

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

MAICON SGARBOSSA

**ÉPOCAS E MÉTODOS DE MANEJO DE AVEIA PRETA NA
PRODUTIVIDADE DE MILHO**

TESE

PATO BRANCO

2020



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco



Programa de Pós-Graduação em Agronomia

MAICON SGARBOSSA

**ÉPOCAS E MÉTODOS DE MANEJO DE AVEIA PRETA NA
PRODUTIVIDADE DE MILHO**

TESE

PATO BRANCO

2020

MAICON SGARBOSSA

ÉPOCAS E MÉTODOS DE MANEJO DE AVEIA PRETA NA PRODUTIVIDADE DE MILHO

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

Orientador: Prof. Dr. Alcir José Modolo

Coorientador: Thiago de Oliveira Vargas

PATO BRANCO

2020

S285e Sgarbossa, Maicon.
Épocas e métodos de manejos de aveia preta na produtividade de milho
/ Maicon Sgarbossa. -- 2020.
97 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Alcir José Modolo
Coorientador: Prof. Dr. Thiago de Oliveira Vargas
Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2020.
Inclui bibliografia

1. Aveia. 2. Semeadura. 3. Milho - Produtos. 4. Milho - Solos. I. Modolo, Alcir José, orient. II. Vargas, Thiago de Oliveira, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD (22. ed.) 630

Ficha Catalográfica elaborada por
Maria Juçara Vieira da Silveira CRB9/1359
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



TERMO DE APROVAÇÃO DE TESE Nº 68

A Tese de Doutorado intitulada “Épocas e métodos de manejo de aveia preta na produtividade de milho” defendida em sessão pública pelo candidato **Maicon Sgarbossa**, no dia 11 de agosto de 2020, foi julgada para a obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Fitotecnia e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Murilo Mesquita Baesso - USP/Pirassununga

Dr. Emerson Trogello - IFgoiano/Morrinhos

Dr. José Ricardo da Rocha Campos - UTFPR/Pato Branco
--

Dr. Paulo Fernando Adami - UTFPR/Dois Vizinhos
--

Dr. Alcir José Modolo - UTFPR/Pato Branco

Este Termo de Aprovação encontra-se na pasta do aluno na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação realizada após a entrega da versão final, incluindo correções necessárias, permitindo o encaminhamento para análise e publicação no Repositório Institucional.

Assinado eletronicamente por

PROF. DR. ALCIR JOSÉ MODOLO

Coordenador do Programa de Pós-graduação em Agronomia

Dedico esse trabalho a todos que
contribuíram com seu conhecimento,
esforço e apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pela força dada para superar os obstáculos.

A minha família pelo apoio, ajuda e incentivo para sempre continuar estudando.

Ao Prof. Dr. Alcir José Modolo pela orientação, apoio e sabedoria compartilhada ao longo do trabalho.

Ao Prof. Dr. Thiago de Oliveira Vargas pela coorientação no desenvolvimento do trabalho.

Aos professores do PPGAG por repassarem o conhecimento e contribuírem de alguma forma para a conclusão deste trabalho, em especial ao professor José Ricardo da Rocha Campos pelas conversas de grande incentivo e aprendizado.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Engenharia Rural que de uma maneira ou outra ajudaram no decorrer desta jornada, em especial ao Vinicius Aparecido Santos Morais e Lucas Dotto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação Araucária pela concessão da bolsa de estudos durante parte do curso.

A UTFPR campus Pato Branco e seus funcionários pelo apoio financeiro e estrutural para a realização desta pesquisa.

Ao IAPAR e Janaína Dartora pelo empréstimo de alguns dos implementos utilizados para a execução deste trabalho.

A Pioneer Sementes e José Carlos Cazarotto Madalóz pela doação das sementes.

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez”.

(George Bernard Shaw)

RESUMO

SGARBOSSA, Maicon. Épocas e métodos de manejo de aveia preta na produtividade de milho. 97 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2020.

A quantidade de palha na lavoura é requisito fundamental no sistema plantio direto. A aveia preta a principal planta de cobertura cultivada antes das culturas de verão, como o milho e a soja no Sul do Brasil. A época e os métodos de manejo da aveia preta são fundamentais para o desenvolvimento das culturas sucessoras, pois delas dependem o tempo de permanência dos resíduos sobre o solo e o desempenho em termos de plantabilidade por parte das semeadoras. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar métodos e épocas de manejo da palha de aveia e suas implicações na plantabilidade, desenvolvimento e produtividade da cultura do milho, em duas safras agrícolas. O experimento foi conduzido na Área Experimental do Curso de Agronomia da UTFPR, Campus Pato Branco – PR, em Nitossolo Vermelho Distroférrico típico, com textura muito argilosa. Os tratamentos foram compostos pela combinação entre três métodos de manejo de palha de aveia (triturada, rolada e dessecada) e quatro épocas (0, 10, 20 e 30 dias antes da semeadura do milho). Foram avaliados a resistência do solo à penetração, matéria seca de aveia, profundidade de deposição de sementes, área de solo mobilizada, índice de velocidade de emergência, distribuição longitudinal de plantas, marcha de emergência, a população inicial e final de plantas, altura inicial e final de plantas, diâmetro de colmo, altura de inserção de espiga, diâmetro da espiga, comprimento da espiga, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, prolificidade, massa de mil grãos e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância e havendo diferença significativa ($p \leq 0,05$), as médias dos métodos de manejo foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), enquanto que para o fator épocas de manejo, foi adotada a análise de regressão polinomial, sendo os modelos selecionados, pelo critério de maior R^2 e a significância ($p \leq 0,05$) dos parâmetros da equação. Também foi realizada a análise de componentes principais para identificar as variáveis que expliquem a maior parte da variabilidade dos dados. O manejo das plantas de aveia realizado aos 30 dias antes da semeadura do milho proporciona maior índice de velocidade de emergência da cultura. Os métodos e as épocas de manejo das plantas de aveia não afetam a profundidade de deposição de sementes, área de solo mobilizada, altura de plantas, número de fileiras por espiga, prolificidade e a produtividade do milho.

Palavras-chave: Rolo faca. Triturador de palha. Dessecação. Qualidade de semeadura.

ABSTRACT

SGARBOSSA, Maicon. Periods and management methods of black oats in maize productivity. 97 f. Thesis (Doctorate in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration area: Plant Production), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2020.

The amount of straw in the field is a fundamental requirement in the no-tillage system. The black oat is the main cover crop cultivated before the summer crops, such as maize and soybeans in Southern Brazil. The periods and the straw management are essential for the development of the next crop season in the field because the time that the residues stay on the soil and the seeder plantability depend on them. Considering that, the aim of this work was to evaluate methods and different periods of oat straw management and its implications for plantability, development, and productivity of the maize crop, during two growing seasons. The experiment was carried out at the experimental area of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco – PR. The soil was classified as a Typic Hapludox, with a very clayey texture. The treatments consisted of a combination of three oat straw management (crushed, rolled, and desiccated) and four periods (0, 10, 20, and 30 days before sowing the maize). Soil resistance to penetration, oat dry matter, seed deposition depth, soil area mobilized, index of emergency speed, longitudinal distribution of plants, emergence operation, initial and final plant population, initial and final height, stem diameter, ear insertion height, ear diameter, ear length, number of rows of grains per ear, number of grains per row, prolificacy, thousand-grain mass and productivity were evaluated. The data were submitted to analysis of variance and, if a significant difference was found ($p \leq 0.05$), the means of the oat straw management were compared by the Tukey test ($p \leq 0.05$), while for the factor period, polynomial regression analysis was adopted, and the models were selected considering the greater R^2 and the significance ($p \leq 0.05$) of equation parameters. The principal component analysis was performed to identify the variables that better explain the data variability. The management of oat plants carried out 30 days before the sowing of maize provides a higher rate of emergence of the crop. The oat straw management and periods of management of oat plants do not affect the seed deposition depth, soil area mobilized, the plant height, number of rows per ear, prolificacy, and maize productivity.

Keywords: Knife roll. Straw crusher. Desiccation. Sowing quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura (°C) nas safras 2017/2018 (A) e 2018/2019 (B). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	35
Figura 2	Croqui de campo com a disposição dos tratamentos. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	37
Figura 3	Implementos utilizados no manejo de palha de aveia preta: triturador de palha (A), rolo faca (B) e pulverizador (C). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	38
Figura 4	Penetrômetro utilizado para coleta de dados de resistência do solo a penetração. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	40
Figura 5	Avaliação da profundidade de deposição de sementes na cultura do milho. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	41
Figura 6	Perfilômetro utilizado na avaliação da área de solo mobilizada, durante a semeadura da cultura do milho. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	42
Figura 7	Avaliação de altura de plantas (A), altura de inserção da espiga (B) e diâmetro do colmo (C) da cultura do milho. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	44
Figura 8	Componentes de rendimento avaliados na cultura do milho: diâmetro da espiga (A), comprimento da espiga (B), número de fileiras por espiga (C) e número de grãos por fileira (D). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	45
Figura 9	Debulhador de cereais utilizado no experimento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	45
Figura 10	Resistência do solo à penetração (MPa) em função dos métodos de manejo da aveia (A) e épocas de manejo (B) na safra 2017/2018, manejo da aveia (C) e épocas de manejo (D) na safra 2018/2019. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	47
Figura 11	Matéria seca de palhada de aveia preta (kg ha ⁻¹) na safra 2017/2018 em função das épocas de manejo, coletada antes da semeadura da cultura do milho. UTFPR, Pato Branco – PR,	

	2020.....	51
Figura 12	Índice de velocidade de emergência (IVE) de plantas de milho safra 2017/2018 (A) e safra 2018/2019 (B) em função das épocas de manejo de aveia preta antes da semeadura da cultura do milho. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	55
Figura 13	Marcha de emergência da cultura do milho para os métodos de manejo (A e C), épocas de manejo de aveia preta (B e D) na safra 2017/2018 e safra 2018/2019, respectivamente. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	56
Figura 14	Dispersão de 15 variáveis pela análise de componentes principais na safra 2017/2018 (A, B e C). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	74
Figura 15	Dispersão de 15 variáveis pela análise de componentes principais na safra 2018/2019 (A, B e C). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Épocas de manejos das plantas de aveia nos dois anos de experimento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	38
Tabela 2	Relação dos produtos utilizados nos tratos culturais da cultura do milho, nos dois anos de experimento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	39
Tabela 3	Limites de tolerância para as variações dos espaçamentos (Xi) entre plantas e o tipo de espaçamento considerado. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	43
Tabela 4	Resumo da análise de variância da matéria seca (MS), profundidade de deposição de sementes (PS), área de solo mobilizada (AM) e índice de velocidade de emergência (IVE) nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em função de épocas e métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	49
Tabela 5	Valores médios da matéria seca (MS) nas safras 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	50
Tabela 6	Valores médios do índice de velocidade de emergência (IVE) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	54
Tabela 7	Resumo da análise de variância para os espaçamentos duplos (ED), espaçamentos normais (EN), espaçamentos falhos (EF) e uniformidade de distribuição (UD) nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em função de épocas e métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	57
Tabela 8	Resumo da análise de variância para a população inicial de plantas (POPINI), população final de plantas (POPFIN) e diâmetro do colmo (DC) nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em função de épocas e métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	59
Tabela 9	Resumo da análise de variância para a altura de plantas aos 30	

	dias após a semeadura (AP30DAS), altura de plantas final (APFIN) e altura de inserção de espiga (AIE) nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em função de épocas e métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	60
Tabela 10	Valores médios da população inicial de plantas (POPINI) e população final de plantas (POPFIN) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	60
Tabela 11	Valores médios do diâmetro de colmo (DC) na safra 2018/2019 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	62
Tabela 12	Valores médios da inserção de espiga (AIE) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	64
Tabela 13	Resumo da análise de variância para o diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), número de fileiras por espiga (FE) e número de grãos por fileira (GF) nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em função de épocas e métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	66
Tabela 14	Resumo da análise de variância para a prolificidade (PROLIF), massa de mil grãos (MMG), produtividade (PROD) e umidade do solo (UMID) nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em função de épocas e métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	66
Tabela 15	Valores médios do diâmetro da espiga (DE) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	67
Tabela 16	Valores médios do comprimento da espiga (CE) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	68
Tabela 17	Valores médios do número de grãos por fileira (GF) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	69

Tabela 18	Valores médios da massa de mil grãos (MMG) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	71
Tabela 19	Valores de autovetores de 15 variáveis analisadas nas safras 2017/2018 e 2018/2019. Dim 1 = primeiro componente principal; Dim 2 = segundo componente principal; Dim 3 = terceiro componente principal. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....	75

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
FEBRAPDP	Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha
PR	Paraná
SIMEPAR	Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná
USDA	United States Department of Agriculture
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

AIE	Altura de inserção de espiga
Alf	Altura final de plantas
AM	Área de solo mobilizada
AP30DAS	Altura de plantas aos 30 dias após a semeadura
APFIN	Altura de plantas final
Asm	Área de solo mobilizada
C/N	Relação carbono nitrogênio
CE	Comprimento da espiga
Cfa	Clima subtropical úmido
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro quadrado
cmol	Centimol
cv	Cavalos
CV	Coefficiente de variação
DC	Diâmetro do colmo
DE	Diâmetro da espiga
Dim 1	Primeiro componente principal
Dim 2	Segundo componente principal
Dim 3	Terceiro componente principal
dm	Decímetro
ED	Espaçamentos duplos
EF	Espaçamentos falhos
EN	Espaçamentos normais
FE	Número de fileiras por espiga
FV	Fatores de variação
g	Grama
GF	Número de grãos por fileira
GL	Graus de liberdade
h	Hora
Ha	Hectare
le	Inserção da espiga

IVE	Índice de velocidade de emergência
Kg	Quilograma
Km	Quilômetro
kW	Quilowatt
L	Litro
m	Metro
m ²	Metro quadrado
mg	Miligrama
mm	Milímetro
MMG	Massa de mil grãos
MPa	Mega Pascal
MS	Matéria seca
N	Nitrogênio
NPK	Fertilizante com nitrogênio, fósforo e potássio
ns	Não significativo
Pf	População final
Pi	População inicial
POPFIN	População final de plantas
POPINI	População inicial de plantas
PROD	Produtividade
PROLIF	Prolifidade
PS	Profundidade de deposição de sementes
RPM	Rotações por minuto
t	Tonelada
TDA	Tração dianteira auxiliar
UD	Uniformidade de distribuição
Xi	Espaçamento entre plantas obtido a campo
Xref	Valor de referência

LISTA DE SÍMBOLOS

"	Polegada
*	Significativo ao nível de 5% de probabilidade
\leq	Menor ou igual
®	Marca registrada
°C	Graus Celsius
Σ	Somatório

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO.....	24
2.2 MANEJO DA CULTURA DO MILHO.....	25
2.3 SISTEMA PLANTIO DIRETO.....	27
2.4 PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO.....	28
2.5 MÉTODOS DE MANEJO DE PLANTAS DE COBERTURA.....	30
2.6 ÉPOCAS DE MANEJO DE PLANTAS DE COBERTURA.....	31
2.7 PARÂMETROS DE PLANTABILIDADE.....	33
3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA, LOCAL E SOLO.....	35
3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	36
3.3 SEMEADURA DA AVEIA E MANEJO DA PALHA.....	37
3.4 SEMEADURA DO MILHO E TRATOS CULTURAIS.....	38
3.5 PARÂMETROS AVALIADOS.....	39
3.5.1 Resistência do solo à penetração.....	39
3.5.2 Matéria seca de aveia.....	40
3.5.3 Profundidade de semeadura do milho.....	40
3.5.4 Área de solo mobilizado.....	41
3.5.5 Índice de velocidade de emergência - IVE.....	42
3.5.6 Uniformidade de distribuição de plantas.....	43
3.5.7 População de plantas.....	43
3.5.8 Altura de plantas, de inserção de espigas e diâmetro do colmo.....	44
3.5.9 Componentes de rendimento do milho.....	44
3.5.10 Produtividade de grãos.....	45
3.6 ANÁLISE DOS DADOS.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 RESISTÊNCIA DO SOLO A PENETRAÇÃO.....	47
4.2 PARÂMETROS DE PLANTABILIDADE.....	49
4.2.1 Matéria seca de aveia.....	50
4.2.2 Profundidade de deposição de sementes.....	52
4.2.3 Área de solo mobilizada.....	53

4.2.4 Índice de velocidade de emergência (IVE).....	54
4.2.5 Marcha de emergência.....	56
4.2.6 Uniformidade de distribuição de plantas.....	57
4.3 DESENVOLVIMENTO DA CULTURA.....	59
4.3.1 População de plantas.....	60
4.3.2 Diâmetro de colmo.....	62
4.3.3 Altura de plantas.....	63
4.3.4 Altura de inserção de espigas.....	64
4.4 COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE.....	65
4.4.1 Diâmetro da espiga.....	67
4.4.2 Comprimento da espiga.....	68
4.4.3 Número de fileiras por espiga.....	68
4.4.4 Número de grãos por fileira.....	69
4.4.5 Prolificidade.....	70
4.4.6 Massa de mil grãos.....	71
4.4.7 Produtividade.....	72
4.5 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS.....	74
5. CONCLUSÕES.....	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

1. INTRODUÇÃO

A produção vegetal é a principal fonte de renda dos produtores agrícolas brasileiros, sendo as culturas do milho e soja as mais cultivadas. O milho é uma cultura que apresenta grande diversidade de utilização, podendo ser usado desde a alimentação animal e humana, até a indústria de alta tecnologia como a produção de filmes e embalagens biodegradáveis (LANDIM et al., 2016). No entanto, a maior parte do milho produzido é utilizada para a produção de ração animal, o que corresponde a 70% da demanda mundial (JASPER et al., 2009).

O milho é cultivado em grande parte no sistema plantio direto, o qual preconiza a manutenção da cobertura vegetal sobre o solo, em rotação com culturas comerciais (CASÃO JUNIOR et al., 2012), cujos principais efeitos são o controle da erosão (MERTEN et al., 2015) e aumento na disponibilidade de nutrientes (CALEGARI et al., 2013).

A maior parte da área cultivada no estado do Paraná é sob plantio direto e uma das culturas mais incluídas no sistema de rotação no inverno é a aveia preta, onde nas pequenas propriedades rurais a aveia preta é utilizada inicialmente para o pastejo na criação de vacas leiteiras, posteriormente os animais são retirados da área e as plantas são utilizadas como cobertura vegetal para os cultivos em sucessão (REDIN et al., 2016).

Para o cultivo de culturas de verão, tem-se a necessidade de realizar o manejo dos restos culturais e das plantas de cobertura do solo, os quais podem ser efetuados por métodos químicos ou mecânicos, dentre os quais se destaca a roçadora, a grade niveladora, o rolo faca e o triturador de palhas (BRANQUINHO et al., 2004). De acordo com Aratani et al. (2006), o manejo mecânico da palhada facilita o processo de semeadura, porém promove aumento do tráfego de máquinas na lavoura e, em consequência, aumenta o risco de compactação do solo, acelera a decomposição vegetal e aumenta o custo operacional.

O manejo químico de plantas apresenta como vantagem: eficiência, rapidez e não revolve o solo, permitindo o controle de plantas em épocas chuvosas onde é impossível a realização do manejo mecânico. As desvantagens do controle químico são: necessidade de equipamentos

adequados e com manutenção constante, capacitação de produtores ou da mão de obra (VARGAS et al., 2006).

Outro fator importante relacionado às plantas de cobertura se refere às épocas de manejo, onde as plantas encontram-se verdes quando o manejo é realizado no dia da semeadura, murchas no período intermediário e secas quando manejadas com 30 dias de antecedência a semeadura, afetando a plantabilidade e o desenvolvimento da cultura sucessora. Segundo Copetti (2015), para o corte adequado das plantas de cobertura, estas devem estar secas ou verdes ao serem manejadas, pois as que se encontram murchas apresentam maior resistência ao corte.

Grande parte dos trabalhos desenvolvidos abrange a influência da quantidade de palha na redução da erosão (TARTARI et al., 2012), na redução de ervas daninhas (FERREIRA et al., 2010; BALBINOT JUNIOR et al., 2011) e na demanda energética de semeadoras (FURLANI et al., 2007). Entretanto, são poucos os estudos desenvolvidos no Brasil que buscam caracterizar os efeitos de métodos e épocas de manejos da palhada de cobertura sobre o ambiente solo-semente e sua relação com o desenvolvimento e produtividade da cultura do milho em sistema de plantio direto.

Dentro deste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar métodos e épocas de manejo da palha de aveia e suas implicações na plantabilidade, no desenvolvimento e produtividade da cultura do milho.

Como objetivo específico tem-se:

- Avaliar o acúmulo de palha, a área de solo mobilizada, a profundidade de deposição de sementes, a distribuição longitudinal de plantas e o índice de velocidade de emergência de plantas.
- Determinar a altura e a população de plantas na fase inicial e final da cultura.
- Avaliar os componentes de rendimento e a produtividade média da cultura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO

A evolução como cultura comercial do milho nos últimos sete anos (2013 a 2020), apresenta taxas de crescimento da área plantada de 15,25%, produção de 37,08% e produtividade de 18,95%. O maior produtor nacional de milho é o estado do Mato Grosso com 34.010,3 mil toneladas. O estado do Paraná é o segundo maior produtor com 15.826,1 mil toneladas (CONAB, 2020).

O líder em produção mundial de milho é os Estados Unidos com 347,78 milhões de toneladas, seguido pela China com 260,77 milhões e o Brasil com 101,00 milhões de toneladas (USDA, 2020). Apesar de o Brasil ser o terceiro maior produtor do cereal, a produtividade média ainda é baixa (5.587 kg ha⁻¹) quando comparada com a dos Estados Unidos (10.550 kg ha⁻¹).

Essa baixa produtividade média apresentada no Brasil ocorre devido aos agricultores familiares da região Norte e Nordeste utilizarem sementes de variedades distribuídas pelo governo, sementes guardadas de uma safra para a outra e sementes crioulas, onde o cultivo geralmente é praticado em consórcios com outras culturas, sem uso de tecnologia, tendo a produção voltada basicamente para a subsistência, no uso para ração e na venda do milho verde (CONAB, 2020).

Vale lembrar que a potencialidade produtiva de um híbrido de milho é resultado da soma de vários fatores, devendo ser cultivado em um ambiente adaptado, sem deficiências nutricionais ou hídricas. Além disso, a produtividade obtida ao final do ciclo dependerá de várias características que podem sofrer alterações, desde a semeadura até o desenvolvimento final da cultura, como controle das plantas daninhas (ZAGONEL et al., 2000), tratamento de sementes (CUNHA et al., 2020), distribuição hídrica (BERGAMASCHI et al., 2004), população de plantas por área (BRACHTVOGEL et al., 2009; PASSOS et al., 2019), número de espigas por metro quadrado (PIANA et al., 2008; VIAN et al., 2016), número de grãos por fileira (BALBINOT JUNIOR et al., 2005), número de grãos por espiga (CALONEGO et al., 2011) e a massa de grãos por espiga (LOPES et al., 2007).

Considerando a importância econômica do milho, ocorreram mudanças nos sistemas de produção da cultura, ressaltando sua expansão nos sistemas de plantio direto e de integração lavoura-pecuária (GLAT, 2002). Além destes sistemas já citados dispõe-se também do sistema de cultivo mínimo do solo, no qual se utiliza menor número de operações, proporcionando ao solo menor revolvimento quando comparado ao sistema convencional de preparo (PEREIRA et al., 2009).

O sistema plantio direto apresentou grande crescimento na região Sul do Brasil, usando a aveia preta como principal planta de cobertura no inverno, antecedendo as culturas de verão. Porém, existe um interesse crescente por parte dos produtores de milho em incluir no sistema de produção outras espécies, como a ervilhaca e o nabo forrageiro, com o objetivo de reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados minerais na cultura (BONJORNO et al., 2010).

2.2 MANEJO DA CULTURA DO MILHO

A cultura do milho apresenta algumas características que devem ser levadas em consideração desde a semeadura até a colheita da lavoura. Cuidados como a disponibilidade de nutrientes, principalmente o nitrogênio que deve ser fornecido na adubação de base e em cobertura, e a correta população de plantas, visto que a planta apresenta mecanismos compensatórios limitados de produtividade.

O sistema plantio direto tem sido uma boa alternativa de manejo na busca por aumento de produtividade na cultura do milho, pois preconiza o mínimo revolvimento do solo, presença de palhada na superfície e rotação de culturas (OLIVEIRA et al., 2013). Além disso, as vantagens proporcionadas pelo sistema apresentam uma alternativa de produção econômica e sustentável, possibilitando solucionar problemas ambientais encontrados na produção agrícola, como processos erosivos, desperdício de insumos químicos e carreamento de matéria orgânica para os cursos hídricos (SALOMÃO et al., 2020).

Atualmente, os principais híbridos cultivados são altamente exigentes em fertilidade e possuem grande capacidade de extração. Neste sentido, um dos desafios no uso de fertilizantes é possibilitar que as quantidades de nutrientes requeridas pelas plantas sejam disponibilizadas e absorvidas dentro de um determinado tempo, diminuindo as perdas por lixiviação, volatilização ou adsorção (MACEDO et al., 2020). A disponibilidade de nitrogênio no solo durante o ciclo da cultura do milho deve ser fornecido principalmente em cobertura, quando a planta apresenta quantidades de raízes suficientes para garantir a absorção do nutriente (SILVEIRA et al., 2020).

Besen et al. (2020) ao avaliarem em um Cambissolo Háplico típico o efeito de doses de nitrogênio em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) no crescimento e produtividade da cultura do milho observaram que com o aumento das doses de nitrogênio, houve incremento em todos os componentes morfológicos e de rendimento avaliados, aumentando a lucratividade na maior dose de nitrogênio em 205% ao comparar com a ausência de adubação nitrogenada.

Nos últimos anos, houve uma elevação no cultivo de espécies transgênicas, promovendo aumento dos custos com sementes, porém sendo compensados com a redução nos custos com aplicação de inseticidas e herbicidas. O uso de sementes transgênicas de milho não aumenta a produtividade, pois possuem potencial genético igual ao de um mesmo híbrido sem o transgene, o que muda é sua interação com o ambiente, evitando perdas causadas a campo (MORAIS e BORÉM, 2015).

Outro fator importante se refere à população ideal de plantas, a qual pode interferir diretamente na produtividade da cultura. Dessa forma, a população indicada para cada híbrido, tipo de solo, clima e demais fatores é de extrema importância para alcançar uma melhor produtividade no momento da colheita (PASSOS et al., 2019). Por esse motivo, a semeadura do milho deve ser bem planejada, pois a cultura não compensa a falta de plantas no caso de falhas na semeadura, assim sendo, as plantas que faltarem irão impactar negativamente os componentes de produção, especialmente no número de espigas por área (KOPPER et al., 2017).

Avaliando a variabilidade espacial da produtividade de grãos de milho e sua correlação com variáveis explicativas de planta em um Latossolo

Vermelho Distrófico típico, Vian et al. (2016) observaram que a obtenção de altas produtividades de grãos de milho é condicionada pela população final de plantas, onde a distribuição espacial de plantas deve ser uniforme e deve ocorrer o mínimo possível de plantas dominadas.

2.3 SISTEMA PLANTIO DIRETO

A utilização de práticas culturais inadequadas na agricultura como o preparo tradicional do solo com contínuas ações de grades associadas ao monocultivo tem causado degradação do solo, dos recursos naturais e queda na produtividade (MACEDO, 2009). A mobilização constante do solo provoca sua desagregação superficial e a formação de crostas resultantes da dispersão das partículas do solo (BONJORNO et al., 2010).

Dessa forma, o plantio direto se apresenta como um sistema conservacionista de prevenção e controle de erosão (PINHO et al., 2008), sendo considerado uma estratégia para melhoria da qualidade e do potencial produtivo do solo agrícola (AMADO et al., 2007).

Segundo Cruz et al. (2006a), o sistema de plantio direto se estabeleceu como uma tecnologia conservacionista, amplamente aceita entre os agricultores, existindo sistemas indicados para diferentes regiões e também aos diferentes níveis tecnológicos existentes em cada propriedade, do pequeno ao grande produtor rural.

De acordo com o levantamento da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (FEBRAPDP, 2018), realizado na safra 2017/2018, foram cultivados no Brasil, aproximadamente 33 milhões de hectares no sistema plantio direto. Fato este que coloca o país na segunda posição mundial em área cultivada, ficando atrás apenas dos Estados Unidos.

Esse sistema vem sendo propagado com o objetivo de reduzir o desgaste ou a degradação do solo, uma vez que descarta as práticas de revolvimento do solo (aração, gradagem, escarificação e subsolagem) e permite o acúmulo de material vegetal na superfície do solo (BERTIN et al., 2005). Aliado a isso, existe a necessidade da rotação de culturas, que é uma

prática simples e promove grandes benefícios para o agricultor (MEDEIROS e CALEGARI, 2007).

O sistema de plantio direto e a rotação de culturas promovem juntas, inúmeras vantagens, dentre as quais se destacam: menor necessidade de água de chuvas para iniciar o plantio, economia de combustível, aumento da atividade biológica do solo em função do aumento do teor de matéria orgânica e menor perda por erosão (BRANQUINHO et al., 2004).

2.4 PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO

As plantas de cobertura, também chamadas de adubos verdes, plantas protetoras e melhoradoras do solo são cultivadas apenas ou parcialmente para a finalidade de cobertura, onde seus resíduos permanecem no solo com o objetivo de proteger do impacto das gotas de chuva e liberar nutrientes para as próximas culturas (SANCHEZ, 2012).

Além disso, produzem boa quantidade de matéria seca para a formação de uma camada de palha sobre o solo, sendo capazes de reciclar nutrientes, diminuindo as perdas por lixiviação, proporcionando benefícios na produtividade da cultura seguinte sem aumentar os custos (BERTIN et al., 2005).

Para escolher uma planta de cobertura, algumas características devem ser consideradas, como: ciclo de desenvolvimento, capacidade de competição com outras espécies, rusticidade, velocidade de crescimento e produção de matéria seca (BONJORNO et al., 2010).

No Sul do Brasil, a espécie mais cultivada como planta de cobertura no inverno é a aveia preta. Seu constante uso destaca-se entre as demais plantas devido ao alto rendimento de matéria seca, facilidade de aquisição de sementes e implantação da cultura, rusticidade, rapidez na formação da cobertura do solo, decomposição lenta e ciclo adequado, entrando no sistema de plantio direto antecedendo os cultivos de soja e milho (SILVA et al., 2006a).

A ervilhaca comum também se apresenta como uma boa alternativa para o sistema de plantio direto, pois possuem a capacidade de fixar

nitrogênio atmosférico, sendo uma boa opção para o cultivo antecedendo a cultura do milho. Porém, devido à baixa relação carbono nitrogênio (C/N), a liberação de nitrogênio dos resíduos é muito rápida, sendo assim, recomenda-se a semeadura do milho em no máximo uma semana após o manejo (SILVA et al., 2006a).

Outra espécie muito utilizada como planta de cobertura no sistema de plantio direto nas regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil é o nabo forrageiro, porém, apresenta como desvantagem a rápida decomposição e liberação de nutrientes, ocorrendo entre 10 e 20 dias após o manejo das plantas, sendo recomendada a implantação da cultura subsequente logo após o manejo das plantas de cobertura (CRUSCIOL et al., 2005). As vantagens do uso do nabo forrageiro são: alta capacidade de extrair nutrientes de camadas mais profundas do solo, desenvolvimento inicial rápido, elevada produção de matéria seca e ciclo curto, viabilizando a semeadura da cultura do milho em sucessão nos meses de agosto e setembro (SILVA et al., 2006a).

Considerando as desvantagens das plantas de cobertura citadas anteriormente, uma estratégia capaz de reduzir esses problemas com as culturas puras seria o consórcio entre espécies de plantas de cobertura do solo, alcançando valor intermediário da relação C/N (DONEDA et al., 2012).

Diferentes culturas de cobertura poderão acumular diferentes quantidades de material vegetal no solo, com efeito sobre a cultura subsequente (MORAES et al., 2009). A taxa de decomposição de resíduos vegetais está relacionada à sua relação C/N, por isso espécies não gramíneas como ervilhaca e nabo forrageiro possuem maior taxa de decomposição, quando comparadas com gramíneas como aveia preta (CERETTA et al., 2002).

Ao avaliarem plantas de cobertura mortas de inverno (tremoço-branco, chícharo, trigo, aveia-preta, nabo-forrageiro e pousio), através do controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho, Martins et al. (2016) concluíram que a aveia-preta é eficiente na supressão das plantas daninhas monocotiledôneas e eudicotiledôneas no sistema de plantio direto, podendo dispensar o uso de herbicidas para o controle das plantas daninhas.

2.5 MÉTODOS DE MANEJO DE PLANTAS DE COBERTURA

O manejo dos restos culturais e das plantas de cobertura pode ser efetuado por métodos mecânicos ou químicos. No método mecânico destacam-se roçadora, rolo faca, grade de discos, enxada rotativa e triturador de palhas, enquanto que no químico, tem o uso do glifosato, sendo este manejo o que apresenta a maior capacidade operacional de trabalho (TABILE et al., 2007).

O manejo mecânico da vegetação pode ser realizado durante a colheita da cultura principal, com o uso de picadores de palha acoplado as colhedoras, porém, esse manejo deve ser realizado por equipamentos próprios para essa finalidade, como o triturador de palhas, roçadora, rolo faca e grade de discos, ficando este último descartado no sistema de plantio direto (FURLANI et al., 2003).

As roçadoras são muito utilizadas nos sistemas conservacionistas, destinadas ao corte de pastagens ou plantas de cobertura, sendo de grande importância para a conservação do meio ambiente, onde contribuem com a menor utilização de produtos químicos e diminuem a compactação do solo (VALE et al., 2011). No entanto, apresentam a desvantagem de não conseguirem distribuir de maneira uniforme a palha sobre o solo.

Segundo Cortez et al. (2009) o rolo faca promove o acamamento ou até mesmo o corte dos restos culturais, facilitando a inserção de massa verde ao sistema. Além disso, o rolo faca promove pouca fragmentação do material vegetal, variando o tamanho dos fragmentos entre 200 e 300 mm, dependendo do modelo do implemento utilizado (ARAÚJO E RODRIGUES, 2000).

Outra máquina utilizada no manejo de plantas de cobertura é o triturador de palha, cuja função é cortar/triturar e distribuir de maneira eficiente e uniforme os resíduos sobre o solo (FURLANI et al., 2003). O tamanho dos fragmentos pode ser alterado de acordo com a velocidade de operação, onde, na velocidade de 5 km h^{-1} , os fragmentos de aveia podem variar de 50 a 150 mm de comprimento, acelerando a decomposição (ARAÚJO E RODRIGUES, 2000). Além disso, os fragmentos menores da palha podem ser levados pela semeadora até o fundo do sulco, formando bolsões de ar,

impedindo o adequado contato entre o solo e a semente, prejudicando a germinação (ARATANI et al., 2006).

As plantas de cobertura de solo também podem ser manejadas quimicamente através da aplicação de herbicidas não seletivos, porém apresentam custos elevados (BERTONHA et al., 2015). No entanto, o manejo químico é o mais utilizado devido a sua alta eficiência operacional e controle não só da planta de cobertura, mas também de plantas daninhas presentes na lavoura (MODOLO et al., 2019). Além disto, a época de dessecação antecedendo o plantio se apresenta como uma prática de manejo importante, podendo interferir na liberação dos nutrientes presentes na palhada (MONQUERO et al., 2010).

Ao compararem o manejo químico e mecânico da palha de cobertura na cultura do milho, Muraishi et al. (2005), obtiveram maior rendimento de grãos quando o manejo das culturas de cobertura foi realizado mecanicamente, por meio de um triturador de palha, atribuindo este fato a maior fragmentação dos vegetais, onde fragmentos menores se decompõem mais rápido, liberando rapidamente nutrientes às plantas.

2.6 ÉPOCAS DE MANEJO DE PLANTAS DE COBERTURA

A época de manejo das plantas de cobertura pode influenciar expressivamente a plantabilidade e o desempenho agrônomo da cultura em sucessão (FRANCHINI et al., 2015). A depender da quantidade de massa, a semeadura da cultura subsequente pode ser difícil, quando realizada logo após a dessecação (BALBINOT JUNIOR et al., 2011). A grande quantidade de palha na superfície do solo eleva os índices de patinação do trator ao realizar a semeadura, assim como tende a provocar embuchamento com a palha acumulada entre as linhas da semeadora (ARATANI et al., 2006).

Segundo Balbinot Junior et al. (2007), a palha de gramíneas possui elevada relação C/N, por essa razão, é indicado um intervalo mínimo de 20 dias entre o manejo das plantas de cobertura e a semeadura da cultura do milho, evitando assim a coincidência entre o momento de maior imobilização de N pela palha em decomposição e o maior requerimento de N pela cultura. Os

autores ainda afirmam que deve ser tomado o cuidado para que o intervalo entre o manejo da planta de cobertura e a semeadura da cultura seguinte não proporcione a elevada infestação de plantas daninhas, as quais irão utilizar os recursos do meio e prejudicar a cultura.

De acordo com Modolo et al. (2019), a antecipação de 30 a 40 dias ou o manejo realizado no dia da semeadura facilita o corte da palhada, porém, quando o manejo ocorre em um intervalo de tempo intermediário aos mencionados anteriormente, os resíduos podem se encontrar murchos, reduzindo a eficiência no corte e promovendo o embuchamento da semeadora. Copetti (2015) afirma que para o corte adequado as coberturas devem estar secas ou verdes, pois as que se encontram murchas apresentam maior resistência ao corte.

Considerando os tipos de manejo, Araújo & Rodrigues (2000) afirmam que o manejo mecânico é eficiente apenas quando realizado no estágio correto de desenvolvimento da planta de cobertura, ou seja, quando a produção de massa vegetal atinge o máximo e a rebrota é reduzida. Quando o manejo é antecipado, resulta em rebrota intensa da espécie e, posterior, na formação de sementes viáveis e competição com a cultura seguinte. Em contrapartida, o manejo químico para ser eficiente não depende do estágio da planta, possibilitando sua utilização em diversas situações (Araújo e Rodrigues, 2000).

Ao avaliarem quatro épocas de dessecação de *Brachiaria decumbens* antecedendo o plantio da soja (28, 14, 7 e 0 dias antes do plantio), Nunes et al. (2009) observaram que a época mais adequada para o manejo químico dessa espécie situa-se entre 7 e 14 dias antes da semeadura da soja e a escolha da época de manejo químico dessa cobertura vegetal afeta de forma decisiva o desenvolvimento da cultura e a dinâmica populacional das plantas daninhas.

Realizando trabalho semelhante, onde a aveia-preta foi dessecada em cinco épocas antes do plantio do milho (28, 21, 14, 7 e 0 dias), Kaefer et al. (2012) concluíram que o manejo da aveia-preta próximo à semeadura do milho (7 dias) ou simultaneamente (0 dias) proporcionaram menores incidências de plantas daninhas. Os autores recomendam ter cuidado no manejo muito próximo a semeadura, pois pode acarretar em uma

concorrência inicial por água e também pode haver dificuldades no corte da palha, afetando a distribuição e o contato da semente com o solo.

2.7 PARÂMETROS DE PLANTABILIDADE

O sistema plantio direto é considerado uma técnica conservacionista, visando o mínimo revolvimento do solo, rotação de culturas e manutenção do solo coberto (cultura ou palhada). Porém, ainda é incerta a quantidade ideal de resíduos necessários para a cobertura do solo que não prejudique a germinação e o desenvolvimento da cultura, nem o desempenho do conjunto trator semeadora-adubadora, devido à embuchamentos nos mecanismos sulcadores e patinagem do trator (HERZOG et al., 2004).

A plantabilidade pode ser definida como uma melhor distribuição das sementes tanto em profundidade quanto em relação à distância entre as plantas nas linhas e entrelinhas, tornando-se fatores essenciais para aumentos na produtividade do milho (MANTOVANI et al., 2015).

Diversos fatores influenciam o estabelecimento da população de plantas e a produtividade média da cultura no sistema de plantio direto, onde se pode destacar o tipo de mecanismo sulcador utilizado (MODOLO et al., 2019), o sistema dosador (OLIVEIRA et al., 2009) e a velocidade de trabalho (BOTTEGA et al., 2014).

Segundo Germino e Benez (2006), as semeadoras-adubadoras existentes no mercado brasileiro possuem basicamente dois tipos de abertura de sulco: o sulcador tipo disco duplo e do tipo haste. Reis et al. (2006) afirmam que as hastes proporcionam maior mobilização do solo nos sulcos de semeadura quando comparadas aos discos duplos. Apesar disso, são mais baratas e requerem menor pressão para penetração no solo.

Além disso, o mecanismo sulcador pode atuar deixando o solo descoberto, tornando vulnerável a erosão e a propagação de plantas daninhas. Sendo assim, a quantidade de palha, seu tamanho e posicionamento sobre o solo, podem afetar o desenvolvimento e a produtividade da cultura, onde o comportamento da semeadora-adubadora, suas regulagens e ação eficiente,

afetam diretamente a germinação e a emergência da cultura (CEPIK et al., 2010).

O mecanismo sulcador influencia também na profundidade de deposição das sementes, a qual pode afetar a germinação, sendo condicionada pela temperatura, teor de água e tipo de solo. Sendo assim, a semente deve ser colocada em uma profundidade que possibilite um bom contato com o solo úmido, o que resultará em uma boa germinação (SILVA et al., 2008).

O mecanismo dosador de sementes e a velocidade de trabalho influenciam na qualidade de distribuição de sementes na linha de plantio. A irregularidade na distribuição nas linhas pode reduzir a eficiência no aproveitamento da água, luz e nutrientes, aumentando o número de plantas com desenvolvimento fenológico atrasado, com colmo frágeis, que se apresentam dominadas na lavoura, produzindo espigas pequenas (SANGOI et al., 2012).

Machado et al. (2019) estudando a influência da velocidade de deslocamento (5, 7 e 9 km h⁻¹) e mecanismos dosadores de sementes (mecânico e pneumático) na cultura do milho observaram que o aumento na velocidade de deslocamento influenciou na redução de espaçamentos aceitáveis, número de plantas, número de plantas com espiga e elevação de espaçamentos falhos e múltiplos.

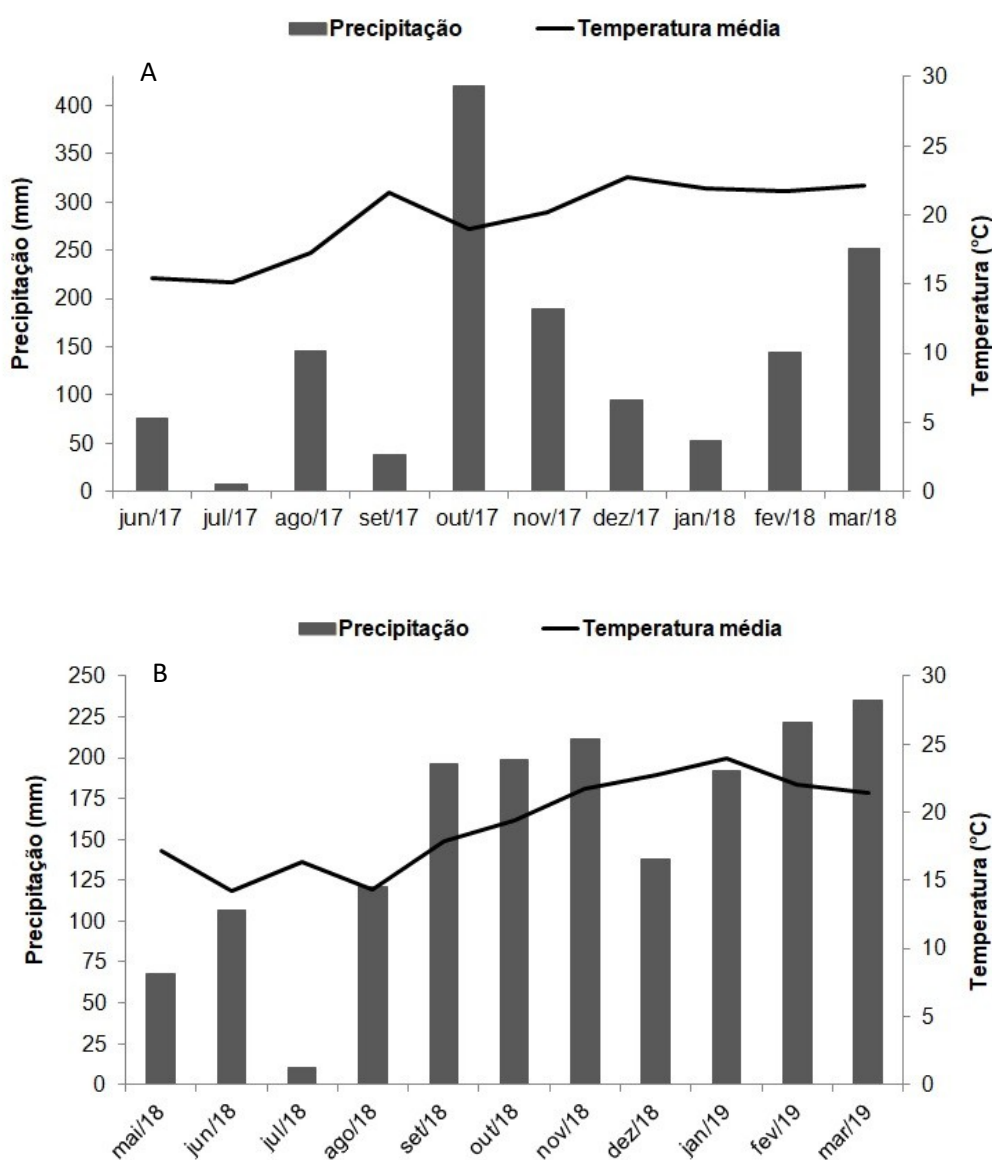
Avaliando em um Latossolo Vermelho Distroférrico a regularidade de distribuição longitudinal de sementes de milho em função do tipo de dosador de sementes (pneumático e disco alveolado) em três velocidades de deslocamento (4,9; 5,8 e 7,0 km h⁻¹), Oliveira et al. (2009) observaram que o sistema pneumático apresentou melhor distribuição longitudinal de sementes quando comparado ao sistema com disco alveolado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA, LOCAL E SOLO

O clima é classificado como subtropical úmido do tipo Cfa, conforme Köppen. A precipitação e a temperatura média ocorrida ao longo dos dois anos de experimento são apresentadas na Figura 1.

Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura (°C) nas safras 2017/2018 (A) e 2018/2019 (B). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



Fonte: Sistema Meteorológico do Paraná (Simepar).

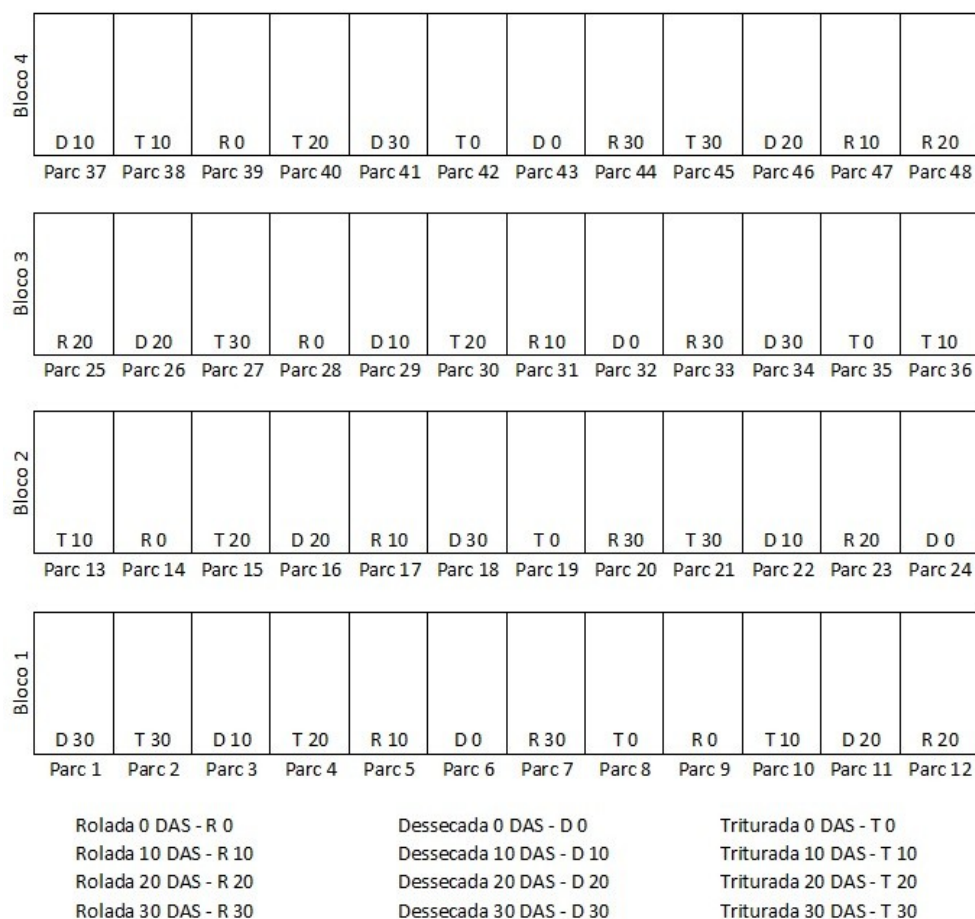
A área está localizada no município de Pato Branco – PR, nas coordenadas 26°16'36"S e 52°41'20"W, com altitude média de 760 m e declividade máxima de 3%. A área experimental está sendo cultivada no sistema plantio direto há mais de vinte anos, com as culturas da soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*) no verão e com aveia preta (*Avena strigosa*) ou azevém (*Lolium multiflorum*) no inverno.

O experimento foi conduzido durante as safras agrícolas 2017/2018 e 2018/2019, em Latossolo Vermelho Distroférico típico (Embrapa, 2018), com textura muito argilosa, cujas características químicas na camada de 0,0 - 0,20 m de profundidade foram: $MO_{(Walkley-Black)} = 60,31 \text{ gdm}^{-3}$; $P_{(Mehlich I)} = 10,98 \text{ mgdm}^{-3}$; $K_{(Mehlich I)} = 0,65 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$; $pH_{(CaCl_2)} = 4,60$; Índice SMP: 5,60; $Al^{+3}_{(1 M KCl)} = 0,11 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$; $H+Al = 7,13 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$; $Ca^{2+}_{(1 M KCl)} = 3,80 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$; $Mg = 1,50 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$; SB: $5,95 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$; V= 45,49% e Saturação por Alumínio: 1,82%.

3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso composto por doze tratamentos arranjados em esquema fatorial 3 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pela combinação entre três manejos de palha de aveia preta (triturada, rolada e dessecada) e quatro épocas de manejo (0, 10, 20 e 30 dias antes da semeadura do milho). A área foi dividida em quatro blocos casualizados, totalizando quarenta e oito unidades experimentais, cada uma com área de 74 m^2 (3,7 x 20 m), considerando a parte central de cada unidade experimental como área útil para as avaliações (21 m^2), com espaçamento de 10 metros entre blocos, utilizados para manobra e estabilização do conjunto motomecanizado (Figura 2).

Figura 2. Croqui de campo com a disposição dos tratamentos. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



3.3 SEMEADURA DA AVEIA E MANEJO DA PALHA

Para a primeira safra agrícola, a semeadura da aveia preta foi realizada no dia 12/06/2017 e a segunda safra, em 22/05/2018 utilizando a cultivar Embrapa 139, na densidade de 350 sementes m⁻², sem adubação de base e cobertura.

Foi utilizada uma semeadora marca Semeato[®], com dosador de sementes do tipo rotor acanalado helicoidal, que distribuem as sementes de forma contínua, com treze linhas de plantio, espaçadas entre si a 0,17 metros, profundidade de plantio de 3 cm.

Os manejos de palha foram realizados utilizando os seguintes equipamentos: palha triturada, trator mais o triturador de palhas, marca Jan/Triton[®] 1800, com largura de corte de 1,8 m (Figura 3A); palha rolada,

trator mais o rolo faca marca Triton[®], com 1,2 m de largura de trabalho (Figura 3B); palha dessecada com pulverizador marca Jacto[®], com barra de 12 m de comprimento e tanque com capacidade de 600 L (Figura 3C). Foi utilizado o herbicida Zapp QI (glifosato potássico) na dose 1,1 L ha⁻¹ de produto comercial, com 200 L ha⁻¹ de volume de calda. As épocas de realização dos manejos são apresentadas na Tabela 1.

Figura 3. Implementos utilizados no manejo de palha de aveia preta: triturador de palha (A), rolo faca (B) e pulverizador (C). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

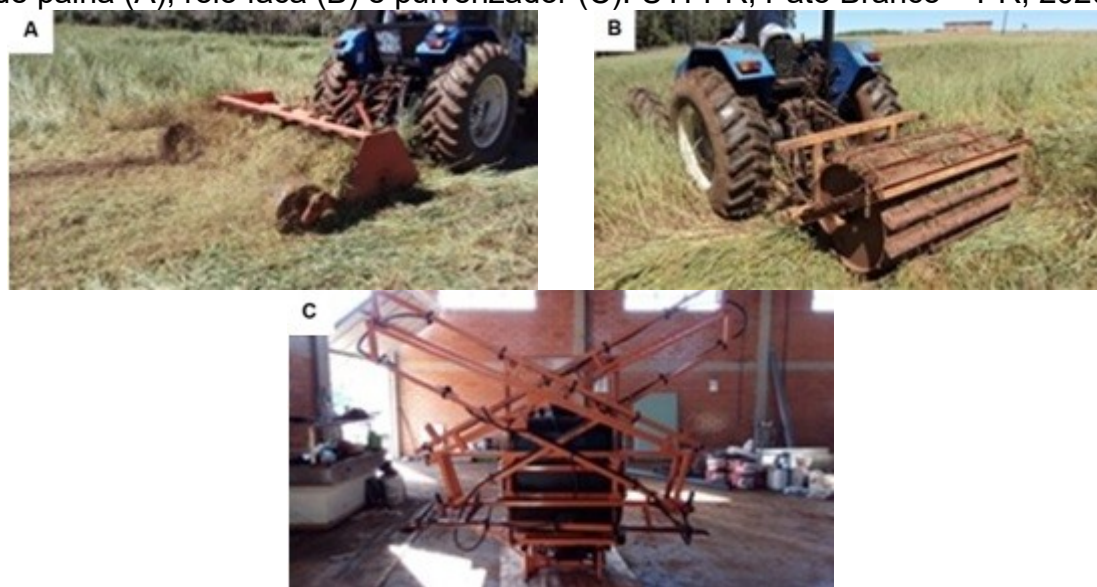


Tabela 1. Épocas de manejos das plantas de aveia nos dois anos de experimento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Época de manejo	Safra 2017/2018	Safra 2018/2019
30 dias antes da semeadura	02/09/2017	05/09/2018
20 dias antes da semeadura	12/09/2017	15/09/2018
10 dias antes da semeadura	22/09/2017	25/09/2018
0 dia da semeadura	04/10/2017	05/10/2018

3.4 SEMEADURA DO MILHO E TRATOS CULTURAIS

O híbrido de milho utilizado foi o Pioneer 30F53VYH, com biotecnologia LEPTRA, germinação mínima de 85% e pureza de 98%. Tem como principais características a alta resposta ao manejo, fertilidade e uso de fungicidas, recomendação de população de plantas de 65 a 80 mil plantas finais por hectare (PIONEER SEMENTES, 2016).

Para a semeadura da cultura do milho foi utilizada uma semeadora-adubadora de plantio direto, marca Vence Tudo[®], modelo SA 14600, com dosador de sementes do tipo mecânico (disco horizontal), com cinco linhas de plantio, espaçadas a 0,70 metros entrelinhas, com sulcadores de sementes tipo discos duplos defasados com 356 mm (14") de diâmetro e rodas compactadoras convexas de borracha com 330 mm (13") de diâmetro e 170 mm de largura. A regulagem da máquina foi realizada com o objetivo de obter uma população final de 70.000 plantas por hectare.

Para tracionar a semeadora-adubadora foi utilizado um trator New Holland[®], modelo TL85E, 4x2 Tração Dianteira Auxiliar (TDA), com potência máxima de 57,4 kW (78 cv) no motor a 2.400 RPM, com rodado de pneus.

As adubações de base e de cobertura foram realizadas, considerando a análise de solo e a estimativa de produtividade de 12 t ha⁻¹. Foram utilizados 450 kg ha⁻¹ de fertilizante granulado NPK com formulação 08-20-15 na adubação de base. Na primeira safra, a adubação de cobertura foi realizada aos 44 dias da semeadura e na segunda safra aos 34 dias da semeadura. Foram utilizados 200 kg ha⁻¹ de ureia com 45% de nitrogênio em sua formulação.

Os tratos culturais foram realizados conforme a recomendação para a cultura do milho, sendo realizados em toda a área experimental no mesmo dia, sendo utilizados os produtos descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Relação dos produtos utilizados nos tratos culturais da cultura do milho, nos dois anos de experimento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Agrotóxico	Aplicação	Número de aplicações		Volume de calda (L ha ⁻¹)
		Safra 2017/2018	Safra 2018/2019	
Engeo Pleno	Inseticida	3	3	200
Zapp QI	Herbicida	2	-	200
Nativo	Fungicida	1	-	200
Glifosato Atanor 48	Herbicida	-	1	200
Sphere Max	Fungicida	-	1	200

3.5 PARÂMETROS AVALIADOS

3.5.1 Resistência do solo à penetração

A resistência à penetração foi realizada com um penetrômetro digital da marca Falker® (Figura 4), com ponta do tipo cone de 1,0 cm² de área. Foram realizadas aleatoriamente cinco amostras por unidade experimental antes do plantio da cultura do milho, obtendo-se os valores nas camadas de 0,0 a 0,4 m de profundidade. O teor de umidade do solo no primeiro e segundo ano de avaliação foi de 40 e 44%, respectivamente.

Figura 4. Penetrômetro utilizado para coleta de dados de resistência do solo a penetração. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



3.5.2 Matéria seca de aveia

A matéria seca foi analisada no dia do plantio do milho, por meio da coleta da massa de cobertura vegetal em quadrado de ferro de 0,50 m de lado e a posterior secagem do material em estufa a 60°C, até massa constante. Em seguida, foi realizada a pesagem e conversão do valor obtido para quilograma de matéria seca por hectare.

3.5.3 Profundidade de semeadura do milho

A profundidade de deposição das sementes foi determinada medindo-se o comprimento do epicótilo à semente de dez plantas por unidade

experimental. Com uma tesoura de poda foi cortada à parte aérea da planta rente ao solo e, com uma espátula, foi retirada a parte enterrada no solo.

Com uma régua graduada em milímetros foi medido o comprimento do epicótilo cortado rente à superfície do solo até a semente, que corresponde à profundidade de deposição da semente (Figura 5). A determinação da profundidade de deposição foi realizada quando as plântulas de milho apresentaram aproximadamente 10 cm de altura.

Figura 5. Avaliação da profundidade de deposição de sementes na cultura do milho. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



3.5.4 Área de solo mobilizado

Para o levantamento do perfil de solo mobilizado foi utilizado um perfilômetro (Figura 6), construído em madeira, com régua verticais graduadas em centímetros, dispostas a cada dois centímetros no sentido transversal a linha de semeadura, sendo utilizado nas três linhas centrais de semeadura, em cada unidade experimental, o levantamento de três perfis: perfil da superfície natural do solo, perfil da superfície final do solo, e perfil interno do solo mobilizado. O cálculo da área mobilizada foi obtido por meio da Equação (1). O resultado foi expresso em cm^2 .

Figura 6. Perfilômetro utilizado na avaliação da área de solo mobilizada, durante a semeadura da cultura do milho. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



$$Am = \sum (P_N - P_F) * e \quad (1)$$

Em que:

Am = área mobilizada (cm^2);

P_N = perfil da superfície natural do solo para cada ponto do perfilômetro (cm);

P_F = perfil da superfície final do solo para cada ponto do perfilômetro (cm);

e = espaçamento entre as réguas verticais (cm).

3.5.5 Índice de velocidade de emergência – IVE

O IVE foi avaliado em um comprimento de 10 metros nas três linhas centrais de semeadura de cada unidade experimental. A contagem das plântulas foi realizada diariamente até que o número de plântulas emergidas se apresentou constante. Cada planta foi considerada emergida a partir do instante em que ela rompeu o solo e pode ser vista a olho nu, de algum ângulo qualquer, conforme a metodologia proposta por MAGUIRE (1962). A partir dessas contagens, foi determinado o IVE, utilizando-se a Equação (2).

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad (2)$$

Em que:

IVE = índice de velocidade de emergência;

E1, E2, En = número de plantas emergidas, na primeira, segunda, ..., última contagem;

N1, N2, Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda, ..., última contagem.

3.5.6 Uniformidade de distribuição de plantas

O espaçamento médio entre plantas e a uniformidade de distribuição de plantas foi obtida medindo-se o espaçamento entre todas as plantas da linha central de semeadura, em cada unidade experimental. Depois de feita as leituras, foram classificados os espaçamentos em normais, duplos e falhos, como ilustra na Tabela 3, e os mesmos foram expressos em porcentagem, calculados sobre o número total verificado. A metodologia utilizada para a atribuição foi proposta por (KURACHI et al., 1989).

Tabela 3. Limites de tolerância para as variações dos espaçamentos (X_i) entre plantas e o tipo de espaçamento considerado. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Tipo de Espaçamento	Intervalo de tolerância para variação de X_i
Duplos	$X_i < 0,5 * X_{ref}$
Normais	$0,5 * X_{ref} < X_i < 1,5 * X_{ref}$
Falhos	$X_i > 1,5 * X_{ref}$

X_i = espaçamento entre plantas obtido a campo.

X_{ref} = valor de referência obtido em função do espaçamento e população de plantas.

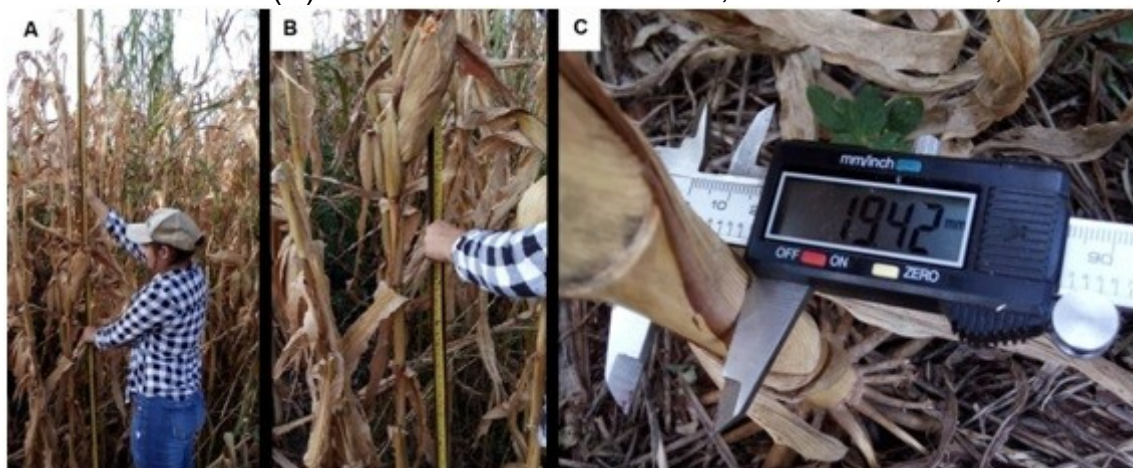
3.5.7 População de plantas

A população de plantas foi avaliada pelo número de plantas existente na área útil de cada unidade experimental em duas fases de desenvolvimento da cultura. Aos 30 dias após a semeadura e no momento da colheita. O resultado numérico final foi ajustado para o número de plantas por hectare.

3.5.8 Altura de plantas, de inserção de espigas e diâmetro do colmo

A altura de plantas foi realizada juntamente com a contagem da população de plantas, aos 30 dias após a semeadura e no momento da colheita. Foram medidas 10 plantas em cada unidade experimental com o auxílio de uma régua graduada em centímetros (Figura 7A).

Figura 7. Avaliação de altura de plantas (A), altura de inserção da espiga (B) e diâmetro do colmo (C) da cultura do milho. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



No período de maturação fisiológica da cultura, foi medida a altura de inserção das espigas em 10 plantas presentes na área útil, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros (Figura 7B). No mesmo período e nas mesmas plantas, avaliou-se o diâmetro de colmo com auxílio de um paquímetro digital, medindo-se o segundo entrenó acima do solo (Figura 7C).

3.5.9 Componentes de rendimento do milho

Os componentes de rendimento da cultura do milho foram realizados em 10 espigas coletadas aleatoriamente em cada unidade experimental das quais foram avaliados: o diâmetro da espiga (Figura 8A) com o uso de um paquímetro digital, o comprimento da espiga (Figura 8B) com uma régua graduada em milímetros, o número de fileiras por espiga (Figura 8C) e o número de grãos por fileiras (Figura 8D).

Figura 8. Componentes de rendimento avaliados na cultura do milho: diâmetro da espiga (A), comprimento da espiga (B), número de fileiras por espiga (C) e número de grãos por fileira (D). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



A prolificidade foi obtida pela divisão do número de espigas na área útil pelo número de plantas na mesma área, indicando número médio de espigas por planta.

Após a debulha manual das espigas utilizadas para avaliar os componentes de rendimento, foi determinada a massa de mil grãos por meio de oito amostras de 100 grãos tomadas ao acaso, de cada parcela, as quais foram submetidas à pesagem e correção da umidade para 13%.

3.5.10 Produtividade de grãos

A produtividade foi obtida pela pesagem dos grãos colhido da área útil e extrapolação para um hectare, sendo que a colheita foi realizada manualmente e a debulha realizada por um debulhador de cereais (Figura 9).

Figura 9. Debulhador de cereais utilizado no experimento. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



3.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando se observou diferença significativa ($p \leq 0,05$), as médias dos métodos de manejo foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para o fator épocas de manejo, foi adotada a análise de regressão polinomial, sendo os modelos selecionados, pelo critério de maior R^2 e a significância ($p \leq 0,05$) dos parâmetros da equação, utilizando o programa estatístico Genes (Cruz, 2013).

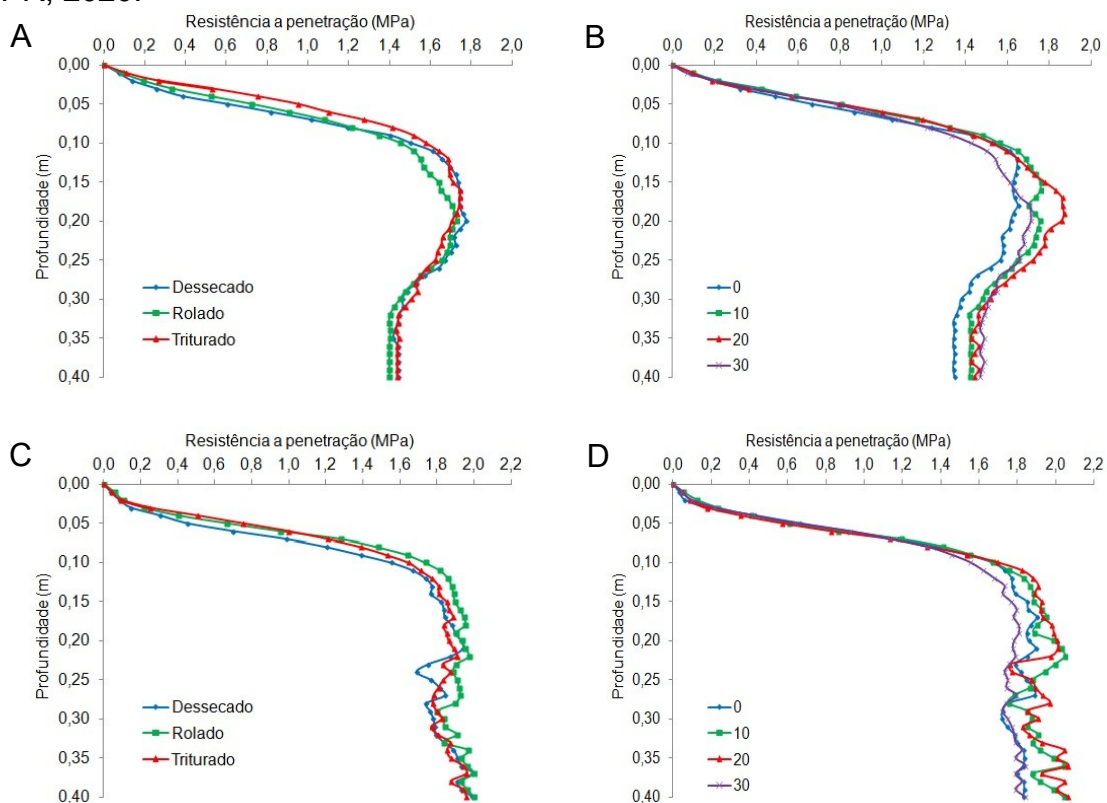
Os dados de plantabilidade, bem como os resultados da análise morfoagronômicas foram submetidas a uma análise de componentes principais utilizando o programa estatístico R (RStudio Team, 2020). Para minimizar o efeito da escala, os dados foram submetidos a uma transformação onde os dados brutos foram subtraídos da média e divididos pelo desvio-padrão, gerando scores padrão (ZUBER et al., 2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESISTÊNCIA DO SOLO A PENETRAÇÃO

Observa-se valores semelhantes da resistência do solo a penetração para os métodos e as épocas de manejo das plantas de cobertura nos dois anos do experimento (Figura 10), demonstrando que não houve interferência dos tratamentos na resistência a penetração.

Figura 10. Resistência do solo à penetração (MPa) em função dos métodos de manejo da aveia (A) e épocas de manejo (B) na safra 2017/2018, manejo da aveia (C) e épocas de manejo (D) na safra 2018/2019. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



Tavares Filho e Ribon (2008) afirmam que o monitoramento do solo através da resistência a penetração é uma maneira prática para avaliar os efeitos dos diferentes sistemas de manejo na estrutura do solo e no desenvolvimento radicular das culturas, o que permite pesquisas e avaliações na propriedade rural.

Drescher et al. (2012), afirmam que, ao utilizar o penetrômetro, é possível diferenciar as camadas com maior resistência a penetração, dessa forma, perceber a presença ou não da compactação do solo, o grau da compactação e a profundidade da camada compactada, com essas informações definir a melhor estratégia para a descompactação.

Os valores considerados críticos da resistência à penetração levam em consideração a textura, densidade e o manejo do solo, podendo variar de 1,5 a 4,0 MPa, onde o valor de 2,0 MPa é considerado como impeditivo ao crescimento radicular (TORMENA et al., 1998). Nos dois anos do experimento, os valores da resistência à penetração foram inferiores a 2,0 MPa, demonstrando que a resistência não foi um fator impeditivo para o pleno desenvolvimento da cultura.

Foram observados no momento da avaliação da resistência a penetração, valores de umidade gravimétrica do solo de aproximadamente 40 e 44% nas safras agrícolas 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente. Esses teores de umidade estão no ponto de plasticidade do solo, onde a força de coesão é menor e a força de adesão se torna maior, pois o solo se adere com mais facilidade a semeadora, dificultando o processo de semeadura. Porém, com o solo mais úmido, os valores da resistência à penetração tendem a ser menores.

Ao contrário do observado no presente estudo, Deperon Júnior et al. (2016) trabalhando em um Argissolo Amarelo de textura arenosa, avaliando níveis de compactação sobre atributos físicos e o desempenho agrônômico da cultura do milho, observaram que o aumento da resistência à penetração acima de 1,53 MPa reduz a matéria seca de plantas e a produtividade de grãos de milho. Quando este valor ultrapassa 2,18 MPa ocorre redução da matéria seca de raízes. Freddi et al. (2009) ao avaliarem seis níveis de compactação do solo e dois híbridos de milho em Latossolo Vermelho, observaram que com o aumento da resistência do solo à penetração de 0,87 a 2,15 MPa, na profundidade de 0-20 cm, a produtividade de grãos reduziu em 23%.

Costa et al. (2011) ao avaliarem em um Latossolo Vermelho o efeito de sistemas de manejo (rotação e sucessão de culturas) e adubações (mineral, orgânica e organomineral) sobre as propriedades físicas do solo e a produtividade do milho, observaram que a rotação de culturas promoveu

redução na densidade e resistência do solo a penetração e elevação na macroporosidade e porosidade total, destacando-se assim a importância do uso contínuo de plantas de cobertura no sistema plantio direto.

4.2 PARÂMETROS DE PLANTABILIDADE

A matéria seca das plantas de cobertura apresentaram diferenças significativas tanto para os manejos quanto para as épocas na safra 2017/2018, enquanto que na safra 2018/2019, os tratamentos empregados não apresentaram diferenças significativas. A profundidade de deposição de sementes e a área de solo mobilizada não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos em nenhuma das safras estudadas. O índice de velocidade de emergência apresentou diferenças significativas para os manejos e para as épocas na safra 2017/2018, enquanto que na safra 2018/2019 apenas as épocas apresentaram diferenças significativas. Nenhuma variável apresentou interação significativa entre épocas e manejos nas duas safras (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância da matéria seca (MS), profundidade de deposição de sementes (PS), área de solo mobilizada (AM) e índice de velocidade de emergência (IVE) nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em função de épocas e métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

FV	GL	MS	PS	AM	IVE
Saфра 2017/2018					
Blocos	3	215,10	1,18	340,07	3,18
Manejos (M)	2	358,79*	1,21 ^{ns}	88,93 ^{ns}	9,88*
Épocas (E)	3	1502,00*	0,85 ^{ns}	204,74 ^{ns}	5,08*
M x E	6	133,92 ^{ns}	0,62 ^{ns}	122,01 ^{ns}	1,75 ^{ns}
Resíduo	33	108,03	0,72	127,47	0,91
CV (%)		16,79	13,97	20,47	6,02
Saфра 2018/2019					
Blocos	3	7224388	0,13	419,57	1,87
Manejos (M)	2	75100 ^{ns}	1,41 ^{ns}	20,90 ^{ns}	2,62 ^{ns}
Épocas (E)	3	376566 ^{ns}	0,51 ^{ns}	14,10 ^{ns}	3,19*
M x E	6	1358833 ^{ns}	0,24 ^{ns}	67,37 ^{ns}	0,51 ^{ns}
Resíduo	33	1106788	0,47	59,89	0,86
CV (%)		26,58	12,99	15,20	4,20

^{ns}: não significativo ao nível de 5% de probabilidade. *: significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Gomes (1990), os coeficientes de variação 16,79 e 26,58% são considerados médio e alto, respectivamente, para as safras 2017/2018 e 2018/2019, porém são justificáveis devido à variação da matéria seca coletada a campo variar muito em relação à média, já a profundidade de deposição de sementes e a área de solo mobilizada apresentaram coeficientes de variação considerados médios, e o índice de velocidade de emergência apresentou coeficiente de variação baixo (Tabela 3).

4.2.1 Matéria seca de aveia

A matéria seca da aveia presente na área apresentou médias de 4.508,38 kg ha⁻¹ para o manejo dessecado, 4.140,56 kg ha⁻¹ para o rolado e 3.477,93 kg ha⁻¹ para o triturado na safra 2017/2018 (Tabela 5). Estas diferenças são explicadas pela forma de manejo da palha, onde a palha dessecada permanece um maior tempo em pé, proporcionando um menor contato com o solo, demorando mais tempo para se decompor, apresentando assim maior valor de matéria seca. Já no manejo rolado, a palha é derrubada e cortada em pedaços maiores, onde o processo de decomposição é mais acelerado ao comparado com o manejo dessecado, proporcionando um valor intermediário na matéria seca. No manejo triturado, a palha é fragmentada em pequenos pedaços, acelerando o processo de decomposição, proporcionando um valor menor de matéria seca.

Tabela 5. Valores médios da matéria seca (MS) nas safras 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

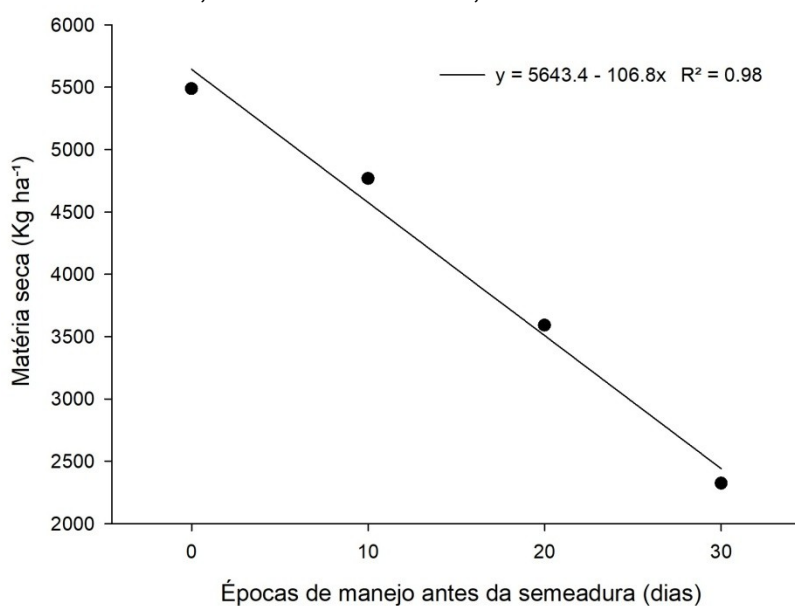
Manejos	MS (kg ha ⁻¹)
Dessecado	4.508,38 a
Rolado	4.140,56 ab
Triturado	3.477,93 b

Médias seguidas de letras diferentes divergem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quando comparadas as épocas de manejo na safra 2017/2018, a aveia manejada no dia da semeadura do milho apresentou maior valor de matéria seca (5.643,80 kg ha⁻¹) devido ao maior período que as plantas permaneceram acumulando biomassa (Figura 11). Foi observado decréscimo

diário de 106,77 kg ha⁻¹ de MS de aveia após o seu manejo, chegando a 2.440 kg ha⁻¹ de MS aos 30 dias após o manejo. Dados semelhantes foram encontrados por Kaefer et al. (2012), avaliando cinco épocas de dessecação da aveia preta (0, 7, 14, 21 e 28 dias) antecedendo o plantio do milho, os quais constataram a maior produtividade de matéria seca de aveia quando o manejo foi próximo (7 dias) ou simultâneo (0 dia) a semeadura do milho, obtendo valores de 1.870 e 2.220 kg ha⁻¹, respectivamente, de matéria seca em cada época avaliada.

Figura 11. Matéria seca de palhada de aveia preta (kg ha⁻¹) na safra 2017/2018 em função das épocas de manejo, coletada antes da semeadura da cultura do milho. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



Na safra 2018/2019 não houve diferenças significativas entre os tratamentos para matéria seca, apresentando valor médio de 3.957,50 kg ha⁻¹.

Avaliando o efeito de quatro épocas de dessecação da aveia preta (0, 15, 30 e 45 dias) antes da semeadura do milho, Modolo et al. (2019), observaram menor quantidade de matéria seca na dessecação realizada 45 dias antes da semeadura, onde os autores consideram que esse menor valor ocorreu devido ao maior tempo que as plantas permaneceram a campo sob o efeito do herbicida, antecipando o processo de decomposição em relação à dessecação realizada no dia da semeadura.

De acordo com Nunes et al. (2006), cerca de 6.000 kg MS ha⁻¹ são considerados como a quantidade mínima ideal de matéria seca para a

cobertura do solo no sistema plantio direto. Cruz et al. (2006a) recomendam para implantação e condução eficiente do sistema plantio direto a manutenção permanente de, no mínimo $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca, porém, como segurança, recomendam que sejam adotados sistemas de rotação que produzam em média $6,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ou mais de matéria seca. Se considerarmos a recomendação proposta por Cruz et al. (2006a), todos os tratamentos utilizados no experimento estariam de acordo com os padrões mínimos para o plantio direto. No entanto, para atender o proposto por Nunes et al. (2006), recomenda-se que o manejo da aveia teria que ser realizado próximo à semeadura.

4.2.2 Profundidade de deposição de sementes

A profundidade de semeadura da cultura do milho não apresentou diferenças significativas nos dois anos do experimento, apresentando valor médio de 6,1 cm na safra 2017/2018 e 5,3 cm na safra 2018/2019, demonstrando que os métodos e as épocas de manejo das plantas de cobertura não proporcionam alterações nesta variável. A ausência de diferença estatística está relacionada à utilização do sulcador tipo disco, o qual facilita o corte da palha e a baixa resistência do solo a penetração (Figura 10), fazendo com que a máquina não apresentasse problemas na semeadura.

Os valores considerados ideais para a profundidade de semeadura de milho apresentam variabilidade em função da textura do solo. De modo geral, tem sido adotado como profundidade ideal entre 3 e 5 cm para solos argilosos (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000; CRUZ et al., 2006a). Os valores encontrados no experimento estão próximos aos citados na literatura.

A profundidade de deposição das sementes deve ser considerada, pois pode afetar a germinação, sendo condicionado pela temperatura, tipo de solo e teor de água (SILVA et al., 2008). A maior profundidade de deposição gera um consumo maior de energia na emergência, porém, se a profundidade for menor, a semente estará mais susceptível a estresses hídricos (WEIRICH NETO et al., 2007).

Ao avaliarem o efeito de quatro épocas de dessecação da aveia preta (0, 15, 30 e 45 dias) antes da semeadura do milho, Modolo et al. (2019),

utilizando a mesma semeadora usada nesse experimento verificaram aumento linear na profundidade de deposição das sementes com o aumento no número de dias entre a dessecação e a semeadura. Os autores afirmam que, como a palha estava seca e em processo de decomposição no momento da semeadura, houve melhor condição de solo para que a semeadora conseguisse depositar as sementes em maiores profundidades em relação ao manejo do dia da semeadura. Outro fato a ser considerado é que os autores usaram disco duplo e haste sulcadora e no presente trabalho foi usado somente o sulcador tipo disco.

4.2.3 Área de solo mobilizada

Não foram constatadas diferenças significativas na área de solo mobilizada nos dois anos do experimento, onde a média foi de 55,15 cm² na safra 2017/2018 e 50,90 cm² na safra 2018/2019.

A área de solo mobilizada está diretamente relacionada à profundidade de semeadura e tipo de sulcador utilizado. Visto que a profundidade de semeadura não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos e que foi usado somente um tipo de sulcador nesse trabalho, consequentemente a área de solo mobilizada também não apresentou diferenças significativas.

De modo geral, a mobilização do solo obtida neste experimento apresenta valores baixos ao serem comparados com os demais valores encontrados na literatura para o mecanismo sulcador tipo disco, variando de 39,39 cm² (MODOLO et al., 2019) a 87,40 cm² (SANTOS et al., 2010), se adequando assim ao pressuposto de baixa mobilização superficial do solo preconizado pelo sistema de plantio direto.

Diversos trabalhos demonstram a diferença na área de solo mobilizada ao comparar diferentes mecanismos sulcadores (Mion et al. 2009; Levien et al. 2011; Modolo et al. 2013), profundidades de atuação dos sulcadores (Cepik et al. 2005; Cepik et al. 2010) e velocidades de deslocamento da semeadora (Silveira et al. 2011; Silveira et al. 2013), porém são poucos os trabalhos que avaliam esse parâmetro em função da palhada.

Trabalhando com diferentes níveis de palhada de aveia (0; 1; 2; 4 e 6 t ha⁻¹) e três mecanismos sulcadores (disco liso, disco corrugado e disco ondulado), Santos et al. (2010) observaram aumento na área de solo mobilizada com o aumento do nível de palhada, atribuindo esse resultado a maior umidade do solo no momento da instalação do experimento, o que permitiu maior penetração dos sulcadores. Em nosso experimento, apesar de ter ocorrido à diferença na quantidade de palha para os métodos de manejos (Tabela 5) e para as épocas de manejo (Figura 11) na safra 2017/2018, a área de solo mobilizada não apresentou diferenças no experimento, demonstrando que a quantidade de palha (até 5.500 kg ha⁻¹) não afeta a área de solo mobilizada, quando usando o sulcador do tipo disco.

Utilizando quatro formas de manejo de plantas de cobertura, Trogello et al. (2013) não observaram diferenças na área de solo mobilizada, atribuindo esse resultado ao correto funcionamento do disco de corte da palha, o qual foi lubrificado e amolado antes da instalação do experimento.

4.2.4 Índice de velocidade de emergência (IVE)

O melhor índice na safra 2017/2018 foi obtido com o manejo de palha triturada (Tabela 6), isso se deve ao maior fracionamento da palha, causando menor impedimento físico. Dados semelhantes foram obtidos por Trogello et al. (2013) ao avaliarem diferentes manejos de cobertura vegetal e velocidades de operação na cultura do milho, onde os autores afirmam que os manejos mecânicos que mais fracionaram a palha apresentam melhores índices, devido ao maior fracionamento da palha, proporcionando melhor penetração de luz e uma homogeneidade maior de temperatura e umidade na área, criando um microclima favorável a emergência da cultura.

Tabela 6. Valores médios do índice de velocidade de emergência (IVE) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Manejos	IVE
Dessecado	15,14 b
Rolado	15,87 b
Triturado	16,71 a

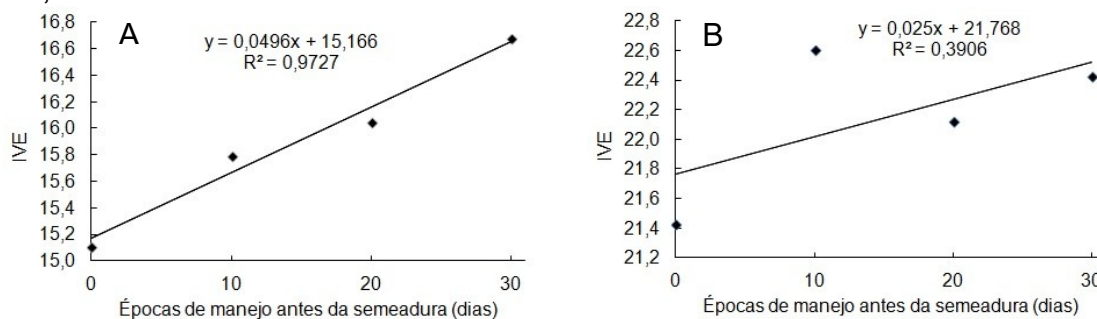
Médias seguidas de letras diferentes divergem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Já, nos manejos onde a palha foi rolada e dessecada, o método mostrou-se inadequado para estes tratamentos uma vez que, nesta análise, a planta é considerada emergida a partir do momento que pode ser vista na superfície, e como há uma grande quantidade de palha nestes manejos, pode ter ocorrido um atraso no aparecimento da planta na superfície.

Os métodos de manejo não apresentaram diferenças significativas na safra 2018/2019 para o IVE, apresentando o valor médio de 22,14. O maior IVE obtido no segundo ano do experimento está relacionado com a melhor distribuição da chuva (Figura 1) (198 mm no mês de outubro de 2018), onde podemos observar que na safra anterior houve um excesso de chuva (420 mm no mês de outubro de 2017), prejudicando a emergência.

As épocas de manejo antes da semeadura afetaram o índice de velocidade de emergência, apresentando regressão linear, sendo o menor índice registrado na época 0, ou seja, simultaneamente o manejo e a semeadura, e o maior índice foi obtido na época 30 dias (Figura 12). Os manejos realizados no dia da semeadura apresentaram valores menores devido a maior quantidade de palha sobre o solo nessa época, dificultando o aparecimento da planta na superfície.

Figura 12. Índice de velocidade de emergência (IVE) de plantas de milho safra 2017/2018 (A) e safra 2018/2019 (B) em função das épocas de manejo de aveia preta antes da semeadura da cultura do milho. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



Segundo Trezzi et al. (2006), o aumento dos níveis de palha no solo promove a redução do IVE devido ao sombreamento e a manutenção da menor amplitude térmica nessas condições.

De acordo com Weirich Neto et al. (2007), as plantas que emergem em diferentes velocidades, além de sofrerem um estresse inicial,

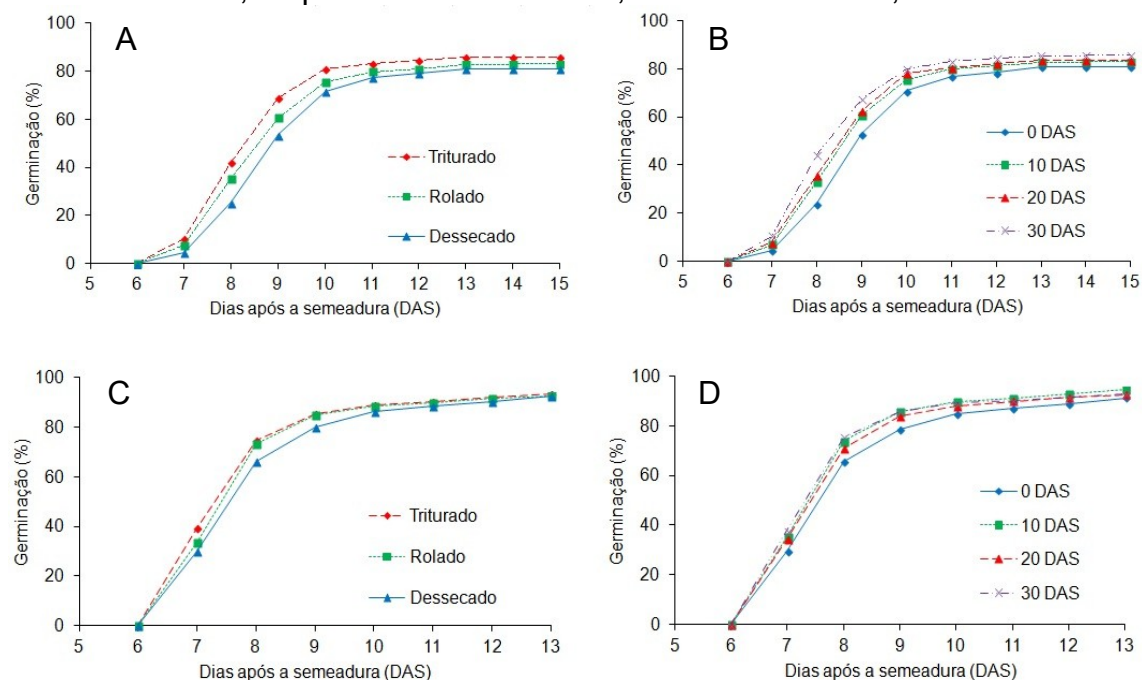
podem ter a taxa fotossintética restringida devido ao sombreamento ou ter a polinização afetada.

Sendo assim, quanto maior for o valor do IVE e mais homogêneo entre os tratamentos, mais rápida será a emergência da plântula, ficando menos tempo a plântula dependente das reservas da semente.

4.2.5 Marcha de emergência

A marcha de emergência das plantas de milho foi semelhante para os métodos e as épocas de manejo da aveia nos dois anos do experimento, onde a emergência iniciou aos sete dias após a semeadura e estabilizou aos treze dias após a semeadura. A germinação média foi de 83% na safra 2017/2018 e 93% na safra 2018/2019 (Figura 13).

Figura 13. Marcha de emergência da cultura do milho para os métodos de manejo (A e C), épocas de manejo de aveia preta (B e D) na safra 2017/2018 e safra 2018/2019, respectivamente. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



A marcha de emergência mostra a porcentagem de germinação das sementes a campo, onde é possível observar o efeito dos métodos e das épocas de manejo sobre a cultura do milho. A maior porcentagem de germinação obtida na safra 2018/2019 é consequência da menor precipitação pluviométrica no mês de outubro de 2018 (198 mm), favorecendo a

germinação. Já na safra 2017/2018, houve um excesso de precipitação pluviométrica em outubro de 2017 (420 mm), causando estresse nas sementes, reduzindo a porcentagem de germinação.

Avaliando diferentes métodos de manejo das plantas de cobertura (rolo faca, triturador e herbicida), Cortez et al. (2009) não encontraram diferenças no número de dias para a emergência das plântulas, onde os autores indicam que se pode optar por qualquer manejo. Fato observado também em nosso estudo, onde qualquer manejo pode ser adotado, pois não interferem no número de dias para emergência.

4.2.6 Uniformidade de distribuição de plantas

Os métodos de manejo não apresentaram diferenças significativas para os espaçamentos entre plantas, demonstrando a boa capacidade da semeadora em trabalhar em condições distintas de palha de aveia. Já, as épocas de manejo da palha de aveia influenciaram significativamente os espaçamentos normais na safra 2017/2018 e os espaçamentos falhos na safra 2018/2019 (Tabela 7), mas nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para os espaçamentos duplos (ED), espaçamentos normais (EN), espaçamentos falhos (EF) e uniformidade de distribuição (UD) nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em função de épocas e métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

FV	GL	ED	EN	EF	UD
		Safra 2017/2018			
Blocos	3	21,52	1102919	2,04	0,63
Manejos (M)	2	5,84 ^{ns}	938327 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Épocas (E)	3	82,28 ^{ns}	5824583*	1,25 ^{ns}	0,15 ^{ns}
M x E	6	7,86 ^{ns}	796457 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,43 ^{ns}
Resíduo	33	32,87	1176038	0,65	0,14
CV (%)		56,37	16,54	28,04	7,16
Safra 2018/2019					
Blocos	3	14,28	24,65	17,84	0,35
Manejos (M)	2	18,27 ^{ns}	22,50 ^{ns}	2,32 ^{ns}	0,15 ^{ns}
Épocas (E)	3	27,55 ^{ns}	45,56 ^{ns}	17,29*	0,20 ^{ns}
M x E	6	10,83 ^{ns}	9,55 ^{ns}	2,07 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Resíduo	33	30,42	37,03	5,61	0,11
CV (%)		22,59	8,51	57,92	5,07

^{ns}: não significativo ao nível de 5% de probabilidade. *: significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Os espaçamentos duplos apresentaram valores médios de 10,2 e 24,4% nas safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente. Os espaçamentos falhos apresentaram valores médios de 9,2 e 4,1% nas safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente. De acordo com Sangoi et al. (2012), a distribuição irregular de sementes nas linhas pode reduzir o aproveitamento de água, luz e nutrientes, aumentando o número de plantas com desenvolvimento retardado, colmos frágeis, que se apresentam dominadas na lavoura, produzindo espigas pequenas.

Os espaçamentos normais foram de 80,6% na safra 2017/2018 e 71,5% na safra 2018/2019. De acordo com a classificação proposta por Tourino e Klingensteiner (1983), o bom desempenho na semeadura acontece quando é alcançada de 75 a 90% de espaçamentos normais, fato observado na safra 2017/2018. Entretanto, na safra 2018/2019, o desempenho obtido na semeadura é considerado regular (50 a 75%).

Weirich Neto et al. (2012) ao avaliarem a influência do manejo mecânico da palha de aveia com rolo destorroador antecedendo a semeadura da cultura do milho observaram que o manejo mecânico elevou significativamente os espaçamentos falhos e reduziu significativamente os espaçamentos aceitáveis, porém não alterou os espaçamentos múltiplos. Os autores alegam que o manejo mecânico pode ter alterado a germinação pelo volume de palha acumulado e pela alelopatia.

A uniformidade de distribuição de plantas não apresentou diferenças significativas, sendo obtidos os valores médios de 18,93 e 15,05 cm nas safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Trogello et al. (2013), ao avaliarem quatro métodos de manejo das plantas de cobertura (dessecado, gradeado, rolo faca e triton), onde os autores afirmam que devido às condições de solo e ambiente ideais a semeadura não afetou a uniformidade.

Segundo Silva et al. (2000), no deslocamento das sementes dentro do tubo condutor, ocorrem vibrações causadas pela movimentação da máquina, alterando o tempo de queda ao solo, como resultado, a uniformidade dos espaçamentos é afetada. Cabe ressaltar que no processo de semeadura direta, a distribuição longitudinal das sementes de maneira adequada aliada a

correta profundidade de deposição, contribui significativamente para obter um estande de plantas uniforme (ALMEIDA et al.; 2010).

4.3 DESENVOLVIMENTO DA CULTURA

Os métodos de manejo da palha apresentaram diferenças significativas para a população inicial e final de plantas apenas para a safra 2017/2018. As épocas de manejo não proporcionaram diferenças significativas em nenhuma das safras avaliadas, assim como não houve interação significativa entre os fatores estudados. Na safra 2018/2019, houve diferença estatística para o diâmetro do colmo nos manejos de planta de cobertura utilizado (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para a população inicial de plantas (POPINI), população final de plantas (POPFIN) e diâmetro do colmo (DC) nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em função de épocas e métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

FV	GL	POPINI	POPFIN	DC
		Safra 2017/2018		
Blocos	3	42365909	23863999	0,08
Manejos (M)	2	55045331*	55051631*	0,00 ^{ns}
Épocas (E)	3	22830391 ^{ns}	29079161 ^{ns}	0,01 ^{ns}
M x E	6	19825729 ^{ns}	6857018 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Resíduo	33	13381962	11739729	0,02
CV (%)		4,93	5,06	3,96
		Safra 2018/2019		
Blocos	3	22029511	18491270	3,38
Manejos (M)	2	2514838 ^{ns}	4545057 ^{ns}	4,72*
Épocas (E)	3	17714425 ^{ns}	11032940 ^{ns}	0,11 ^{ns}
M x E	6	2218401 ^{ns}	5703487 ^{ns}	0,57 ^{ns}
Resíduo	33	8803068	6921740	1,40
CV (%)		3,46	3,19	5,29

^{ns}: não significativo ao nível de 5% de probabilidade. *: significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A altura de plantas não apresentou diferenças significativas em nenhuma das safras avaliadas, já a altura de inserção de espiga apresentou diferença significativa para os manejos de plantas de cobertura utilizado na safra 2017/2018 (Tabela 9).

Tabela 9. Resumo da análise de variância para a altura de plantas aos 30 dias após a semeadura (AP30DAS), altura de plantas final (APFIN) e altura de inserção de espiga (AIE) nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em função de épocas e métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

FV	GL	AP30DAS	APFIN	AIE
		Safr 2017/2018		
Blocos	3	41,77	108,71	124,09
Manejos (M)	2	4,61 ^{ns}	70,57 ^{ns}	133,84*
Épocas (E)	3	5,55 ^{ns}	44,14 ^{ns}	19,43 ^{ns}
M x E	6	7,12 ^{ns}	26,56 ^{ns}	36,38 ^{ns}
Resíduo	33	3,31	38,06	28,94
CV (%)		6,22	2,29	3,59
		Safr 2018/2019		
Blocos	3	1,73	236,14	158,92
Manejos (M)	2	1,42 ^{ns}	3,29 ^{ns}	32,16 ^{ns}
Épocas (E)	3	3,42 ^{ns}	34,49 ^{ns}	49,85 ^{ns}
M x E	6	2,50 ^{ns}	137,13 ^{ns}	77,36 ^{ns}
Resíduo	33	2,73	44,97	35,77
CV (%)		4,07	2,57	3,74

^{ns}: não significativo ao nível de 5% de probabilidade. *: significativo ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.1 População de plantas

Na safra 2017/2018, o manejo de palha triturada apresentou maior população inicial e final de plantas, não diferindo estatisticamente do manejo com palha rolada, enquanto que as menores populações de plantas foram observadas no manejo dessecado (Tabela 10). As melhores condições para a emergência das plântulas devido ao maior fracionamento e distribuição homogênea da palha sobre a superfície proporcionada pelo manejo triturado acarretaram em maior população de plantas.

Tabela 10. Valores médios da população inicial de plantas (POPINI) e população final de plantas (POPFIN) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Manejos	POPINI (plantas ha ⁻¹)	POPFIN (plantas ha ⁻¹)
Dessecado	72.436 b	65.952 b
Rolado	73.954 ab	67.470 ab
Triturado	76.127 a	69.643 a

Médias seguidas de letras diferentes na coluna divergem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Independente do manejo utilizado, houve redução de aproximadamente 9% na população final de plantas em relação à população inicial, isso ocorre devido às diferenças na emergência das plantas, onde plantas que demoram mais para emergir, não se desenvolvem adequadamente e acabam morrendo, proporcionando a redução na população final. Dessa forma, justifica-se a recomendação superior na quantidade de sementes ao realizar a semeadura, a fim de evitar a redução da população final.

Na safra 2018/2019 a população de plantas não apresentou diferenças significativas, sendo observadas médias de 85.619 e 82.377 plantas por hectare na população inicial e população final, respectivamente. A maior população de plantas observada na safra 2018/2019 em relação à safra 2017/2018, está relacionada à melhor distribuição de chuvas em todos os meses durante o ciclo da cultura do milho (Figura 1B), fazendo com que praticamente todas as sementes que foram depositadas solo viessem a germinar, proporcionando assim um estande final de plantas superior ao desejado, enquanto, que na safra 2017/2018 a distribuição de chuvas foi mais irregular (Figura 1A).

Muraishi et al. (2005), avaliando os métodos de manejo de palha (triturada e dessecada), Cortez et al. (2009) ao manejarem as plantas de cobertura com rolo faca, triturador e herbicida, Tabile et al. (2007) ao avaliarem três sistemas de manejo (triturador de palhas, ceifadora e dessecação), Trogello et al. (2013) utilizando os manejos dessecado, gradeado, rolo faca e triton e Weirich Neto et al. (2012) ao avaliarem a influência do manejo mecânico da palha de aveia com rolo destorroador antecedendo a semeadura da cultura do milho também não observaram diferenças na população de plantas. Resultados semelhantes aos encontrados em nosso experimento na safra 2018/2019.

De acordo com Vieira Junior et al. (2006), a população final de plantas interfere diretamente na produtividade do milho. Silva et al. (2006b) afirmam que dentre os componentes de rendimento, a população de plantas é essencial, pois interfere diretamente na produção de espigas por área e, conseqüentemente, o número de grãos por área.

4.3.2 Diâmetro de colmo

Os métodos e as épocas de manejo da aveia não apresentaram diferenças significativas na safra 2017/2018 para o diâmetro do colmo, onde o valor médio obtido foi de 24,40 mm. Porém, na safra 2018/2019, os métodos de manejo afetaram significativamente o diâmetro do colmo, sendo o manejo de palha dessecado o qual apresentou maior média, não diferindo do manejo com rolo faca (Tabela 11).

Tabela 11. Valores médios do diâmetro de colmo (DC) na safra 2018/2019 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Manejos	DC (mm)
Dessecado	22,82 a
Rolado	22,55 ab
Triturado	21,77 b

Médias seguidas de letras diferentes divergem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Essa diferença encontrada no diâmetro do colmo está relacionada à população de plantas, onde no primeiro ano a população final foi de aproximadamente 70 mil plantas e apresentou um diâmetro de 24,4 mm, já no segundo ano a população final foi 82 mil plantas, apresentando diâmetro em torno de 22 mm. Kappes et al. (2011) ao avaliarem o desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas observaram diminuição linear no diâmetro do colmo ao aumentar a população de 50 mil para 90 mil plantas por hectare.

De acordo com Souza et al. (2016), o diâmetro do colmo tem função importante para as plantas de milho, porque atua no armazenamento de sólidos solúveis que serão usados posteriormente na formação dos grãos.

Kaefer et al. (2012) ao avaliarem cinco épocas de manejo químico da palha de aveia antecedendo a semeadura da cultura do milho (0, 7, 14, 21 e 28 dias), afirmam que quanto mais próximo da semeadura for realizado o manejo químico da aveia, maior será o diâmetro do colmo. Fato este não observado no presente estudo.

Bertonha et al. (2015) utilizando três manejos de plantas de cobertura (rolo faca, triturador e herbicida) e Riquetti et al. (2012) avaliando o

efeito de diferentes manejos da palha de aveia (triturada, rolada e sem manejo), não encontraram diferenças significativas no diâmetro de colmo.

4.3.3 Altura de plantas

A altura de plantas aos 30 dias após a semeadura não apresentou diferenças significativas nas duas safras avaliadas, apresentando valores médios de 29,27 e 40,59 cm, nas safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente. O que pode ter contribuído para essa diferença entre os anos estudados foi à precipitação pluviométrica, 420 e 198 mm, respectivamente, para as safras 2017/2018 e 2018/2019 (Figura 1), onde o excesso de chuva na primeira safra, fez com que os dias ficassem mais nublados, com pouca luz solar e com isso as plantas não realizam fotossíntese com a mesma intensidade e, conseqüentemente, apresentam menor estatura de planta.

Segundo Cruz et al. (2006a), o milho pode ser cultivado em regiões com variações de precipitação de 250 a 5.000 mm anuais, porém, a quantidade de água necessária para a planta, durante o seu ciclo, fica em torno de 600 mm. Durante o desenvolvimento da cultura, da semeadura até o momento da colheita, as precipitações foram 1.152 e 1.194 mm para as safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente.

A altura final de plantas também não apresentou diferenças significativas nas duas safras avaliadas, apresentando valores médios de 268,33 e 260,66 cm nas safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente. Uma boa altura da planta e diâmetro do colmo é importante para a reserva de fotoassimilados para a planta no momento de enchimento de grãos e o diâmetro do colmo se torna fundamental para a sustentação da planta. De acordo com Sangoi et al. (2001), as reservas acumuladas no colmo podem ser remobilizadas para os grãos, porém esse direcionamento fragiliza a estrutura de sustentação da planta, aumentando a suscetibilidade ao acamamento ou a quebra.

Modolo et al. (2019), avaliando o efeito de quatro épocas de dessecação da aveia preta (0, 15, 30 e 45 dias) antes da semeadura do milho, observaram diferenças na altura final de plantas, onde a maior altura foi obtida com a dessecação realizada juntamente com a semeadura da cultura do milho.

Os autores atribuem essa maior altura devido ao estiolamento da planta proporcionado pelo sombreamento da palha ereta de aveia preta.

Riquetti et al. (2012) avaliando o efeito de diferentes manejos da palha de aveia (triturada, rolada e sem manejo), Bertonha et al. (2015) utilizando três manejos de plantas de cobertura (rolo faca, triturador e herbicida) e Vilela et al. (2012a) avaliando quatro métodos de manejo de plantas de cobertura (herbicida, triturador, roçadora e rolo faca) não observaram diferenças significativas na altura de plantas, dados semelhantes aos encontrados em nosso experimento.

4.3.4 Altura de inserção de espigas

Os manejos de palha rolada e triturada apresentaram maiores alturas de inserções de espiga, 151,27 e 151,23 cm, respectivamente, já ao utilizar o manejo dessecado, a inserção de espiga foi menor, apresentando média de 146,24 cm, na safra 2017/2018 (Tabela 12). Santos et al. (2002) ao avaliarem o desempenho de 23 híbridos de milho observaram correlações entre a altura de plantas e a altura de inserção de espigas, indicando que a altura de plantas aumenta juntamente com a inserção da espiga, fato este não observado em nosso experimento na primeira safra. Na safra 2018/2019, a altura de inserção de espigas não apresentou diferença significativa, sendo observado o valor médio de 159,58 cm.

Tabela 12. Valores médios da inserção de espiga (AIE) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Manejos	AIE (cm)
Dessecado	146,24 b
Rolado	151,27 a
Triturado	151,23 a

Médias seguidas de letras diferentes divergem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Plantas mais altas e com inserção de espigas também mais altas, apresentam vantagens na colheita (POSSAMAI et al., 2001), porém, a maior altura de espigas na planta predispõe ao acamamento (CASAGRANDE e FORNASIERI FILHO, 2002).

Muraishi et al. (2005) ao avaliarem o manejo químico e o triturado, Vilela et al. (2012a) ao avaliarem quatro métodos de manejo de plantas de cobertura (herbicida, triturador, roçadora e rolo faca), Riquetti et al. (2012) avaliando o efeito de diferentes manejos da palha de aveia (triturada, rolada e sem manejo) e Bertonha et al. (2015) utilizando três manejos de plantas de cobertura (rolo faca, triturador e herbicida), também não observaram diferenças significativas na altura de inserção da espiga. Dados semelhantes aos encontrados em nosso experimento na safra 2018/2019. No entanto, Modolo et al. (2019), avaliando o efeito de quatro épocas de dessecação da aveia preta (0, 15, 30 e 45 dias) antes da semeadura do milho, observaram maior altura de inserção de espiga na dessecação realizada no dia da semeadura.

4.4 COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE

Os manejos de palha influenciaram significativamente o diâmetro da espiga, o comprimento da espiga e o número de grãos por fileira na safra 2017/2018, enquanto que na safra 2018/2019, os manejos e as épocas não apresentaram diferenças significativas para nenhum dos parâmetros avaliados. Tanto na safra 2017/2018 quanto 2018/2019 não foram observados interação significativa para nenhum dos fatores estudados (Tabela 13).

Tabela 13. Resumo da análise de variância para o diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), número de fileiras por espiga (FE) e número de grãos por fileira (GF) nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em função de épocas e métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

FV	GL	DE	CE	FE	GF
		Safra 2017/2018			
Blocos	3	6,12	1,48	0,20	1,47
Manejos (M)	2	10,64*	2,92*	0,28 ^{ns}	9,52*
Épocas (E)	3	0,77 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,13 ^{ns}	3,47 ^{ns}
M x E	6	0,17 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,32 ^{ns}
Resíduo	33	1,26	0,44	0,21	2,60
CV (%)		2,36	4,24	2,85	4,85
		Safra 2018/2019			
Blocos	3	0,004	0,43	0,17	2,74
Manejos (M)	2	0,006 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,37 ^{ns}
Épocas (E)	3	0,006 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,30 ^{ns}
M x E	6	0,002 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,91 ^{ns}
Resíduo	33	0,002	0,46	0,21	2,28
CV (%)		2,66	4,45	2,85	4,95

^{ns}: não significativo ao nível de 5% de probabilidade. *: significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A prolificidade e a produtividade não apresentaram diferenças significativas em nenhuma das safras avaliadas. Entretanto, a massa de mil grãos foi influenciada pelos métodos de manejo da palha na safra 2017/2018 (Tabela 14).

Tabela 14. Resumo da análise de variância para a prolificidade (PROLIF), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em função de épocas e métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

FV	GL	PROLIF	MMG	PROD
		Safra 2017/2018		
Blocos	3	0,0004	125,36	1756083
Manejos (M)	2	0,0007 ^{ns}	395,33*	320821 ^{ns}
Épocas (E)	3	0,0007 ^{ns}	79,68 ^{ns}	703970 ^{ns}
M x E	6	0,0012 ^{ns}	89,58 ^{ns}	1397884 ^{ns}
Resíduo	33	0,0006	113,22	983362
CV (%)		2,80	3,32	9,65
		Safra 2018/2019		
Blocos	3	0,0009	70,74	1578461
Manejos (M)	2	0,0006 ^{ns}	13,08 ^{ns}	706372 ^{ns}
Épocas (E)	3	0,0006 ^{ns}	100,68 ^{ns}	334215 ^{ns}
M x E	6	0,0003 ^{ns}	134,53 ^{ns}	224316 ^{ns}
Resíduo	33	0,0004	115,50	222775
CV (%)		2,32	3,08	3,96

^{ns}: não significativo ao nível de 5% de probabilidade. *: significativo ao nível de 5% de probabilidade.

4.4.1 Diâmetro da espiga

Na safra 2017/2018, os manejos dessecado e rolado apresentaram maior diâmetro de espiga, com 48,13 e 48,07 mm, respectivamente, enquanto que o manejo triturado apresentou o menor diâmetro, 46,69 mm (Tabela 15). Na safra 2018/2019 o diâmetro da espiga não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, apresentando valor médio 50,50 mm.

Cruz et al. (2006b) relatam que o aumento da densidade de plantio promove a redução no tamanho das espigas. Dessa forma, justifica-se o menor diâmetro da espiga encontrado no manejo triturado (46,69 mm), pois foi o manejo que apresentou a maior população de plantas na safra 2017/2018 (Tabela 9).

Tabela 15. Valores médios do diâmetro da espiga (DE) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Manejos	DE (mm)
Dessecado	48,13 a
Rolado	48,07 a
Triturado	46,69 b

Médias seguidas de letras diferentes divergem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Souza et al. (2003) ao avaliarem diferentes plantas de cobertura (aveia preta e nabo forrageiro) manejadas com rolo faca, Silva et al. (2014), avaliando sete culturas de cobertura manejadas com herbicida antecedendo o plantio do milho, Kaefer et al. (2012) avaliando cinco épocas de manejo químico da palha de aveia antecedendo a semeadura da cultura do milho (0, 7, 14, 21 e 28 dias) e Riquetti et al. (2012) avaliando o efeito de diferentes manejos da palha de aveia (triturada, rolada e sem manejo), também não encontraram diferenças no diâmetro da espiga, fato este observado no presente estudo na safra 2018/2019.

4.4.2 Comprimento da espiga

Os maiores comprimentos de espigas observados na safra 2017/2018 foram nos manejos dessecado e rolado, apresentando 16,13 e 15,92 cm, respectivamente (Tabela 16), esses manejos apresentaram as menores populações de plantas (Tabela 10), ou seja, menores populações apresentam maior comprimento de espiga. O comprimento da espiga na safra 2018/2019 não apresentou diferença significativa, apresentando valor médio 15,30 cm.

Tabela 16. Valores médios do comprimento da espiga (CE) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Manejos	CE (cm)
Dessecado	16,13 a
Rolado	15,92 a
Triturado	15,30 b

Médias seguidas de letras diferentes divergem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Souza et al. (2003), ao manejarem as plantas de cobertura com o rolo faca, Riquetti et al. (2012) avaliando o efeito de diferentes manejos da palha de aveia (triturada, rolada e sem manejo) e Silva et al. (2014) utilizando herbicidas para manejar plantas de cobertura, também não observaram diferenças significativas no comprimento das espigas. No entanto, Kaefer et al. (2012) avaliando cinco épocas de manejo químico da palha de aveia antecedendo a semeadura da cultura do milho (0, 7, 14, 21 e 28 dias), observaram maiores valores do comprimento da espiga quando o manejo é realizado próximo ou simultâneo a semeadura, fato este não observado no presente estudo.

4.4.3 Número de fileiras por espiga

Nenhum dos tratamentos utilizados influenciou significativamente o número de fileiras por espiga, sendo obtidos valores médios de 16,21 e 16,14 fileiras por espiga nas safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente.

De acordo com Nielsen (2007) e Valderrama et al. (2011), cada híbrido de milho possui característica própria para produzir um determinado número de fileiras de grãos, se tratando de uma característica do potencial genético do híbrido.

Ao avaliarem quatro métodos de manejo de plantas de cobertura (herbicida, triturador, roçadora e rolo faca), Vilela et al. (2012a) não observaram diferenças no número de fileiras por espiga, dados semelhantes aos encontrados em nosso experimento.

Lopes et al. (2007) ao avaliarem se o peso dos grãos das espigas de milho, utilizando o peso como variável base, está relacionado com as características morfológicas das espigas chegaram a seguinte conclusão: ao se aumentar o número de fileiras de grãos na espiga, o peso de 100 grãos apresenta decréscimo insignificante, a ponto de não afetar o peso de grãos por planta; enquanto que o aumento do número de grãos é insuficiente para afetar o peso de grãos, complicando a tarefa dos melhoristas de plantas.

4.4.4 Número de grãos por fileira

O número de grãos por fileira na safra 2017/2018 apresentou diferenças significativas apenas para os diferentes manejos, onde o manejo dessecado apresentou maior número não diferindo estatisticamente do manejo rolado, enquanto que o menor valor foi obtido no manejo triturado (Tabela 17). Na safra 2018/2019, o número de grãos por fileira não apresentou diferenças significativas, sendo obtido valor médio de 30,55 grãos por fileira.

Tabela 17. Valores médios do número de grãos por fileira (GF) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Manejos	GF
Dessecado	33,93 a
Rolado	33,50 ab
Triturado	32,43 b

Médias seguidas de letras diferentes divergem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Segundo Vilela et al. (2012b), o número de grãos por fileira está diretamente relacionado com o comprimento da espiga. Essa afirmação foi

verificada no presente trabalho, uma vez que ao compararmos os métodos de manejo na safra 2017/2018, nota-se que o maior número de grãos por fileira (Tabela 17) foi obtido justamente nos métodos de manejo que proporcionaram os maiores comprimentos da espiga (Tabela 16).

Vilela et al. (2012a) avaliando quatro métodos de manejo de plantas de cobertura (herbicida, triturador, roçadora e rolo faca), não observaram diferenças no número de grãos por fileira, encontrando valor médio de 35 grãos, dados semelhantes aos encontrados em nosso experimento na safra 2018/2019.

Weirich Neto et al. (2012) ao avaliarem a influência do manejo mecânico da palha de aveia com rolo destorroador antecedendo a semeadura da cultura do milho não observaram diferenças significativas nos componentes de rendimento da cultura do milho, os autores afirmam que o manejo mecânico dos resíduos vegetais apenas promovem aumento no custo da produção, sendo dispensável essa operação.

4.4.5 Prolificidade

A prolificidade não apresentou diferenças significativas nos dois anos avaliados, apresentando valores médios de 0,92 e 0,91 espigas por planta na safra 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente.

De acordo com Pereira et al. (2009), quanto menos prolífico o híbrido, maior será a capacidade de obter espigas maiores, com maior expectativa de ganho no rendimento da cultura. Porém, o ideal seria que cada planta apresentasse uma espiga, já que os mecanismos de compensação na produção do milho são limitados.

Veloso et al. (2006) ao avaliarem os efeitos das doses de nitrogênio nos componentes de produção de planta, na produtividade de grãos de milho em solo de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea, observaram que a prolificidade cresce, porém, o tamanho da segunda espiga se torna muito pequena, com poucos grãos ou deformada, deixando a entender que o aumento da prolificidade não significa aumento na produtividade de grãos de milho.

Resultados obtidos por Souza et al. (2003) ao utilizarem o rolo faca para manejar aveia preta e nabo forrageiro em plantio direto irrigado demonstram não haver diferenças para a prolificidade na cultura do milho, porém, os autores não justificam esse resultado.

4.4.6 Massa de mil grãos

A massa de mil grãos apresentou diferenças significativas apenas para os métodos de manejo utilizados na safra 2017/2018, onde a maior massa foi obtida no manejo dessecado com 324,03 gramas (Tabela 18). Podemos atribuir essa maior massa de grãos ao conjunto dos parâmetros avaliados, onde diâmetro de espiga (Tabela 15), comprimento de espiga (Tabela 16) e número de grãos por fileira (Tabela 17) apresentam sempre valores maiores no método de manejo dessecado, contribuindo para a maior massa encontrada nesse manejo.

Na safra 2018/2019 a massa de mil grãos não apresentou diferenças significativas em nenhum tratamento analisado, apresentando valor médio de 348,48 g. Vilela et al. (2012a) também não observaram diferenças na massa de mil grãos ao avaliarem quatro métodos de manejo de plantas de cobertura (herbicida, triturador, roçadora e rolo faca), onde encontraram valor médio de 306,50 g, mas não apresentaram uma justificativa para esse resultado.

Tabela 18. Valores médios da massa de mil grãos (MMG) na safra 2017/2018 em função dos diferentes métodos de manejo de aveia preta. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Manejos	MMG (g)
Dessecado	324,03 a
Rolado	321,73 ab
Triturado	314,50 b

Médias seguidas de letras diferentes divergem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ao comparar os valores da massa de mil grãos nas duas safras podemos observar que na segunda safra a média foi bem maior do que a obtida na primeira safra. De acordo com Caires e Milla (2016), após o florescimento, qualquer tipo de estresse que a planta seja submetida pode

afetar a massa de grãos. Dessa forma, a menor massa encontrada na primeira safra, possivelmente foi resultado da menor chuva ocorrida em dezembro de 2017 e janeiro de 2018, 94 e 53 mm, respectivamente.

Kaefer et al. (2012) avaliando cinco épocas de manejo químico da palha de aveia antecedendo a semeadura da cultura do milho (0, 7, 14, 21 e 28 dias), observaram maiores valores da massa de mil grãos quando o manejo foi realizado próximo (7 DAS) ou simultâneo (0 DAS) a semeadura, fato este não observado no presente estudo.

4.4.7 Produtividade

A produtividade média da cultura do milho não apresentou diferenças significativas em nenhuma das safras avaliadas, apresentando valores médios de 10.269,51 e 11.905,19 kg ha⁻¹ nas safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente. Valores estes superiores a produtividade média do estado do Paraná que é de 9.484 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020). Dados semelhantes foram obtidos por Trogello et al. (2013) ao avaliarem diferentes manejos de cobertura vegetal e velocidades de operação na cultura do milho, onde não encontraram diferenças para a produtividade média da cultura.

Na safra 2018/2019 praticamente se alcançou a produtividade esperada (em torno de 12.000 kg ha⁻¹), muito provavelmente proporcionada pelas condições climáticas e a maior população de plantas obtidas nessa safra, quase 22% maior que a primeira safra. Para a safra 2017/2018, mesmo havendo efeito de compensação de alguns componentes de rendimento, a produtividade ficou em torno de 15% menor que a esperada.

Podemos observar na safra 2017/2018 que o manejo triturado apresentou maior população de plantas, porém isso refletiu em menores diâmetros da espiga, comprimento da espiga, número de grãos por fileira e massa de mil grãos, ou seja, esses componentes de rendimento definem a produtividade da cultura. Enquanto, que os manejos rolado e dessecado apresentaram menor população de plantas, mas os componentes de rendimento compensaram isso e conseguiram igualar a produtividade. Na safra 2018/2019 nenhum desses componentes apresentou diferenças significativas.

Tabile et al. (2007) ao avaliarem três sistemas de manejo (tritador de palhas, ceifadora e dessecação) também não encontraram diferenças significativas para produtividade. Por outro lado, Muraishi et al. (2005), avaliando os métodos de manejo de palha triturada e dessecada, observaram maior produtividade de grãos no manejo de palha triturada, onde os autores afirmam que esse sistema promove uma desintegração do material vegetal, acelerando a decomposição e favorecendo o desenvolvimento das culturas em sucessão devido à reciclagem de nutrientes.

Ao avaliarem o potencial de plantas de cobertura de inverno (aveia preta, centeio, azevém e dois consórcios) e sua época de manejo (1, 10 e 25 dias) antes da semeadura do milho, Balbinot Junior et al. (2007) observaram que o manejo antecipado (25 dias antes da semeadura) proporcionou as menores produtividades de grãos, refletindo a maior interferência exercida pelas plantas daninhas.

Martins et al. (2016) avaliando o efeito de seis espécies de plantas de cobertura mortas de inverno e do uso de herbicidas sobre as plantas daninhas na cultura do milho observaram que nas subparcelas sem aplicação de herbicidas, a cobertura morta de aveia preta apresentou a maior produtividade, esse resultado foi obtido devido à redução no número das plantas daninhas que a palhada de aveia proporcionou.

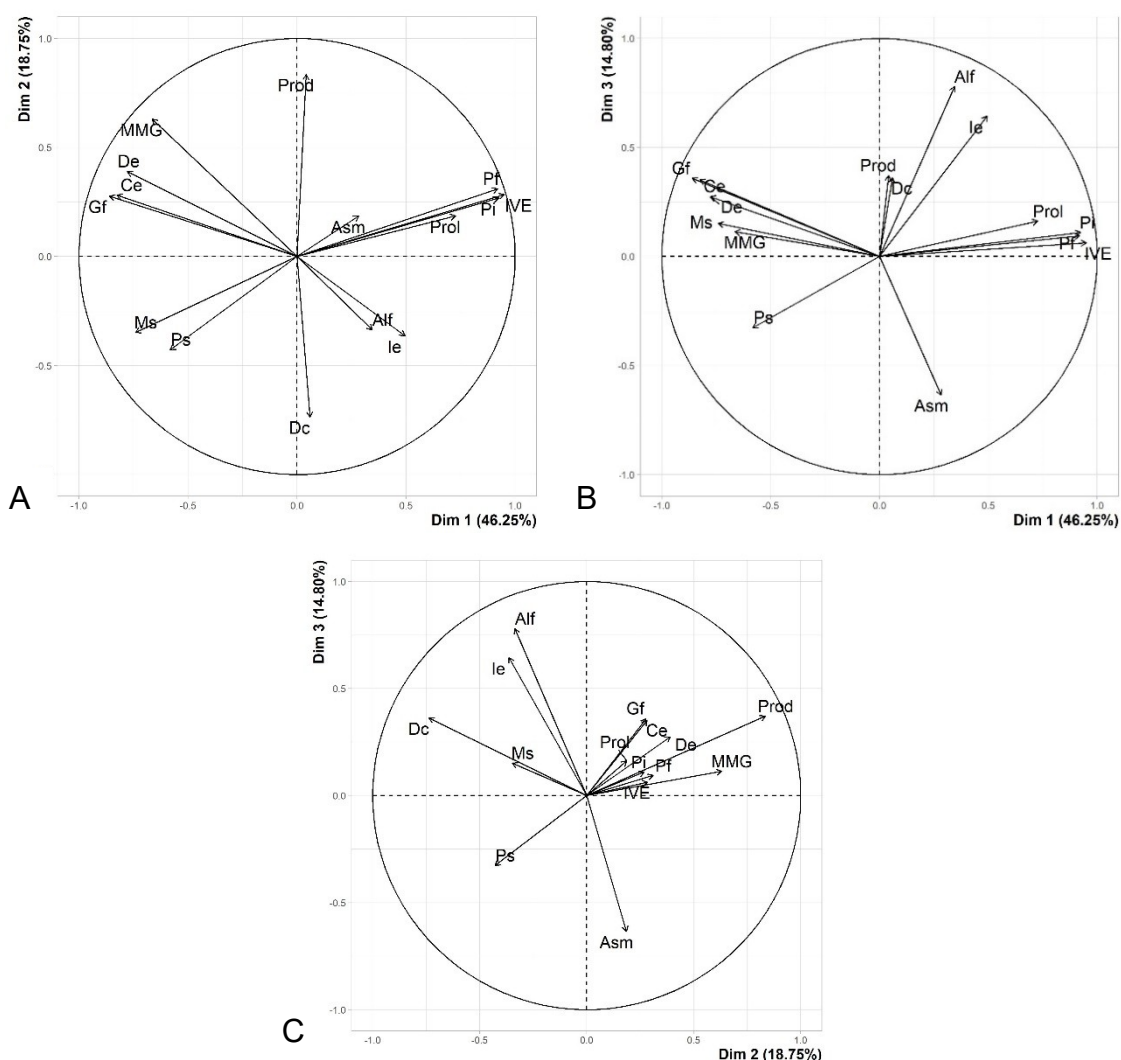
Utilizando três manejos de plantas de cobertura (rolo faca, triturador e herbicida), Bertonha et al. (2015) não encontraram diferenças significativas na produtividade, onde os autores atribuem esse resultado ao desempenho das máquinas e do tratamento químico ser semelhante.

Cherubin et al. (2014) avaliando diferentes plantas de cobertura no período invernal observaram menor produtividade do milho quando cultivado após a aveia preta, os autores justificam este resultado a maior relação C/N dos resíduos, que causam a imobilização do nitrogênio pelos microrganismos presentes no solo e também à baixa velocidade de liberação do nitrogênio dos resíduos da aveia.

4.5 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Pela análise de componentes principais, na safra 2017/2018, foi observado que, das 15 variáveis analisadas, os três primeiros componentes explicaram 79,80% da variância dos dados, com 46,25% no primeiro componente, 18,75% no segundo e 14,80% no terceiro componente (Figuras 14A, B, C).

Figura 14. Dispersão de 15 variáveis pela análise de componentes principais na safra 2017/2018 (A, B e C). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



Ms: matéria seca; Ps: profundidade de deposição de sementes; Asm: área de solo mobilizada; IVE: índice de velocidade de emergência; Pi: população inicial; Pf: população final; le: inserção da espiga; Alf: altura final de plantas; Dc: diâmetro do colmo; De: diâmetro da espiga; Ce: comprimento da espiga; Gf: número de grãos por fileira; Prol: prolificidade; MMG: massa de mil grãos; Prod: produtividade. Dim 1 = primeiro componente principal; Dim 2 = segundo componente principal; Dim 3 = terceiro componente principal.

As variáveis índice de velocidade de emergência (IVE), população inicial (Pi), população final (Pf) e prolificidade (Prol) foram as que mais contribuíram, positivamente no primeiro componente (Tabela 19), sugerindo que estas variáveis estão fortemente associada à germinação. Por outro lado, as variáveis relacionadas à produção, como massa de mil grãos (MMG), diâmetro da espiga (De), comprimento da espiga (Ce) e número de grãos por fileira (Gf) foram as que mais contribuíram, negativamente, no primeiro componente (Tabela 19). O fato de estes dois conjuntos de variáveis estarem contribuindo em direções opostas, sugere que uma maior população de plantas pode proporcionar uma redução na produtividade, possivelmente em virtude de uma maior competição entre as plantas por luz, nutrientes e água, corroborando resultados apresentados por Kappes et al. (2011) e Kaefer et al. (2012).

Tabela 19. Valores de autovetores de 15 variáveis analisadas nas safras 2017/2018 e 2018/2019. Dim 1 = primeiro componente principal; Dim 2 = segundo componente principal; Dim 3 = terceiro componente principal. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Variáveis	2017/2018			2018/2019		
	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 1	Dim 2	Dim 3
Ms	-0.741	-0.348	0.151	0.029	-0.445	0.251
Ps	-0.581	-0.428	-0.327	0.220	0.177	-0.820
Asm	0.283	0.186	-0.635	0.485	-0.103	0.538
IVE	0.950	0.283	0.063	-0.792	0.426	0.257
Pi	0.925	0.268	0.110	-0.761	0.535	0.124
Pf	0.921	0.310	0.095	-0.645	0.441	-0.186
le	0.495	-0.363	0.645	0.313	0.847	0.261
Alf	0.345	-0.336	0.780	0.538	0.704	0.205
Dc	0.060	-0.736	0.363	-0.046	-0.426	-0.688
De	-0.779	0.390	0.275	0.593	-0.494	0.334
Ce	-0.826	0.282	0.352	0.801	0.051	0.102
Gf	-0.860	0.277	0.359	0.845	-0.004	0.084
Prol	0.727	0.186	0.162	-0.703	-0.511	0.277
MMG	-0.664	0.631	0.114	0.193	0.235	0.181
Prod	0.042	0.835	0.371	0.655	0.365	-0.495

Ms: matéria seca; Ps: profundidade de deposição de sementes; Asm: área de solo mobilizada; IVE: índice de velocidade de emergência; Pi: população inicial; Pf: população final; le: inserção da espiga; Alf: altura final de plantas; Dc: diâmetro do colmo; De: diâmetro da espiga; Ce: comprimento da espiga; Gf: número de grãos por fileira; Prol: prolificidade; MMG: massa de mil grãos; Prod: produtividade.

Foi possível observar também que as variáveis Pf, Pi e IVE foram altamente correlacionadas entre si (Figuras 14A e B), demonstrando que quanto maior o índice de velocidade de emergência, maior será a população inicial e final de plantas. O maior índice de velocidade de emergência foi observado no método de manejo triturado (Tabela 6) e também a maior população de plantas (Tabela 10).

Apesar desta clara relação entre o IVE e a população de plantas (Figura 14A), há de se considerar que a profundidade de semeadura (Ps) foi mais bem representada na porção negativa da Dim 1, mesmo comportamento das variáveis MMG, De, Ce e Gf, sugerindo que a deposição das sementes em maior profundidade pode proporcionar aumento na MMG, De e Gf. Considerando que a Ps apresenta correlação negativa com parâmetros como IVE, PI e PF, é possível inferir que quando a população é menor, a planta tende a ser mais eficiente na transformação de fotoassimilados em grãos. Ou seja, mesmo que o método de manejo triturado promova maior população de plantas, isto não significa necessariamente maior produção de grãos.

Em relação ao segundo componente principal (Dim 2), as variáveis que mais contribuíram foram produtividade (Prod) e o diâmetro do colmo (Dc), sendo que Prod contribuiu de forma positiva e o Dc de forma negativa. Esta polarização entre as variáveis sugere que, em determinadas condições, a planta não consiga transformar os fotoassimilados acumulados no colmo em grãos. O que também pode ser observado nas variáveis altura final de plantas (Alf) e inserção da espiga (Ie) que apresentaram uma correlação inversa com as variáveis diâmetro da espiga (De), comprimento da espiga (Ce), número de grãos por fileira (Gf) e massa de mil grãos (MMG), ou seja, plantas menores apresentaram espigas com maior diâmetro, maior comprimento, maior número de grãos por fileira e maior massa de mil grãos (Figura 14A). Resultados semelhantes foram observados por Santos et al. (2015) ao avaliarem sete cultivares de milho no sistema orgânico e convencional observaram que as cultivares que apresentaram plantas mais altas foram menos produtivas.

As variáveis que mais contribuíram no terceiro componente foram altura final de plantas (Alf) e inserção da espiga (Ie) (positivamente) e área de solo mobilizada (Asm) (negativamente) (Figura 14C; Tabela 19). Foi possível

observar uma alta correlação entre as variáveis Alf e le (Figuras 14B e C), ou seja, quanto maior a altura da planta, maior será a altura de inserção das espigas. A variável altura de inserção da espiga (le) diferiu estatisticamente dos demais manejos de plantas de cobertura, apresentando maior inserção no manejo triturado de plantas (Tabela 12). Dessa forma, a maior inserção de espiga é justificada pela maior população de plantas no manejo triturado (Tabela 10). A competição intraespecífica por luz faz com que as plantas cresçam rapidamente para evitar o sombreamento (PINTO et al., 2019).

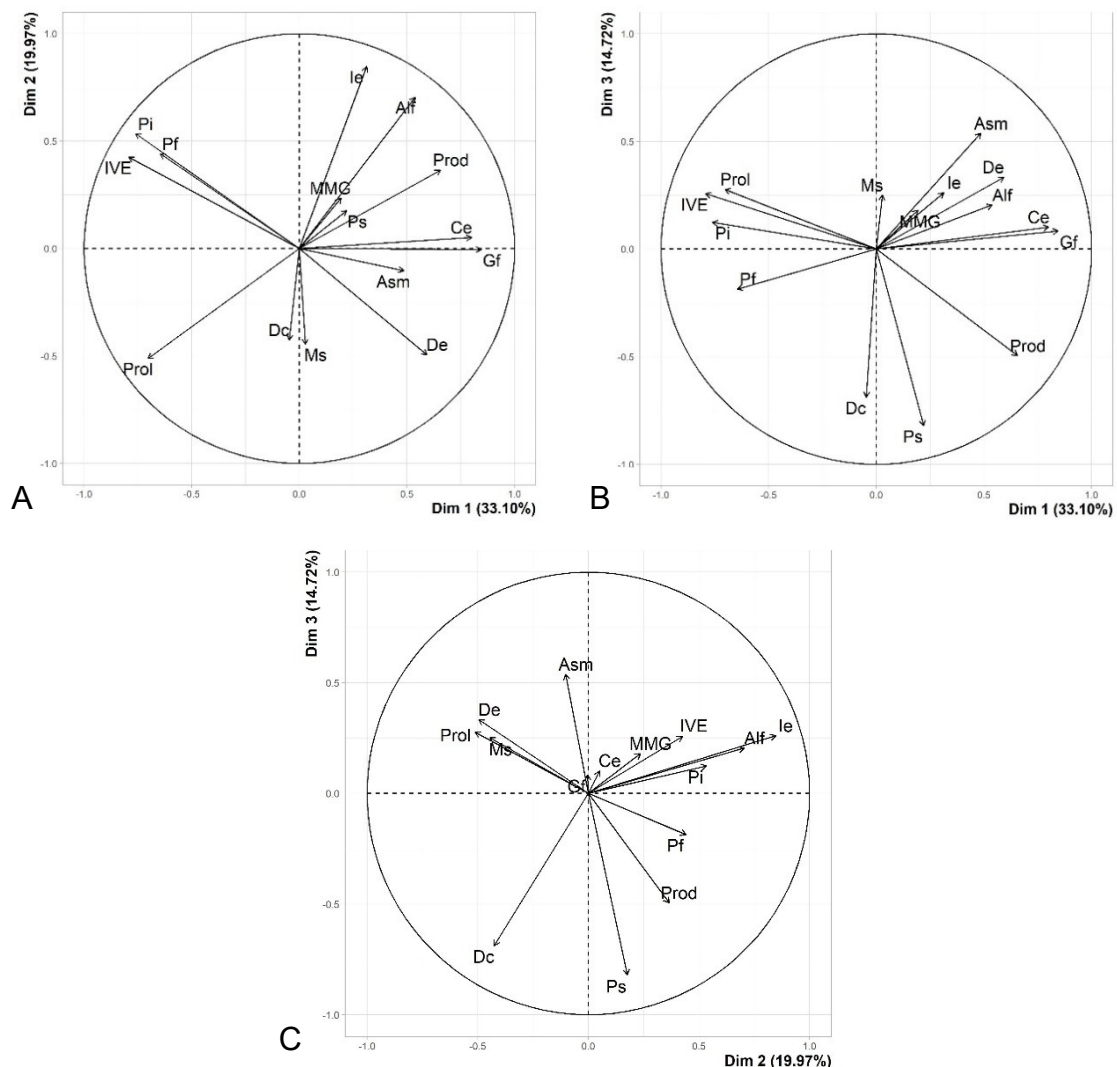
Na safra 2018/2019, pela análise de componentes principais das 15 variáveis morfoagronômicas, os três primeiros componentes explicaram 67,79% da variação dos dados, sendo que o primeiro componente explicou 33,10% da variação dos dados, 19,97% no segundo e 14,72% no terceiro (Figuras 15A, B e C).

As variáveis que mais contribuíram na Dim 1 foram: Ce, Gf e Prod (positivamente) e Prol, IVE, Pi e Pf (negativamente) (Tabela 19). A polarização observada entre as variáveis De, Gf e Ce e as variáveis Pi, Pf e IVE (Figura 15A), sugere que uma maior população de plantas possa induzir um menor desenvolvimento da espiga. Fato este observado por Stacciarini et al. (2010), onde as menores médias de comprimento de espiga foram obtidas com o aumento da densidade populacional de 75.000 para 90.000 plantas por hectare.

Em relação à Dim 2, as variáveis que mais se destacaram foram: Alf e le (eixo positivo) com elevada correlação entre elas, o que sugere que quanto maior for a planta mais alto se insere a espiga. Também contribuíram positivamente as variáveis: Pi, Pf e IVE. Já as variáveis massa seca (Ms), diâmetro do colmo (Dc) e diâmetro da espiga (De) contribuíram de forma negativa (Tabela 19). Observando essa polarização entre as variáveis (Figuras 15A e C) fica implícito que quando se tem uma maior população, a planta tende a alongar-se em busca de luz (PINTO et al., 2019), o que pode causar prejuízo no processo de desenvolvimento da espiga e no enchimento dos grãos.

Em relação à Dim 3, as variáveis que mais se destacaram foram a Prod, a Ps e o Dc. Esta elevada correlação entre a Dc e Ps não fica bem clara na análise dos dados.

Figura 15. Dispersão de 15 variáveis pela análise de componentes principais na safra 2018/2019 (A, B e C). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



Ms: matéria seca; Ps: profundidade de deposição de sementes; Asm: área de solo mobilizada; IVE: índice de velocidade de emergência; Pi: população inicial; Pf: população final; le: inserção da espiga; Alf: altura final de plantas; Dc: diâmetro do colmo; De: diâmetro da espiga; Ce: comprimento da espiga; Gf: número de grãos por fileira; Pro: prolificidade; MMG: massa de mil grãos; Prod: produtividade. Dim 1 = primeiro componente principal; Dim 2 = segundo componente principal; Dim 3 = terceiro componente principal.

É importante destacar que, na safra 2018/2019 houve uma grande dispersão entre as variáveis pela análise de componentes principais, onde o Ce e Gf apresentaram maior destaque na Dim1 (Figuras 15A e B), a le e Alf se destacaram na Dim2 (Figuras 15B e C), já as variáveis Ps e Dc foram as que mais se destacaram no terceiro componente (Figuras 15B e C), porém, onde as variáveis que apresentaram um leve destaque sofreram um efeito compensatório das demais variáveis, não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos.

5. CONCLUSÕES

Os métodos de manejo apresentam diferenças na população de plantas na primeira safra, proporcionando diferenças significativas na altura de inserção das espigas, diâmetro das espigas, comprimento das espigas, número de grãos por fileira e massa de mil grãos.

O manejo das plantas de aveia realizado aos 30 dias antes da semeadura do milho proporciona o maior índice de velocidade de emergência da cultura.

Os métodos e as épocas de manejo das plantas de aveia não afetam a profundidade de deposição de sementes, área de solo mobilizada, uniformidade de distribuição das plantas, altura de plantas, número de fileiras por espiga, prolificidade e a produtividade da cultura do milho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda há muito que se estudar com relação aos métodos e épocas de manejo das plantas de cobertura. A condução do experimento em ano com déficit hídrico talvez refletisse de maneira melhor os efeitos dos métodos de manejo de palha, pois a campo, são grandes as diferenças visuais apresentadas entre os métodos na cobertura do solo.

Outro fator que poderia ser analisado em um trabalho futuro seria o levantamento de custos, pois onde a palha foi manejada com o rolo faca a incidência de plantas daninhas foi menor. Dessa forma, poderíamos observar se os maiores gastos com combustível ao manejar a palha com rolo faca seriam compensados pelo menor uso de herbicidas durante o ciclo da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. A. S.; TAVARES-SILVA, C. A.; SILVA, S. L. Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. **Revista Agrarian**, v. 3, n. 7, p. 63-70, 2010.

AMADO, T. J. C.; PONTELLI, C. B.; SANTI, A. L.; VIANA, J. H. M.; SULZBACH, L. A. de S. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 8, p. 1101-1110, 2007.

ARATANI, R. G.; MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; PECHE FILHO, A.; DUARTE, A. P.; KANTHACK, R. A. D. Desempenho de semeadoras-adubadoras de soja em Latossolo Vermelho muito argiloso com palha intacta de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p. 517-522, 2006.

ARAÚJO, A. G.; RODRIGUES, B. N. Manejo mecânico e químico da aveia preta e sua influência sobre a taxa de decomposição e o controle de plantas daninhas em semeadura direta de milho. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 151-160, 2000.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; BACKES, R. L.; ALVES, A. C.; OGLIARI, J. B.; FONSECA, J. A. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 2, p. 161-166, 2005.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; BACKES, R. L. Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 473-480, 2007.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; VOGT, G. A.; TREZZI, M. M. Integração de práticas para o manejo de plantas daninhas na cultura do milho. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 2, p. 81-87, 2011.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

BERTIN, E. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 379-386, 2005.

BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; NASCIMENTO, J. M.; ZERBATO, C. Atributos agronômicos e perdas na colheita mecanizada de milho em função do manejo da cultura de cobertura. **Revista Agrarian**, v. 8, n. 30, p. 442-447, 2015.

BESEN, M. R.; RIBEIRO, R. H.; GOETTEN, M.; FIOREZE, S. L.; GUGINSKI-PIVA, C. A.; PIVA, J. T. Produtividade de milho e retorno econômico em sistema integrado de produção com doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 1, p. 94-103, 2020.

BONJORNO, I. I.; MARTINS, L. A. O.; LANA, M. A.; BITTENCOURT, H. V. H.; WILDNER, L. P.; PARIZOTTO, C.; FAYAD, J. A.; COMIN, J. J.; ALTIERI, M. A.; LOVATO, P. E. Efeito de plantas de cobertura de inverno sobre cultivo de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, p. 99-108, 2010.

BOTTEGA, E. L.; ROSOLEM, D. H.; OLIVEIRA NETO, A. M.; PIAZZETTA, H. V. L.; GUERRA, N. Qualidade da semeadura do milho em função do sistema dosador de sementes e velocidades de operação. **Global Science and Technology**, v. 7, n. 1, p. 107-114, 2014.

BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. S.; CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S. J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2334-2339, 2009.

BRANQUINHO, K. B.; FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; BORSATTO, E. A. Desempenho de uma semeadora-adubadora direta, em função da velocidade de deslocamento e tipo de manejo da biomassa da cultura de cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p. 374-380, 2004.

CAIRES, E. F.; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia**, v. 75, n. 1, p. 87-95, 2016.

CALEGARI, A.; TIECHER, T.; HARGROVE, W. L.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; TOURDONNET, S.; GUIMARÃES, M. F.; SANTOS, D. R. Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 133, p. 32-39, 2013.

CALONEGO, J. C.; POLETO, L. C.; DOMINGUES, F. N.; TIRITAN, C. S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Revista Agrarian**, v. 4, n. 12, p. 84-90, 2011.

CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 33-40, 2002.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; LLANILLO, R. F. **No-till agriculture in southern Brazil: Factors that facilitated the evolution of the system and the development of the mechanization of conservation farming**. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and Instituto Agrônômico do Paraná. 77p. 2012.

CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R.; CONTE, O. Força de tração e mobilização do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 561-566, 2010.

CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R. Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em função do teor de água no solo, profundidade e velocidade de operação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 447-457, 2005.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, 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**, v. 32, n. 1, 2002.

CHERUBIN, M. R.; FABRIS, C.; WEIRICH, S. W.; ROCHA, E. M. T.; BASSO, C. J.; SANTI, A. L.; LAMEGO, F. P. Desempenho agrônômico do milho em sucessão a espécies de cobertura do solo sob sistema plantio direto no sul do Brasil. **Global Science and Technology**, v. 7, n. 1, p. 76-85, 2014.

CONAB, 2020. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2019/20**. Sexto Levantamento, Março 2020. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2020.

COPETTI, E. Os desafios da semeadura. **Seed News**, Ed. XIX, n. 1, 2015.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; VIGNA, G. P.; BORSATTO, E. A.; SILVA, R. P. Desempenho do trator agrícola no manejo da cultura de cobertura e pressão de inflação do pneu da semeadora. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 1, p. 72-80, 2009.

COSTA, M. S. S. M.; PIVETTA, L. A.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. G.; CASTOLDI, G.; STEINER, F. Atributos físicos do solo e produtividade do milho sob sistemas de manejo e adubações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 810-815, 2011.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo

forageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 161-168, 2005.

CRUZ, C. D. Programa genes (versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 648 p. 2013.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. **Circular Técnica 87**; Manejo da cultura do milho. 12 p. Sete Lagoas, 2006a.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. Manejo da cultura do milho em Sistema Plantio Direto. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 233, p. 42-53, 2006b.

CUNHA, M. B.; SOUZA, R. M.; BUSO, W. H. D. Desempenho agrônômico do milho com uso de inseticidas e biorreguladores no tratamento de sementes. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 18564-18575, 2020.

DEPERON JÚNIOR, M. A.; NAGAHAMA, H. J.; OLSZEWSKI, N.; CORTEZ, J. W.; SOUZA, E. B. Influência de implementos de preparo e de níveis de compactação sobre atributos físicos do solo e aspectos agrônômicos da cultura do milho. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 2, p. 367-376, 2016.

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

DRESCHER, S. M.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; DRESCHER, G. L. Resistência à penetração e rendimento da soja após intervenção mecânica em Latossolo vermelho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1836-1844, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5 ed. Brasília, 2018. 356p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Fisiologia da produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. In: SANDINI, I. E.; FANCELLI, A. L. (Ed). **Milho: estratégias de manejo para a região Sul**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária. p. 103-115. 2000.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – **FEBRAPDP**, Evolução da área cultivada no sistema de plantio direto na palha – Brasil. 2018. Foz do Iguaçu. Disponível em: <<https://febrapdp.org.br/download/area-PD-Brasil-e-estados.pdf>>. Acesso em: 05 de maio de 2020.

FERREIRA, E. A.; PROCÓPIO, S. O.; GALON, L.; FRANCA, A. C.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. A.; ASPIAZU, I.; SILVA, A. F.; TIRONI, S. P.; ROCHA, P. R. R. Manejo de plantas daninhas em cana-crua. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 915-925, 2010.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 12, p. 1131-1138, 2015.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; DUARTE, A. P.; LEONEL, C. L. Compactação do solo e produção de cultivares de milho em Latossolo vermelho: I – características de planta, solo e índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 793-803, 2009.

FURLANI, C. E. A.; JÚNIOR, A. P.; LOPES, A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; CORTEZ, J. W. Desempenho operacional de semeadora-adubadora em diferentes manejos da cobertura e da velocidade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p. 456-462, 2007.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; TIMOSSI, P. C. Manejo: trituradores e roçadoras. **Cultivar Máquinas**, n. 18, p. 27-29, 2003.

GERMINO, R.; BENEZ, S. H. Ensaio comparativo em dois modelos de hastes sulcadoras para semeadoras-adubadoras de plantio direto. **Revista Energia na Agricultura**, v. 21, n. 3, p. 85-92, 2006.

GLAT, D. Perspectivas do milho para 2002. **Plantio Direto**, v. 69, p. 15-17, 2002.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13 ed. Piracicaba: Nobel, 468p. 1990.

HERZOG, R. L. S.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R. Produtividade de soja em semeadura direta influenciada por profundidade do sulcador de adubo e doses de resíduo em sistema irrigado e não irrigado. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 771-780, 2004.

JASPER, S. P.; SEKI, A. S.; SILVA, P. R. A.; BIAGGIONI, M. A. M.; BENEZ, S. H.; COSTA, C. Comparação econômica da produção de grãos secos e silagem de grãos úmidos de milho cultivado em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1385-1391, 2009.

KAEFER, J. E.; GUIMARÃES, V. F.; RICHART, A.; CAMPAGNOLO, R.; WENDLING, T. A. Influência das épocas de manejo químico da aveia-preta sobre a incidência de plantas daninhas e desempenho produtivo do milho. **Semina**, v. 33, n. 2, p. 481-490, 2012.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011.

KOPPER, C. V.; MEERT, L.; KRENSKI, A.; BORGUI, W. A.; OLIVEIRA NETO, A. M.; FIGUEIREDO, A. S. T. Produtividade de milho segunda safra em função

de diferentes velocidades de semeadura e densidade de plantas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 22, p. 1-6, 2017.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaio e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, Campinas, v.48, n.2, p.249-262, 1989.

LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B.; MELO, N. R. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, 2016.

LEVIEN, R.; FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; CONTE, O.; CAVICHIOLI, F. A. Semeadura direta de milho com dois tipos de sulcadores de adubo, em nível e no sentido do declive do terreno. **Ciência Rural**, v. 41, n. 6, p. 1003-1010, 2011.

LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p. 1536-1542, 2007.

MACEDO, L. A.; FERNANDES, A. C.; SARDINHA, L. T.; FRANÇA, A. C.; MACHADO, C. M. M.; FERREIRA, B. O.; ARAÚJO, F. H. V.; CRUZ, R. S. Crescimento inicial de milho submetido a diferentes manejos de adubação. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 5880-5893, 2020.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, 2009.

MACHADO, T. M.; REYNALDO, E. F.; VALE, W. G. Semeadoras adubadoras com diferentes mecanismos dosadores de sementes e a influência da velocidade na semeadura do milho. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 118, n. 1, p. 37-42, 2019.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MANTOVANI, E. C.; CRUZ, J. C.; OLIVEIRA, A. C. Avaliação em campo de uma semeadora-adubadora para semeadura de milho de alta densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 1, p. 38-48, 2015.

MARTINS, D.; GONÇALVES, C. G.; SILVA JUNIOR, A. C. Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 649-657, 2016.

MEDEIROS, G. B.; CALEGARI, A. Sistema plantio direto com qualidade: a importância do uso de plantas de cobertura num planejamento cultural estratégico. **Revista Plantio Direto**, ed. 102, 2007.

MERTEN, G. H.; ARAÚJO, A. G.; BISCAIA, R. C. M.; BARBOSA, G. M. C.; CONTE, O. No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 152, p. 85-93, 2015.

MION, R. L.; BENEZ, S. H.; VILIOTTI, C. A.; MOREIRA, J. B.; SALVADOR, N. Análise tridimensional de esforços em elementos rompedores de semeadoras de plantio direto. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1414-1419, 2009.

MODOLO, A. J.; FRANCHIN, M. F.; TROGELLO, E.; ADAMI, P. F.; SCARSI, M.; CARNIELETTO, R. Semeadura de milho com dois mecanismos sulcadores sob diferentes intensidades de pastejo. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 6, p. 1200-1209, 2013.

MODOLO, A. J.; ZDZARSKI, A. D.; SGARBOSSA, M.; PAGNONCELLI JUNIOR, F. D. B.; TROGELLO, E.; DALLACORT, R. Plantabilidade e produtividade de milho sob palhada de aveia preta dessecada em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 3, p. 340-349, 2019.

MONQUERO, P. A.; MILAN, B.; SILVA, P. V.; HIRATA, A. C. S. Intervalo de dessecação de espécies de cobertura do solo antecedendo a semeadura da soja. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 561-573, 2010.

MORAES, P. V. D.; AGOSTINETTO, D.; VIGNOLO, G. K.; SANTOS, L. S.; PANOZZO, L. E.; Manejo de plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 289-296, 2009.

MORAIS, P. P. P.; BORÉM, A. Maior interação com ambiente eleva uso de cultivar transgênico no Brasil. **Visão Agrícola**, n. 13, p. 61-65, 2015.

MURAISHI, C. T.; LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; GOMES JUNIOR, F. G. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 199-207, 2005.

NIELSEN, R. L. Ear Size Determination in Corn. Purdue University, 2007. Disponível em: <<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/earsize.html>>. Acessado em: 29 de Abr. 2020.

NUNES, A. S.; TIMOSSI, P. C.; PAVANI, M. C. M. D.; ALVES, P. L. C. A. Épocas de manejo químico de *Brachiaria decumbens* antecedendo o plantio direto de soja. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 297-302, 2009.

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

OLIVEIRA, L. G.; TAVARES, C. A.; GRIGGIO, A.; DELAI, M.; JUNG, R.; BITENCOURT, R.; SILVA, S. L.; SILVA, T. R. B. Distribuição longitudinal de sementes de milho em função do tipo de dosador de sementes e velocidade de

deslocamento. **Cultivando o Saber**, v. 2, n. 1, p. 140-146, 2009.

OLIVEIRA, P.; NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J.; PORTES, T. A. Crescimento e produtividade de milho em função da cultura antecessora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 239-246, 2013.

PASSOS, F. D. A.; NUNES, J.; BOIAGO, N. P.; ZANATTA, F. S.; CORREA JUNIOR, E. O.; ARAÚJO, L. R. V.; SILVEIRA, H. T. N.; LIMA, G. B. Produtividade do milho em diferentes populações de plantio. **Revista Cultivando o Saber**, Edição Especial, p. 1-11, 2019.

PEREIRA, A. F.; MELO, P. G. S.; PEREIRA, J. M.; ASSUNÇÃO, A.; NASCIMENTO, A. R.; XIMENES, P. A. Caracteres agronômicos e nutricionais de genótipos de milho doce. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 1, p. 104-112, 2009.

PIANA, A. T.; SILVA, P. R. F.; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; SERPA, M. S.; JANDREY, D. B. Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2608-2612, 2008.

PINHO, R. G. V.; GROSS, M. R.; STEOLA, A. G.; MENDES, M. C. Adubação nitrogenada, densidade e espaçamento de híbridos de milho em sistema plantio direto na região sudeste do Tocantins. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 733-739, 2008.

PINTO, D. A.; KRENSKI, A.; MEERT, L.; CHITOLINA, M. P.; BORGHI, W. A. Características agronômicas de milho em função de diferentes espaçamentos entre linhas de semeadura. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 12, n. 1, p. 79-85, 2019.

Pioneer Sementes. **Ficha do produto: 30F53VYH**. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/milho/central-de-produtos/produtos/30f53vyh>>. Acessado em: 30 jul. 2016.

POSSAMAI, J. M.; SOUZA, C. M.; GALVÃO, J. C. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, v. 60, n. 2, p. 79-82, 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. Porto Alegre – RS, cap. 1, p. 7-22. 2016.

REIS, E. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, H. C.; NAIME, J. M.; ARAÚJO, E. F. Densidade do solo no ambiente solo-semente e velocidade de emergência em sistema de semeadura de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 777-786, 2006.

RIQUETTI, N. B.; SOUSA, S. F. G.; TAVARES, L. A. F.; CORREIA, T. P. S.; SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H. Diferentes manejos da palha de aveia preta na produtividade de milho em plantio direto. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 22, n. 2, 2012.

RSTUDIO TEAM. Integrated development for R. Disponível em: <<http://www.rstudio.com>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

SALOMÃO, P. E. A.; KRIEBEL, W.; SANTOS, A. A.; MARTINS, A. C. E. A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p1-21, 2020.

SANCHEZ, E. Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno. 2012. 59 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Unicentro, 2012.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; LECH, V. A.; GRACIETTI, L. C.; RAMPAZZO, C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 271-276, 2001.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J.; PICOLI JR, G. J.; SOUZA, C. A.; CASA, R. T.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; MACHADO, G. C.; HORN, D. Variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha e rendimento de grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 3, p. 268-277, 2012.

SANTOS, A. J. M.; GAMERO, C. A.; BACKES, C.; SALOMÃO, L. C.; BICUDO, S. J. Desempenho de discos de corte de semeadora-adubadora em diferentes quantidades de cobertura vegetal. **Revista Energia na Agricultura**, v. 25, n. 4, p. 17-30, 2010.

SANTOS, N. C. B.; CARMO, S. A.; MATEUS, G. P.; KOMURO, L. K.; PEREIRA, L. B.; SOUZA, L. C. D. Características agronômicas e de desempenho produtivo de cultivares de milho-verde em sistema orgânico e convencional. **Semina**, v. 36, n. 1, p. 1807-1822, 2015.

SANTOS, P. G.; JULIATTI, F. C.; BUIATTI, A. L.; HAMAWAKI, O. T. Avaliação do desempenho agronômico de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 597-602, 2002.

SILVA, J. G.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M. Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 1, 2000.

SILVA, K. F.; COSTA, A. C. T.; LÁZARO, R. L.; DOMUKOSKI, J. F.; DUARTE JÚNIOR, J. B.; OLIVEIRA, P. S. R. Desempenho agronômico do milho para produção de silagem, cultivado em sucessão a plantas de cobertura. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 3, p. 210-218, 2014.

SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. Estratégias de manejo de cobertura de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, 2006a.

SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; ARGENTA, G. Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho. Porto Alegre: Evangraf, 64p. 2006b.

SILVA, R. P.; CORÁ, J. E.; CARVALHO FILHO, A.; FURLANI, C. E. A.; LOPES, A. Efeito da profundidade de semeadura e de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais na temperatura e no teor de água do solo durante a germinação de sementes de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 929-937, 2008.

SILVEIRA, E. J.; ROCHA, F. S.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; CATÃO, H. C. R. M.; ARAÚJO, N. C. A.; BARBOSA, C. F.; SILVA, J. G. Desempenho agrônômico do milho em sucessão ao tomateiro e pastagem em diferentes manejos de adubação. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 21134-21148, 2020.

SILVEIRA, J. C. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. L.; TROGELLO, E. Demanda energética de uma semeadora-adubadora em diferentes velocidades de deslocamento e rotações do motor. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 44-52, 2013.

SILVEIRA, J. C. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. L.; TROGELLO, E. Furrow depth, soil disturbance area and draft force of a seeder-fertilizer at different seeding speeds. **Ceres**, v. 58, n. 3, p. 293-298, 2011.

SOUZA, E. S.; BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A.; BEBÉ, F. V. Crescimento de milho em Latossolo com aplicação de água residuária de suinocultura. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 369-376, 2016.

SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; SOBRINHO, T. A.; FEDATTO, E.; ZANON, G. D.; HASEGAWA, E. K. B. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na produtividade de milho em plantio direto irrigado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, p. 55-62, 2003.

STACCIARINI, T. C. V.; CASTRO, P. H. C.; BORGES, M. A.; GUERIN, H. F.; MORAES, P. A. C.; GOTARDO, M. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Ceres**, v. 57, n. 4, p. 516-519, 2010.

TABILE, R. A.; TOLEDO, A.; GROTTA, D. C. C.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; LOPES, A. Influência do manejo das plantas de cobertura no desenvolvimento da cultura do milho (*Zea Mays* L.). **Nucleus**, v. 4, n. 1-2, 2007.

TARTARI, D. T.; NUNES, M. C. M.; SANTOS, F. A. S.; FARIA JUNIOR, C. A.; SERAFIM, M. E. Perda de solo e água por erosão hídrica em Argissolo sob diferentes densidades de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 3, p. 85-93, 2012.

TAVARES FILHO, J.; RIBON, A. A. Resistência do solo à penetração em resposta ao número de amostras e tipo de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 487-494, 2008.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 573-581, 1998.

TOURINO, M. C. C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 8, 1983, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRRJ, p. 103-116. 1983.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A.; MATTEI, D.; SILVA, H. L.; CARNIELETO, C. E.; GUSTMANN, M. S.; VIOLA, R.; MACHADO, A. Efeitos de resíduos da parte aérea de sorgo, milho e aveia na emergência de plântulas de leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) resistentes a inibidores da ALS. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 443-450, 2006.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCARSI, M.; SILVA, C. L.; ADAMI, P. F.;

DALLACORT, R. Manejos de cobertura vegetal e velocidades de operação em condições de semeadura e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 796-802, 2013.

United States Department of Agriculture – USDA. Foreign Agricultural Service. **World Agricultural Production**. Circular Series, apr. 2020. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 05 de maio de 2020.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; CORRÊA JUNIOR, D.; GRAVINA, G. A.; SOUZA, E. F. Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante a operação de roçagem. **Global Science and Technology**, v. 4, n. 2, p. 68-75, 2011.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. **Manejo de plantas daninhas na cultura do milho**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 20 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 61). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do61.htm>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

VELOSO, M. E. C.; DUARTE, S. N.; DOURADO NETO, D.; MIRANDA, J. H.; SILVA, E. C.; SOUSA, V. F. Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 3, p. 382-394, 2006.

VIAN, A. L.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M.; BREDEMEIER, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 464-471, 2016.

VIEIRA JUNIOR, P. A.; MOLIN, J. P.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P. A.; MASCARIN, L. S.; FAULIN, G. D. C.; DETOMINI, E. R. População de plantas e alguns atributos do solo relacionados ao rendimento de grãos de milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 483-492, 2006.

VILELA, R. G.; ARF, O.; GITTI, D. C.; KAPPES, C.; GOES, R. J.; BEM, E. A.D.; PORTUGAL, J. R. Manejos do milheto e doses de nitrogênio na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 3, p. 234-242, 2012a.

VILELA, R. G.; ARF, O.; KAPPES, C.; KENKO, F. H.; GITTI, D. C.; FERREIRA, J. P. Desempenho agrônômico de híbridos de milho, em função da aplicação foliar de fungicidas. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 25-33, 2012b.

WEIRICH NETO, P. H.; JUSTINO, A.; ANTUNES, R. K.; FORNARI, A. J.; GARCIA, L. C. Semeadura do milho em sistema de plantio direto sem e com manejo mecânico da matéria seca. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 4, p. 794-801, 2012.

WEIRICH NETO, P. H.; SCHIMANDEIRO, A.; GIMENEZ, L. M.; COLET, M. J.; GARBUIO, P. W. Profundidade de deposição de sementes de milho na região dos Campos Gerais, Paraná. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 782-786, 2007.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeitos de métodos e épocas de controle das plantas daninhas na cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, 2000.

ZUBER, S. M.; BEHNKE, G. D.; NAFZIGER, E. D.; VILLAMIL, M. B. Multivariate assessment of soil quality indicators for crop rotation and tillage in Illinois. **Soil and Tillage Research**, v. 174, p. 147-155, 2017.