linhas laterais. Os tratamentos foram constituídos por quatro diferentes sistemas de rotação de culturas nas modalidades: 1 - Milho monocultivo/milho monocultivo/pousio/feijão, 2 - Consórcio de milho + feijão-guandu /milho monocultivo/aveia/feijão; 3 - Consórcio de milho + crotalária/milho monocultivo /nabo forrageiro/feijão e 4 - Consórcio de milho + feijão-de-porco/milho monocultivo /ervilhaca /feijão (APÊNDICE A e APÊNDICE C).

Na primavera/verão de 2017/2018 o milho para ensilagem (safra), foi cultivado em consórcio com os adubos verdes; no outono/inverno/2018 milho (safrinha) em monocultivo sob a palhada dos adubos verdes. Após a retirada do milho safrinha foram semeados os adubos verdes de inverno/primavera: nabo forrageiro, ervilhaca e aveia. Sob esta palhada no mês setembro foi semeado a cultura do feijoeiro.

Foram avaliadas as produtividades de matéria seca de milho para ensilagem em cada estação de cultivo (primavera/verão e outono/inverno) e do feijão; bem como, a produtividade total do sistema nos dois anos de avaliação.

Também se avaliou a produtividade de palhada, considerando a matéria seca residual de milho primavera-verão; milho outono-inverno; adubos verdes primavera/verão e adubo verde inverno/primavera. Não foi avaliada a produtividade de palhada do feijoeiro.

Previamente à implantação do experimento, realizou-se uma gradagem leve para incorporação e eliminação da população inicial de plantas espontâneas e uniformização da superfície de cultivo. Mediante a análise química de solo, foram aplicados ao solo 1 kg m⁻² de cama de aviário curtida, no momento da semeadura do milho safra. As análises da composição química média da cama de aviário foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da UNIOESTE e continham: pH em água = 7,40; Carbono total = 411 g kg⁻¹; M.O = 820 g kg⁻¹; N total = 44 g kg⁻¹; P = 8,50 g kg⁻¹; K = 37 g kg⁻¹; Ca = 31 g kg⁻¹.

A semeadura de milho de primavera/verão (safra) foi realizada em 29/10/2017 e outono/inverno (safrinha) em 17/02/2018. O cultivar utilizado foi o INCAPER 203,

semeado com semeadora manual em um espaçamento entre linhas de 0,90 m, com população de plantas de 55 e 50 mil plantas ha⁻¹ respectivamente.

Os adubos verdes feijão-guandu (*Cajanus cajan*), Crotalária spectabilis (*Crotalária spectabilis*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) foram semeados nas entre linhas do milho primavera/verão, com auxílio de semeadora manual, na mesma data de semeadura do milho, utilizando-se 90, 40 e 50 kg sementes ha⁻¹ respectivamente (APÊNDICE A).

Após a retirada do milho safra, as parcelas contendo os adubos verdes foram roçadas com roçadeira motorizada para formação de palhada. A semeadura do milho safrinha (outono/inverno) foi no sistema de plantio direto, sete dias após roçada dos adubos verdes, com revolvimento do solo de forma manual, apenas na linha de plantio.

No dia 04/06/2018, após colheita do milho safrinha, as parcelas foram roçadas e os adubos verdes de inverno/primavera foram semeados a lanço. Usou-se a seguinte densidade de semeadura: aveia (*Avena sativa*) 60 kg sementes ha⁻¹, nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) 50 kg sementes ha⁻¹ e ervilhaca (*Vicia sativa*), 80 kg sementes ha⁻¹ (APÊNDICE A). Após 108 dias da semeadura, os adubos verdes de inverno foram roçados com auxílio de roçadeira motorizada para formação de palhada. Sobre esta palhada semeou o feijão preto IPR Gralha (APÊNDICE C).

A semeadura foi no dia 22/09/2018 em sistema de plantio direto, com auxílio de semeadora manual e o espaçamento entre linhas de 0,45 m, com população de 222 mil plantas ha⁻¹.

Os tratos culturais realizados durante o período experimental para o milho foi aplicação de biofertilizante supermagro 3%, 15, 35 e 45 dias após a semeadura do milho; controle de lagartas do cartucho com o inseticida biológico Dipel, a base de *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki*, linhagem HD-1, aplicado na dose recomendada pelo fabricante. Nas parcelas onde havia milho/milho/pousio/feijão, no período de pousio foram realizadas duas capinas manuais para redução da população de plantas espontâneas.

A cultura do feijão recebeu aplicação de biofertilizante supermagro 3%, em 3 aplicações: 20 dias após a semeadura; antes do florescimento e durante a formação das vagens.

4.4.3 Coleta de amostras e determinação da produtividade de massa seca ensilável de milho e grãos de feijão dos diferentes sistemas de produção

A produção de massa ensilável foi avaliada na cultura do milho quando a cultura atingiu o estágio fenológico de grão pastoso para farináceo duro (2/3 da linha de leite). Coletou-se 4 metros de cada linha das parcelas, através de corte manual a uma altura de 40 cm do solo. O material foi picado com auxílio de máquina forrageira, pesado para determinação da massa úmida, na sequência, foi seco em estufa de circulação forçada a 55°C, até atingir peso constante. No momento do corte, contou-se o número de plantas por metro para estimar a população final de plantas e estimar a produtividade de massa seca por ha⁻¹, calculada em Mg ha⁻¹.

A produtividade do feijão foi determinada através da colheita de grãos de toda área útil de cada parcela, quando a cultura apresentava 13 a 15 % de umidade. A colheita e a debulha foram realizadas de forma manual. Através da massa dos grãos produzidos na parcela e correção da umidade para 13 %, estimou-se a produtividade em Mg ha⁻¹.

4.4.4 Coleta de amostras e determinação de palhada dos diferentes sistemas de produção

As amostras para determinação da produtividade de palhada de milho nas duas safras foram realizadas no momento do corte do milho para ensilagem. Bem como para os adubos verdes de primavera/verão; os de inverno/primavera aos 108 dias após emergência.

Para esta avaliação foi utilizado um quadrado vazado, com amostra de área equivalente a 0,25 m², lançados aleatoriamente em 3 pontos de cada parcela. As plantas contidas no seu interior foram cortadas com auxílio de tesoura de poda e separadas entre palhadas oriundas do milho (resto do colmo e folhas) e palhadas oriundas dos adubos verdes. As amostras de cada tratamento foram pesadas, colocadas em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada de ar com temperatura de 55°C (± 2°C) por um período de 72 horas. Ao retirar o material fez-se a pesagem determinando a massa seca e estimativa em Mg ha⁻¹.

4.4.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram tabulados e analisados quanto a normalidade e homogeneidade através dos testes de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov). Em seguida, foram submetidos à análise de variância considerando um nível de significância de 5 % para o teste F e ao método multivariado por meio da análise de componentes principais.

A análise de componentes principais permite condensar a maior quantidade das informações originais contidas em p variáveis ($p=11$, neste estudo) em duas variáveis não correlacionadas entre si, denominadas componentes principais. Neste estudo denominadas CP1 e CP2, cada um desses componentes, que em conjunto formam um novo espaço a duas dimensões, é uma combinação linear das variáveis originais, com a capacidade de reter a maior quantidade possível das informações. Desta forma o conjunto original de variáveis passa a ser caracterizado por duas novas variáveis, que possibilita sua ordenação em uma figura bidimensional.

Todas as análises estatísticas foram processadas pelo o software estatístico Genes (CRUZ, 2006).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) dos sistemas de rotação de cultura para as variáveis produtividade de matéria seca de milho para ensilagem primavera/verão, produtividade do feijoeiro e produtividade total dos sistemas (Tabela 2).

A menor produtividade de milho para ensilagem primavera/verão foi observada na modalidade de milho em monocultivo, enquanto a maior produtividade foi observada no consórcio de milho+ feijão-de-porco, com aumento médio de 21%. O cultivo de milho consorciado, e o milho em monocultivo cultivado em sucessão com feijão-de-porco, favoreceram a produtividade total do sistema, que obteve 37,82 Mg ha⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2 - Produtividade de matéria seca de milho para ensilagem e feijão nas diferentes estações e modalidades de cultivo (sistemas de rotação) sob manejo agroecológico de produção.

Produtividade de matéria seca (Mg ha ⁻¹)				
Modalidades de cultivo (Sistemas de rotação)	Milho ensilagem primavera/verão	Milho ensilagem outono/inverno	Produtividade de feijão	Produtividade total de milho ensilagem e feijão

1- Milho monocultivo/milho monocultivo/pousio/ feijão	13,64 b	17,09 ^{ns}	0,82 d	31,54 b
2- Milho + feijão-guandu/milho monocultivo /aveia/feijão	15,03 ab	18,64 ^{ns}	1,87 a	35,54 ab
3- Milho + crotalária/milho monocultivo/nabo forrageiro /feijão	14,19 ab	19,32 ^{ns}	1,51 b	35,01 ab
4- Milho + feijão-de-porco/milho monocultivo/ ervilhaca/feijão	18,04 a	18,66 ^{ns}	1,12 c	37,82 a

*ns: não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O incremento a produtividade observado junto ao feijão-de-porco, pode estar associado a alta fixação biológica de N realizada por este adubo verde. Ele é capaz de fixar entre 37 a 280 kg ha⁻¹ de N ao ano. Além de promover a liberação de outros nutrientes em sincronia com a demanda da cultura, como K, P, Mg, também apresenta folhas cotiledonares rusticas e resistentes ao déficit hídrico; e um sistema radicular profundo, que concorrem com as plantas espontâneas por espaço, luz e nutrientes (CARVALHO et al., 2013; COELHO et al., 2016; PAZ et al., 2017).

Segundo Heinrichs et al. (2002) e Queiroz et al. (2010) o feijão-de-porco incrementar a produtividade do sistema com o aumento do período de cultivo, pois a grande quantidade de massa de matéria seca, contribui para maior disponibilidade e reciclagem dos nutrientes as culturas em sucessão.

Nos trabalhos realizados por Heinrichs et al. (2002); Spagnollo et al. (2002); Queiroz et al. (2010) e Collier et al. (2011), as melhores produtividades dos sistemas também foram obtidas em cultivos intercalares e sucessivos ao feijão-de-porco em comparação ao monocultivo tradicional.

Os adubos verdes cultivados durante o inverno/primavera influenciaram positivamente a produtividade do feijoeiro. A maior produtividade foi observada na modalidade de cultivo milho + feijão-guandu/milho monocultivo/aveia (Tabela 2).

A aveia preta produz alta quantidade de massa de matéria seca, que permite boa cobertura do solo e ciclagem de nutrientes (AITA; GIACOMINI, 2003; MATTEI et al., 2018). Sua decomposição é mais lenta no solo quando comparado com o nabo e a ervilhaca, o que permite proteger e manter a umidade no solo por mais tempo (CERETTA et al., 2002; SEIDEL et al., 2011).

As condições climáticas observadas neste estudo não foram favoráveis para obtenção de altas produtividades na cultura do feijoeiro (Figura 1), entretanto, os valores do presente trabalho, foram maiores que os obtidos por Steiner et al. (2009) e

Seidel et al. (2011) em condições edafoclimáticas semelhantes, os quais verificaram produtividade variando entre 1,20 a 1,39 Mg ha⁻¹.

Os resultados deste trabalho são corroborados Crusciol et al. (2007); Bittencourt et al. (2009); Seidel et al. (2012) e Evans, Lawley e Entz (2016) que obtiveram maiores produtividades para feijoeiros cultivados em sucessão a aveia-preta.

Com os dados da Tabela 2, referentes a produtividade de matéria seca dos sistemas de rotação, realizou-se a análise de componentes principais (CPA). Esta análise permitiu a distribuição das variáveis de produtividade de matéria seca de milho para ensilagem e feijão nas diferentes modalidades de cultivo em dois componentes principais (CP1 e CP2).

Juntos os componentes principais (CP1 e CP2) permitiram a dispersão bidimensional das modalidades de cultivo em um gráfico Biplot (Figura 2). A quantidade das informações totais dos dados originais, retidas pelos dois componentes foi de 94,47% da variação total. Sendo que o CP1 foi responsável por explicar 64,35% dos resultados e o CP2 por 30,11%.

Tais resultados estão de acordo com os critérios estabelecidos por Sneath e Sokal (1973), em que o número de componentes principais (CP) utilizado na interpretação deve ser tal que explique no mínimo 70% da variância total dos dados.

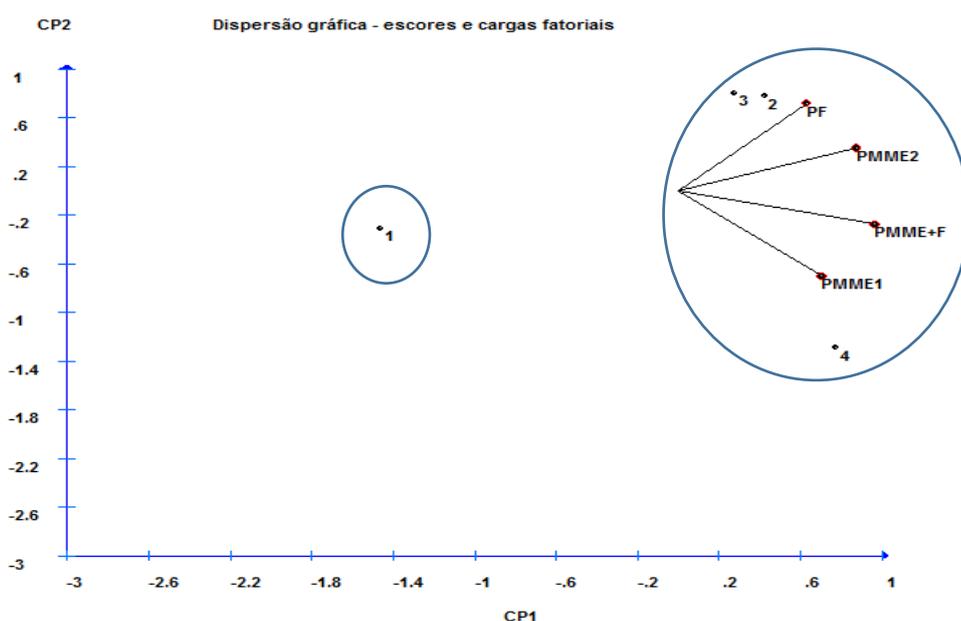


Figura 2 - Biplot CP1 versus CP2 sobre a característica produtividade de matéria seca de milho para ensilagem e feijão nas diferentes modalidades e épocas de

cultivos sob manejo agroecológico de produção. 1 – Milho monocultivo/milho monocultivo/pousio/feijão; 2 – Consórcio de milho + feijão-guandu/milho monocultivo/aveia/feijão; 3 – Consórcio de milho + crotalária/milho monocultivo/nabo forrageiro/feijão e 4 – Consórcio de milho + feijão-de-porco/milho monocultivo/ervilhaca/feijão. PMME1: Produtividade de milho para ensilagem primavera/verão; PMME2: Produtividade de milho para ensilagem outono/inverno; PF: Produtividade de feijão; PMME+F: Produtividade total de milho para ensilagem e feijão.

Para CP1 os destaques foram a produtividade total de milho para ensilagem e feijão (PMME+F) com coeficiente de ponderação de 0,59 e a produtividade de milho para ensilagem outono/inverno (PMME2) com coeficiente de ponderação de 0,54.

No segundo componente principal (CP2) destacou-se a produtividade de feijão (PF) com 0,65; seguido pela produtividade de milho para ensilagem primavera/verão (PMME1) com -0,64 de coeficiente de ponderação (Tabela 3).

As variáveis de maior peso na CP1 apresentam comportamento semelhantes para as modalidades com adubos verdes. Contribuindo para o isolamento no Biplot, da modalidade 1, onde a rotação foi: milho monocultivo/milho monocultivo/ pousio/ feijão, não houve o cultivo de adubo verde neste sistema (Figura 2). Esta modalidade obteve a menor produtividade total 31, 54 Mg ha⁻¹ (Tabela 2); ou seja, as modalidades com adubos verdes obtiveram um aumento médio de produtividade total de matéria seca de milho para ensilagem e feijão de 14%.

Tabela 3 - Coeficiente de ponderação das características de produtividade de matéria seca de milho para ensilagem e feijão cultivados sob manejo agroecológico de produção com os dois primeiros componentes principais.

Variável	Coeficiente de ponderação	
	CP1	CP2
Milho para ensilagem primavera/verão	0,4379	-0,6381
Milho para ensilagem outono/inverno	0,5441	0,3176
Produtividade de feijão	0,3915	0,6552
Produtividade total de milho para ensilagem e feijão	0,5991	-0,2503

O que pode ter contribuído para o aumento de produção nas áreas com adubos verdes foi a fixação e transferência biológica de nitrogênio; e aumento na disponibilidade de outros nutrientes importantes para as culturas de interesse. Os adubos verdes também podem suprimir plantas espontâneas, proteger o solo contra

erosão, manter a umidade e reduzir a oscilação e amplitude térmica na superfície do solo (KAPPES, 2011; SEIDEL et al., 2012; MORAES, 2016; MARTINEZ et al., 2019).

O segundo destaque da CP1 foi a produtividades de matéria seca de milho para ensilagem outono/inverno, obtidas sob a palhada milho consorciado com feijão-guandu, crotalária e feijão-de-porco. No entanto, sobre a palhada de crotalária a produtividade de matéria seca de milho para ensilagem outono/inverno (PMM2) foi maior com média de 19,32 Mg ha⁻¹(Tabela 2).

O incremento na produtividade pode ser resultado da relação mais estreita de C/N, que ocorre em cultivos consorciados de gramíneas e leguminosas, quando comparados ao cultivo de gramíneas em monocultivo; permitindo uma rápida decomposição dos restos culturais, disponibilizando nitrogênio e outros nutrientes as culturas subsequentes (ANDREOLA et al., 2000).

Além disso, a crotalária apresenta alta atividade alelopática que reduz a mato competição com a cultura de interesse comercial. Também incorpora ao sistema produtivo entorno de 150 a 450 kg ha⁻¹ de N por ano. O que pode favorecer a produtividade de milho em sucessão (CARVALHO et al., 2004; MARTINEZ et al., 2019; PAZ et al., 2017).

Corroborando com os resultados, os trabalhos realizados por Chiezza (2017); De Brito et al. (2017) e Queiroz et al. (2010) também apresentaram maiores produtividades de milho cultivados no inverno sob a palhada de crotalária.

Os destaques da CP2 demonstraram que as modalidades de cultivo milho + feijão-guandu/milho monocultivo/aveia/feijão e milho + crotalária/milho monocultivo/nabo forrageiro/feijão apresentam os melhores resultados para a produtividade de feijão. Com produtividade 1,87 e 1,51 Mg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

A aveia e o nabo forrageiro, são adubos verdes capazes extrair os nutrientes das camadas mais profundas do solo, através do seu sistema radicular e proporcionar alta cobertura de solo, além disto, apresentam maior relação C/N que a ervilhaca, isto, permitiu menor decomposição, favorecendo maior cobertura, proteção contra erosão e manutenção da umidade no solo (DEBIASI et al., 2017; MATTEI et al., 2018).

Entretanto, para a produtividade de milho ensilagem primavera/verão as modalidades de cultivos de milho + feijão-guandu/milho monocultivo/aveia/feijão e milho + crotalária/ milho monocultivo/nabo forrageiro/feijão; apresentam redução na produtividade (Tabela 2 e Figura 2), demonstrando que houve competição destes adubos verdes com a cultura do milho para ensilagem. Isso porque o feijão-guandu e

a crotalária possuem rápida ocupação inicial e porte alto; portanto, propiciaram maior sombreamento ao milho, aumentando a competição por água, luz e nutrientes (ALMEIDA; CAMARA, 2011).

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) dos diferentes sistemas de rotação de cultura sobre produtividade de palhada para solo (Tabela 4).

O sistema de rotação de cultura composto por: milho + feijão-de-porco/milho monocultivo/ervilhaca apresentou a melhor produtividade de palhada de adubos verdes no solo, cerca de $7,40 \text{ Mg ha}^{-1}$. A maior proporção desta palhada foi produzida pelo feijão-de-porco na safra primavera/verão, nesta estação de cultivo ele promoveu incremento médio de 37% de palhada quando comparado os demais adubos verdes (Tabela 4).

A palhada deixada por plantas de cobertura no solo, somados aos resíduos das culturas comerciais em sucessão ou rotação promovem a recuperação, manutenção e/ou melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas. Assim, desenvolve-se um ambiente favorável ao crescimento das plantas, contribuindo para a estabilização da produção agrícola, sustentabilidade do solo, além da menor dependência de insumos externos aos agroecossistemas (REDIN et al., 2016; MORAES et al., 2016).

Resultados semelhante foram observados por Almeida e Camara (2011); Carvalho et al. (2013) e Padovan et al. (2013), que também obtiveram maior produção de palhada em cultivos contendo estes adubos verdes.

Observou-se a menor deposição de palhada no solo, na modalidade de cultivo de milho em monocultivo/milho monocultivo/pousio ao longo dos ciclos de cultivo. Durante a safra de outono/inverno, o monocultivo tradicional apresentou perda média de 31% de palhada sobre o solo (Tabela 4).

A única fonte de palhada deste sistema de rotação de culturas foi a palhada de milho, portanto, este resultado já eram esperados e acabaram influenciando negativamente as variáveis de acúmulo total de palhada de milho e total de palhada no sistema.

A ausência de práticas conservacionistas como a rotação entre culturas e a deposição de palhada para proteção e reposição de nutrientes, limita o pleno desenvolvimento das culturas e compromete a sustentabilidade do sistema produtivos ao longo das safras (CHIODEROLI et al., 2012; MOTTIN, 2016).

A produtividade média de palhada total de milho mais adubos verdes para as modalidades de cultivo, contendo adubos verdes em sua composição foi de 16,59 Mg ha⁻¹, enquanto para modalidade milho em monocultivo/milho monocultivo/pousio foi de 8 Mg ha⁻¹, evidenciando um ganho média de 100% na produtividade de palhada. Ou seja, em cada estação de cultivo a produtividade média de palhada nos sistemas em que os adubos verdes estavam presentes foi em média de 8 Mg ha⁻¹; e no monocultivo foi de 4 Mg ha⁻¹ (Tabela 4).

Estes resultados estão de acordo os trabalhos de Queiroz et al. (2010); Seidel et al. (2012) e Padovan et al. (2013) que obtiveram as menores produtividade de matéria seca residual para o solo, quando o milho foi cultivado em monocultivo.

De acordo com Kluthcouski et al. (2004) e Seidel (2016), na região Sul do Brasil, a produção de palhada aportada ao solo para uma boa manutenção do sistema de plantio direto deve ficar entre 7 e 8 Mg ha⁻¹ em cada cultivo. Portanto, com o decorrer do tempo este sistema de cultivo 1: monocultivo/milho monocultivo/pousio, poderá levar a uma redução do carbono orgânico do solo, acarretando em degradação do sistema de produção (SCHILLER et al., 2018).

Tabela 4 - Palhada nas diferentes estações e modalidades de cultivo (sistemas de rotação) de milho para ensilagem e adubos verdes cultivados sob manejo agroecológico de produção.

Modalidades de cultivo (Sistemas de rotação)	Produtividade de palhada (Mg ha ⁻¹)						Total de milho e adubos verdes
	Milho primavera/verão	Adubos verdes primavera/verão	Milho outono/inverno	Adubos verdes Inverno	Total de milho	Total de adubos verdes	
1- Milho monocultivo/ milho monocultivo/ pousio	3,76 ^{ns}	-----	4,51 ^b	-----	8,28 ^b	-----	8,28 ^b
2- Milho + feijão- guandu/milho monocultivo/aveia	4,11 ^{ns}	4,60 ^{ab}	6,74 ^a	1,33 ^{ns}	10,85 ^a	5,93 ^b	16,79 ^a
3- Milho + crotalária/ milho monocultivo/ nabo forrageiro	3,79 ^{ns}	3,69 ^{ab}	6,53 ^a	1,45 ^{ns}	10,33 ^a	5,15 ^b	15,47 ^a
4- Milho + feijão-de- porco/milho monocultivo /ervilhaca	3,66 ^{ns}	6,58 ^a	6,46 ^a	0,82 ^{ns}	10,12 ^a	7,40 ^a	17,52 ^a

*ns: não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com os dados de quantidade de palhada produzida nas diferentes estações e modalidades de cultivo apresentados na Tabela 4, realizou-se a análise de

componentes principais (CPA). Esta análise permitiu a distribuição das variáveis em dois componentes principais (CP1 e CP2).

Juntos os componentes principais (CP1 e CP2) permitiram a dispersão bidimensional das modalidades de cultivo em um gráfico Biplot (Figura 3). A quantidade das informações totais dos dados originais retidas pelos dois componentes foi de 96,48%, sendo que a CP1 reteve 79,64% e a CP2 16,84% (Tabela 5).

As variáveis destaques do primeiro componente principal (CP1) para a quantidade de palhada por ordem de importância foram: milho outono/inverno (MSM2) com 0,42 de coeficiente de ponderação; total de milho mais adubos verdes (MSM+AV) e total de milho (MSRM) com 0,41; total adubos verdes (MSRAV) 0,40; adubos verdes primavera/verão (MSAV1) e adubos verdes inverno/primavera (MSAVS) com 0,38 (Tabela 5).

No segundo componente principal (CP2) o destaque foi a produtividade de palhada de milho para ensilagem primavera/verão (MSM1) com 0,83 de coeficiente de ponderação (Tabela 5).

Tabela 5 - Coeficiente de ponderação de palhada de milho para ensilagem e adubos verdes cultivados sob manejo agroecológico de produção com os dois primeiros componentes principais.

Variável	Coeficiente de ponderação	
	CP1	CP2
Milho primavera/verão	0,1434	0,8382
Adubos verdes primavera/ verão	0,3819	-0,3515
Milho outono/inverno	0,4220	0,0289
Adubos verdes inverno/ primavera	0,3798	0,2431
Total de milho	0,4158	0,1727
Total de adubos verdes	0,4052	-0,2512
Total de milho mais adubos verdes	0,4173	-0,1448

A produtividade de palhada das modalidades contendo adubos verdes tiveram o mesmo comportamento para a CP1. Elas também foram responsáveis por isolar no Biplot a modalidade de cultivo 1: milho monocultivo/milho monocultivo/pousio. Indicando que esta modalidade de cultivo não prioriza o acúmulo de palhada sobre o solo (Figura 3 e Tabela 4).

Para Primavesi (2002) e Claro (2001), solos descobertos torna-se solos química e fisicamente desequilibrado, além de biologicamente inativos. Portanto, uma boa produtividade de palhada resulta em maior disponibilidade de nutrientes e

cobertura de solo, conseqüentemente maior produtividade das culturas subsequentes (PACHECO et al., 2011; TORRES et al., 2014).

O destaque da CP2, indica que o milho consorciado com feijão-guandu favoreceu o acúmulo de palhada de milho na primavera/verão (Figura 3). O corte do milho para silagem exporta a maior parte da porção aérea, restando como resíduo para o solo basicamente porções do colmo abaixo da linha de corte.

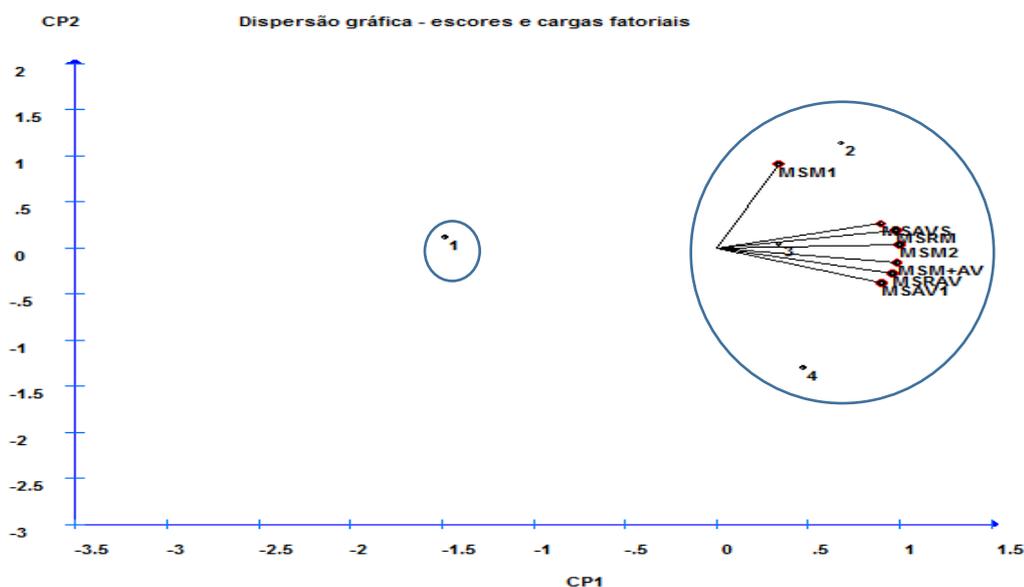


Figura 3 - Biplot CP1 versus CP2 sobre a característica palhada nas diferentes modalidades de cultivo de milho para ensilagem e adubos verdes cultivado em área agroecológica. 1 – Milho monocultivo/milho monocultivo/pousio; 2 – Consórcio de milho + feijão - guandu/milho monocultivo/aveia; 3 – Consórcio de milho + crotalária/milho monocultivo/nabo forrageiro e 4 – Consórcio de milho + feijão-de-porco/ milho monocultivo/ervilhaca. MSM1: Milho primavera/verão; MSAV1: Adubos verdes primavera/verão; MSM2: milho outono/inverno; MSAVS: Adubo verde inverno/primavera; MSRM: Total de milho; MSRAV: Total de adubos verdes, MSM+AV: Total de milho mais adubos verdes.

O diâmetro de colmo é susceptível a competição intra e interespecífica, ou seja, é sensível a alterações populacionais e a competição com plantas nas linhas e entre linhas; portanto, o feijão-guandu possivelmente não influenciou as características que promovem redução do diâmetro do colmo, permitindo maior acúmulo de palhada oriunda do milho sobre o solo nesta modalidade de cultivo (PADOVAN et al., 2015; COELHO et al., 2016; MARTINEZ et al., 2019).

4.6 CONCLUSÕES

Os sistemas de rotação de culturas que incluíram os adubos verdes apresentaram a maior produtividade total de matéria seca de milho para ensilagem e feijão. Com destaque para a modalidade milho + feijão-de-porco/milho monocultivo/ervilhaca/feijão.

O consórcio com feijão-de-porco favoreceu a produtividade de milho na safra e a palhada da crotalária a produtividade na safrinha. Os sistemas de milho + feijão-guandu/milho monocultivo/aveia/feijão e milho + crotalária/milho monocultivo/nabo forrageiro/feijão favoreceram a produtividade do feijão.

A modalidade milho monocultivo/milho monocultivo/pousio não priorizou a acúmulo de palhada sobre o solo.

4.7 REFERÊNCIAS

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.27, p.601-612, 2003.

ALMEIDA JÚNIOR, J. J. Atributos do solo e modalidade de semeadura na consorciação de milho com forrageiras e desempenho agrônômico do feijoeiro em sucessão. 2015. 84 p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Universidade estadual Paulista. Ilha Solteira, 2015.

ALMEIDA, K.; CAMARA, F. L. A. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 55-62, 2011.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 867-874, 2000.

BITTENCOURT, H. H.; LOVATO, P. E.; COMIN, J. J.; LANA, M. A.; ALTIERI, M. A. Produtividade de feijão-guará e efeito supressivo de culturas de cobertura de inverno em espontâneas de verão. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 689-694, 2009.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.

CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF, O.; SÁ, M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.

CARVALHO, A. M.; SOUZA, L. L. P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; ALVES, P. C. A. C.; VIVALDI, L. J. Cover plants with potential use for crop-livestock integrated systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1200-1205, 2011.

CARVALHO, W. P.; CARVALHO, G. J.; ABBADE NETO, D. O.; TEIXEIRA, L. G. V. Desempenho agrônômico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, p. 157-166, 2013.

CARVALHO, A. M.; COSER, T. R.; REIN, T. A.; DANTAS, R. A.; SILVA, R. R.; SOUZA, K. W. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 551-561, 2015.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G.; POLETO, N.; SILVEIRA, M.J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p.49-54, 2002.

CHIEZA, E. D.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, E. S.; ESPÍNDOLA, J. A.; FERNANDES, R. C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 2, p. 189-196, 2017.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; HOLANDA, H. V.; FURLANI, C. E. A.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Consórcio de Urochloas com milho em sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, p.1804-1810, 2012.

CLARO, S. A. **Referências tecnológicas para a agricultura familiar ecológica: A experiência da Região Centro-Serra do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2001.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Circular Técnica,78).

COELHO, S. P.; GALVÃO, J. C. C.; TROGELLO, E.; CAMPOS, S. A.; PEREIRA, L. P. L.; BARRELLA, T. P.; CECON, P. R.; PEREIRA, A. J. Coberturas vegetais na supressão de plantas daninhas em sistema de plantio direto orgânico de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete lagoas, v. 15, n. 1, p. 65-72, 2016.

COLLIER, L. S.; KIKUCHI, F. Y.; BENÍCIO, L. P. F.; DE SOUSA, S. A. Consórcio e sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira Tropical**, Goiania, v. 41, p. 306-313, 2011.

CORREIA, N. M.; FUZITA, W. E.; DANIEL, B. Cultivo consorciado de milho com amendoim forrageiro e calopogônio e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 575-586, 2012.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. S.; SILVA, L. M. D.; LEMOS, L. B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1545-1552, 2007.

CRUZ, C. D. **Programa genes: Análise multivariada e simulações**. Ed. Viçosa: UFV, 2006. 175 p.

DAN, H. D. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; DAN, L. G. de M.; BRAZ, G. B. P.; BALBINOT, E.; SOUSA, F. G.; REIS, R. H. P. Controle de plantas daninhas em sistemas de cultivo consorciados. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 11, p. 108–118, 2012.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; BETIOLI JUNIOR, E.; NUNES, E. da S.; FURLANETTO, R. H.; MENDES, M. R. P. **Alternativas para diversificação de sistemas de produção envolvendo a soja no norte do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 55 p. (Embrapa Soja. Documentos, 398).

DE BRITO, M. F.; TSUJIGUSHI, B. P.; ROCHA, D. P.; SILVA, R. F. Reciclagem de nutrientes de adubos verdes e produtividade de milho cultivado em sucessão em agroecossistema de transição agroecológica. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 6, n. 3, p. 11-21, 2017.

EVANS, R.; LAWLEY, Y.; ENTZ, M.H. Fall-seeded cereal cover crops differ in ability to facilitate low-till organic bean (*Phaseolus vulgaris*) production in a short-season growing environment. **Field Crops Research**, v. 191, p. 91-100, 2016.

HEINRICH, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FANCELLI, A. L. Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 230- 79, 2002.

IAPAR- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Paraná**. 2010. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules /conteudo/conteudo.php?conteudo =677>>. Acesso em: 15 julho de 2017.

JAKELAITIS, A.; DANIEL, T. A. D.; ALEXANDRINO, E.; SIMÕES, L. P.; SOUZA, K. V.; LUDTKE, J. Cultivares de milho e de gramíneas forrageiras sob monocultivo e consorciação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 40, p. 380–387, 2010.

KAPPES, C. Utilizações e benefícios da crotalária na agricultura. **Revista Panorama Rural**, v. 1, n. 147, p. 16 -17, 2011.

KLUTHCOUSKI, J., AIDAR, H.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. Integração lavoura pecuária e o manejo de plantas daninhas. **Potafos: Informe Agropecuário**, v. 106, 2004, p. 1-20.

LIZARELLI, P. H. Panorama da agroecologia no Paraná. In: SEIDEL, E. P.; MELLO, E. C.; T.; ZAMBOM, M. A. (Org.) **Sustentabilidade agropecuária em sistemas agroecológicos e orgânicos de produção**. Marechal Cândido Rondon: Unioeste-Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016. p. 121-131.

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. I - Produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 1553-1567, 2012.

MARTIN T. N.; VENTURINI T.; API I.; PAGNOCELLI A.; VIEIRA, P. A. J. Perfil do manejo da cultura do milho no sudoeste do Paraná. **Revista Ceres**, v. 58, p. 695-700, 2011.

MARTINEZ, A. S.; PAN, R.; CACIANO, W. M.; SEIDEL, E. P. Consórcio de Adubos Verdes e Incremento da Produtividade de Milho para Ensilagem, Uma Alternativa Para o Produtor Rural. **Cadernos de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 14, n 1 p.1- 4, 2019.

MATTEI, E.; OLIVEIRA, P. R. O.; RAMPIM, L.; EGEWARTH, J. F.; REGO, C. A. R. M.; PIANO, J. T.; HERRERA, J. L. Remaining straw and release of nutrients from oat managed in integrated crop-livestock. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 34, supplement 1, p. 206-215, 2018.

MOTTIN, M. C. **Efeito de plantas de cobertura cultivadas no inverno nas propriedades físicas do solo e na produtividade de soja e milho em sucessão**. 2016. 52 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, 2016.

MOTTIN, M. C.; SEIDEL, E. P.; FEY, E.; VANELLI, J.; ALVES, A. L.; RICHART, A.; FRANDOLOSO, J. F.; ANSCHAU, K. A.; FRANZISKOWSKI, M. A. Biomass Productivity and Physical Properties of the Soil after Cultivation of Cover Plant in the Autumn and Winter. **American Journal of Plant Sciences**, v. 09, p. 775-788, 2018.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHIN, J. C.; SILVA, F. R. Benefício das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo. In: TIECHER, T. (Org). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais do sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016, p 34-48.

MOREIRA, S. G.; LUPP, R. M.; LIMA, C. G.; MARUCCI, R. C.; RESENDE, A. V.; BORGES, I. D. Massa seca e macronutrientes acumulados em plantas de milho cultivadas sob diferentes espécies de cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 218-231, 2014.

NEGRINI, A. C. A. **Desempenho de alface (*Lactuca sativa* L.) consorciada com diferentes adubos verdes**. 2007. 113 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Agricultura e do Abastecimento. SEAB/DERAL. **Leite: análise da conjuntura agropecuária 2015-2016**. Curitiba: 2016, 15p. Disponível

em:<<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=32>>. Acessado em 26 de março de 2017.

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.

PADOVAN, M. P.; CAMPOLIN, A. I. **Caminhos para mudanças de processos e práticas rumo à agroecologia**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 52 p.

PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. S.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; SALOMÃO, G. B.; RECALDE, K. M. G. Pré-cultivo de adubos verdes ao milho em agroecossistema submetido a manejo ecológico no Cone Sul de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 3-11. 2013.

PADOVAN, M. P.; CARNEIRO, L. F.; FELISBERTO, G.; NASCIMENTO, J. S.; CARNEIRO, D. N. M. Milho cultivado em sucessão a adubos verdes em sistemas sob bases agroecológicas. **Revista AgroAmbiente On-line**, Roraima, v. 9, n. 4, p. 377-385, 2015.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 875–882, 2011.

PAZ, L. B.; GALLO, A. S.; SOUZA, R. L.; OLIVEIRA, L. V. N.; CUNHA, C.; SILVA, R. F. Desempenho e produtividade do milho safrinha em consórcio com leguminosas em sistema orgânico. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 4, p. 788-794, 2017.

PELLEGRINI, A.; MEINERZ, G. R.; KAISER, D. R. Compactação do solo em sistemas intensivos de integração lavoura pecuária. In: TIECHER, T. (Org). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais do sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016, p. 49-64.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 541p.

PRIMAVESI, A. M. Agroecologia e Manejo do Solo. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 3 p. 7-10, 2008.

QUEIROZ, L. R.; GALVÃO, J. C. C.; CRUZ, J. C.; OLIVEIRA, M. F.; TARDIN, F. D. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 263-270, 2010.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico; 2001.

REDIN, M.; GIACOMINI, S.J.; FERREIRA, P. A. A.; ECKHARDT, D. P. Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio. In: TIECHER, T. (Org). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais do sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016, p 7-22.

SANTOS, M. V. F.; CASTRO, G.; PEREA, A. G.; GARCIA, J. M.; GUIM, A.; PÉRES HERNÁNDES, M. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagem de forrageiras tropicais. **Arquivo de Zootecnia**, n 59, p. 25-43. 2010.

SANTOS, H. G.; ALMEIDA, J. A.; LUMBREAS, J. F.; ANJOS, L. H. C.; COELHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); 2013. 353 p.

SEIDEL, E.P.; SPAKI, A.P.; SILVA, S.C., SILVA, L.P.E.; COSTA, N.V. Efeito de plantas de cobertura no feijoeiro e no manejo de plantas invasoras. **Varia Scientia Agrárias Cascavel**, v 02, n 02, p. 107- 118, 2011.

SEIDEL, E. P.; SILVA, S. C.; SILVA, L. P. E.; SPAKI, A. P. Effect of cover crops on common bean yield and soil physical properties under no-till system. **Acta Scientiarum: Technology**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 399-404, 2012.

SEIDEL, E. P.; GERHARDT, I. F. S.; CASTAGNARA, D. D.; NERES, M. A. Efeito da época e sistema de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades físicas do solo. **Semina**, Londrina, v. 35, p. 55–66, 2014.

SEIDEL, E. P. A importância da matéria orgânica no manejo dos solos. In: SEIDEL, E. P.; MELLO, E. C. T.; ZAMBOM, M. A. (Org.) **Sustentabilidade agropecuária em sistemas agroecológicos e orgânicos de produção**. Marechal Cândido Rondon: Unioeste- Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016. p. 149-153.

SCHILLER, A.; MANFRIN, J.; ECKHARDT, D.; SEIDEL, E.; LANA, M. do; GONÇALVES JUNIOR, A.; SAMPAIO, M.; REGO, C. A. Stability of aggregates and the processes that help in their formation and stabilization. **International Journal of Plant & Soil Science**, v.22, p.1-14. 2018.

SNEATH, P. H. E, SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W. H. Freeman, 1973, 573 p.

SOUZA, A. E.; REIS, J. G. M.; RAYMUNDO, J. C.; PINTO, R. S. Estudo da produção do milho no Brasil: regiões produtoras, exportação e perspectivas. **South American Development Society Journal**, v. 4, n. 1, p 182-194, 2018.

SPAGNOLLO, E.; BAYER, C.; WILDNER, L. P.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A.; PROENÇA, M. M. Leguminosas estivais intercalares como fonte de nitrogênio para o milho, no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 417- 423, 2002.

STEINER, F.; ZOZ, T.; FEY, R.; PINTO JUNIOR, A. S.; RHEINHEIMER, A. R. Sustentabilidade agrícola e ambiental pela reciclagem de cama de aviário: efeito sobre a produtividade do feijoeiro em sistema plantio direto. In: I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE. Cascavel, 2009. **Anais**. Cascavel: UNIOESTE, 2009.

TORRES, J. L. R.; CUNHA, M. A.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. S. Cultivo de feijão e milho em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 117–125, 2014.

VIEIRA, V. C.; MORO, V.; FARINACIO, D.; MARTIN, T. N.; MENEZES, L. F. G.; Caracterização da silagem de milho, produzida em propriedades rurais do sudoeste do Paraná. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 4, p. 462-469, 2011.

5 CONCLUSÕES GERAIS

O cultivo milho com adubos verdes favoreceu a seleção de plantas espontâneas de folhas largas em detrimento as espécies de folhas estreitas indicando melhorias no manejo de solo da área de cultivo.

A semeadura de milho em consórcio com adubos verdes, principalmente a crotalária, podem ser um manejo recomendado para redução plantas espontâneas no cultivo de milho em sistema agroecológico.

A produção de milho e de silagem de milho planta inteira nos diferentes sistemas de rotação de culturas contendo adubos verdes, resultou em incrementos nos teores de matéria seca, matéria mineral e na produtividade de PB. Com destaque para a modalidade de Milho + feijão-de-porco/milho monocultivo.

Os teores de FDA, FDN, PIDA e PIDN foram menores no outono/inverno, evidenciando a influência positiva na redução da deposição de N na fração menos digestível para silagem de milho planta inteira cultivado sobre a palhada de diferentes adubos verdes.

Os sistemas de rotação de culturas que incluíram os adubos verdes apresentaram a maior produtividade total de matéria seca de milho para ensilagem e feijão. Com destaque para a modalidade milho + feijão-de-porco/milho monocultivo/ervilhaca/feijão.

Nas modalidades de cultivo em que os adubos verdes estavam presentes, houve uma produtividade média de palhada de 8 Mg ha⁻¹ em cada estação de cultivo; enquanto, a modalidade milho monocultivo/milho monocultivo/pousio não priorizou a acúmulo de palhada sobre o solo.

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este trabalho demonstrou que para sistemas agroecológicos de produção de milho para ensilagem e feijão, a utilização de adubos verdes intercalares ou em sucessão, torna-se uma estratégia de manejo importante para controle e seleção de plantas espontâneas, incremento a produtividade de matéria seca total de milho do sistema produtivo, além disto, as modalidades que incluíram adubos verdes em consórcio e sucessão permitiram manter a qualidade nutricional do milho e da silagem de planta inteira oriunda destes sistemas, garantindo adequada nutrição dos animais com o mínimo de aporte externo a propriedade rural, cumprindo as premissas de cultivo agroecológico rumo a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Fica aberto o leque para novas pesquisas, em especial as avaliações de comportamento geral do sistema frente a seleção de plantas espontâneas, alterações químicas, físicas e biológicas a médio e longo prazo, diferentes combinações entre plantas para compor as modalidades de cultivo e a qualidade nutricional dos alimentos produzidos entre as diferentes modalidades.

ANEXO A - Resumo da análise de variância para as variáveis densidade, frequência e abundância de plantas espontâneas analisadas no Capítulo 1.

Fonte de variação	Quadrado médio das características			
	GL	Densidade	Frequência	Abundância
Modalidades de cultivo (M)	3	90,811 ^{ns}	0,637 ^{ns}	167,470 ^{ns}
Bloco	4	76,683 ^{ns}	0,567 ^{ns}	130,739 ^{ns}
Erro 1	12	44,311	0,567 ^{ns}	76,957
Estação de cultivo (E)	1	669,903*	4,510 ^{ns}	1170,450*
M x E	3	38,053 ^{ns}	1,251 ^{ns}	80,520 ^{ns}
Erro 2	16	36,367	0,485	63,181
Dias (D)	1	522,753*	22,050*	994,050*
D x E	1	502,503*	5,000*	690,312*
D x M	3	55,603 ^{ns}	0,410 ^{ns}	175,091*
D x E x M	3	30,886 ^{ns}	0,360 ^{ns}	133,270 ^{ns}
Erro 3	32	31,301	0,364	48,478
CV1%		66,440	28,555	72,288
CV2%		60,191	26,437	65,491
CV3%		55,843	22,881	57,365

*Significativo a 0,05; ^{ns} não-significativo, pelo teste F. CV1%: coeficiente de variação das parcelas; CV2%: coeficiente de variação das subparcelas; CV3%: coeficiente de variação das sub-subparcelas.

ANEXO B - Resumo do quadrado médio do resíduo (QMr) e a relação entre o maior e menor QMr das variáveis analisadas para da planta de milho e silagem de milho planta inteira cultivada sob manejo agroecológico no Capítulo 2.

Variáveis	Quadrado médio dos resíduos (QMr)					
	Primavera/verão	Outono/ inverno	Relação	Primavera /verão	Outono/ inverno	Relação
	Planta de milho	Planta de milho		Silagem de milho	Silagem de milho	
MS	0,920	1,053	0,870	0,771	3,821	4,961
PB	0,261	0,164	1,620	0,411	0,192	2,164
MM	0,481	0,200	2,434	0,182	0,363	2,024
FDN	20,614	13,065	1,570	6,292	6,841	0,921
FDA	4,770	5,181	1,080	1,191	2,333	1,954
PB/ha	0,036	0,0174	2,121	----	----	----
PIDA	2,054	2,760	1,351	1,805	6,554	3,601
PIDN	17,543	13,780	1,271	22,241	9,433	2,354

ANEXO C - Resumo da análise de variância conjunta das variáveis do Capítulo 2.

Fonte de variação	Quadrado médio das características								
	GL	MS	PB	MM	FDN	FDA	PIDA	PIDN	PB/ha
Modalidades (M)	3	6,671*	1,273*	0,063 ^{ns}	1,191 ^{ns}	13,321*	5,954*	2,193 ^{ns}	12,361*
Estação (E)	1	657,500*	12,681*	35,491*	608,332*	137,644*	253,954*	1745,153*	257,292*
Alimento (A)	1	40,05* ¹	1,973*	0,034 ^{ns}	21.883 ^{ns}	5,474 ^{ns}	155,351*	2598,853*	8,792 ^{ns}
M x A	3	4,333 ^{ns}	0,122 ^{ns}	0,144 ^{ns}	1,900 ^{ns}	20,133*	6,424*	0,037 ^{ns}	1,192 ^{ns}
E x A	1	0,313 ^{ns}	3,722*	0,652 ^{ns}	0,094 ^{ns}	22,448*	231,922*	46,327*	24,792*
M x E	3	0,962 ^{ns}	0,961*	0,113 ^{ns}	8,312 ^{ns}	4,309 ^{ns}	2,332 ^{ns}	7,297 ^{ns}	9,972*
M x E x A	3	3,871 ^{ns}	0,281 ^{ns}	0,251 ^{ns}	7,292 ^{ns}	15,388*	6,841*	7,608*	0,383 ^{ns}

*Significativo a 0,05; ^{ns} não-significativo, pelo teste F.

APÊNDICE A - Adubos verdes utilizados no presente trabalho

Milho monocultivo



Milho+feijão-guandu



Milho+crotalária spectabilis



Milho+feijão-de-porco.



Parcela com Nabo forrageiro 17/09/2018



Parcela com Ervilhaca 17/09/2018



Parcela com Aveia preta 17/09/2018.



Parcela em Pousio 17/09/2018.

APÊNDICE B - Exemplo de plantas espontâneas na área de cultivo



Trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e Santos filho (*Leonurus sibiricus*) plantas com maior índice de valor de importância na safra de outono/inverno de milho para ensilagem.

APÊNDICE C - Feijão semeado sobre a palhada de adubos verdes

Feijão sobre a palhada de Nabo forrageiro



Feijão sobre pousio



Feijão sobre palhada de aveia



Feijão sobre palhada de ervilhaca.

APÊNDICE D - Silos e silagem de milho planta inteira

