

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE

CÂMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

HIAGO CANAVESSI

**Eficiência da capina mecânica automatizada no controle
de plantas daninhas na soja em semeadura direta no
sistema orgânico**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ

2023

HIAGO CANAVESSI

**Eficiência da capina mecânica automatizada no controle
de plantas daninhas na soja em semeadura direta no
sistema orgânico.**

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

**Orientador: Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da
Costa**

Coorientador: Prof. Dr. Emerson Fey

Mestrando: Hiago Canavessi

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2023

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

Canavessi, Hiago

Eficiência da capina mecânica automatizada no controle de plantas daninhas na soja em semeadura direta no sistema orgânico. / Hiago Canavessi; orientador Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa; coorientador Prof. Dr. Emerson Fey. -- Marechal Cândido Rondon, 2023.

52 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2023.

1. Controle mecânico. 2. Glycine max. 3. sistema orgânico. I. Vilanova da Costa, Prof. Dr. Neumárcio, orient. II. Fey, Prof. Dr. Emerson, coorient. III. Título.



Universidade Estadual do Oeste do Paraná

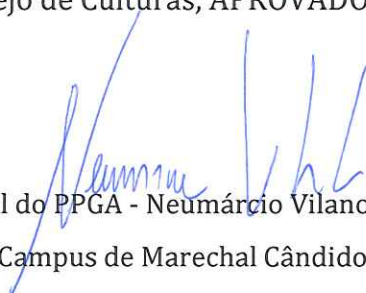
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



HIAGO CANAVESSI

Eficiência da capina mecânica automatizada no controle de plantas daninhas na soja em
semeadura direta no sistema orgânico

Dissertação apresentada à distância, de forma síncrona e por videoconferência,
conforme Resolução nº 052/2020 – CEPE e Instrução de Serviço 003/2022 - PRPPG,
apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos
requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração
Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADO pela seguinte banca
examinadora:


Orientador e Coordenador Especial do PPGA - Neumárcio Vilanova da Costa

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

Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

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

Silvio Douglas Ferreira

Faculdade Unyleya – Campus de Brasília

Marechal Cândido Rondon, 18 de novembro de 2022

**Primeiramente a Deus, a minha família,
aos meus amigos, aos meus professores e
todos aqueles que contribuíram de
alguma forma.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por toda a graça recebida na realização desse trabalho.

Agradeço ao instituto CAPES pela bolsa concebida durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, pelo apoio e recursos dados para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação PPGA, pela oportunidade da realização do mestrado

Agradeço a todos os professores do curso de agronomia, em especial ao meu orientador Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa e ao meu coorientador Prof. Dr. Emerson Fey por toda a paciência, ensinamentos e orientações passados durante esse período de dois anos.

À minha namorada Pietra Scapim da Cunha por todo o amor e apoio na realização deste trabalho.

Agradeço especialmente à Alysson Oliveira de Carvalho por auxiliar nas avaliações utilizando o drone e a todos os outros membros do Grupo de Estudos em Matologia do Oeste Paranaense – GEMOP pelo apoio e companheirismo.

Agradecimento especial à minha mãe Maria de Fátima Camargo por todo o amor e carinho, pois sem ela não conseguiria chegar até aqui.

Serei eternamente grato a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

**“Nós somos aquilo que fazemos repetidamente.
Excelência, portanto, não é um ato e sim um hábito”.**

(Aristóteles)

RESUMO

CANAVESSI, H. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, dezembro de 2022. **Eficiência da capina mecânica automatizada no controle de plantas daninhas na soja em semeadura direta no sistema orgânico.** Orientador: Neumárcio Villanova da Costa. Coorientador: Emerson Fey.

Um dos principais gargalos para a produção orgânica, o controle de plantas daninhas normalmente realizadas por via mecânico-manual como também por via mecânico-automatizada em alguns países. Esses equipamentos automatizados operam com base em sistemas de reconhecimento e orientação, por via de câmeras e até mesmo sistema GPS. O controle das plantas daninhas é realizado por meio do corte sub superficial das raízes realizado por cultivadores. Contudo, a eficiência de controle pode ser afetada devido à presença de cobertura vegetal na superfície do solo, prejudicando o corte das plantas daninhas e podendo ocasionar arranque das plantas de soja. Sendo assim, objetivou-se avaliar a eficiência da capinadora automatizada modelo CHOPSTAR® (Einböck) com direcionamento por câmera (ROW-GUARD®) de diferentes sistemas de cultivadores e do tipo de cobertura do solo no manejo das plantas daninhas na soja em plantio direto orgânico. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por três tipos de plantas de cobertura (centeio, aveia preta + nabo forrageiro e área em pousio). As subparcelas corresponderam a cinco tratamentos, compostos por: sistema de capina com cultivador tipo “Asa de Andorinha Plana” (Capinadora 1), sistema de capina com cultivador tipo “Asa de Andorinha Plana” complementado com capina manual na linha de semeadura (Capinadora 1 + CM), sistema de capina com cultivador tipo “Disco Horizontal Plano” (Capinadora 2), além de uma testemunha capinada manualmente e outra sem controle das plantas daninhas. O período que obteve menores índices de massa seca e de densidade de plantas daninhas nas coberturas de centeio e no consórcio. Entre as principais espécies de plantas daninhas encontradas em ambos os períodos de avaliação, se destacaram a *C. benghalensis*, *D. insularis* e *B. pilosa*. O manejo de plantas daninhas foi mais eficiente ao se trabalhar com o cultivo de centeio como planta de cobertura e como sistema de corte o Capinadora 1 (“Asa de Andorinha Plana”) complementado com capina manual.

Palavras-Chave: Controle mecânico, *Glycine max* L., sistema orgânico

ABSTRACT

CANAVESSI, H. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, December 2022. **Efficiency of automated mechanical weeding in controlling weeds in soybean under direct seeding in the organic system.** Advisor: Neumárcio Villanova da Costa. Co-advisor: Emerson Fey.

One of the main bottlenecks for organic production is the control of weeds, usually carried out mechanically manually as well as mechanically automated in some countries. These automated equipment operate based on recognition and guidance systems, via cameras and even a GPS system. Weed control is carried out by means of sub-superficial cutting of the roots carried out by cultivators. However, the efficiency of control can be affected due to the presence of vegetation cover on the soil surface, impairing the cutting of weeds and possibly causing uprooting of soybean plants. Therefore, the objective was to evaluate the efficiency of the automated weeding machine model CHOPSTAR® (Einböck) with camera guidance (ROW-GUARD®) of different cultivator systems and the type of soil cover in the management of weeds in soybean under no-tillage organic. The experimental design was in randomized blocks in a split-plot scheme, with four replications. The plots were composed of three types of cover crops (rye, black oats + fodder radish and fallow area). The subplots corresponded to five treatments, consisting of: weeding system with a “Flat Andorinha Wing” cultivator (Weeding Machine 1), weeding system with a “Flat Andorinha Wing” cultivator complemented with manual weeding in the sowing line (Weeding Machine 1 + CM), weeding system with a “Horizontal Flat Disc” type cultivator (Weeding Machine 2), in addition to a manually weeded control and another without weed control. The period that obtained the lowest indices of dry mass and weed density in the rye cover crops and in the consortium. Among the main weed species found in both evaluation periods, *C. benghalensis*, *D. insularis* and *B. pilosa* stood out. Weed management was more efficient when working with the cultivation of rye as a cover crop and as a cutting system Capinadora 1 (“Asa de Andorinha Plana”) complemented with manual weeding.

Keyword: Mechanical control, *Glycine max* L, organic system

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	11
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 IMPORTÂNCIA DA PALHADA NO SISTEMA PLANTIO DIRETO DE CULTIVO ORGÂNICO	13
2.2 INFLUÊNCIAS DA COBERTURA VEGETAL NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS.....	14
2.3 CONTROLES DE PLANTAS DANINHAS.....	15
2.4 CAPINA MECÂNICA AUTOMATIZADA DE PLANTAS DANINHAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO.....	17
3- MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4- RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
5- CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

1- INTRODUÇÃO

Entre os países com área destinada a produção orgânica, como o Brasil e os EUA, destaca-se a Austrália com 35,69 milhões de hectares, sozinho este país representa aproximadamente 50% da área global destinada à produção orgânica. Entre os dez maiores países da América Latina com maior área destinada à agricultura orgânica, a Argentina encontra-se em primeiro com 3,67 milhões de hectares, já o Brasil se encontra na quarta posição com 1,28 milhões de hectares. Nos últimos anos, com exceção do continente asiático, houve aumento na área destinada à produção orgânica (ASSIS, 2002).

No Brasil, o número de agricultores ligados à produção orgânica, em quase uma década, passou de 9 mil em 2013 para mais de 24 mil em 2021 (WILLER et al., 2021). Contudo, a certificação da produção orgânica ainda é um entrave no Brasil, pois o comércio de produtos de origem orgânica somente é autorizado mediante certificação do produtor por alguma instituição certificadora credenciada no Ministério da Agricultura.

O principal sistema de cultivo utilizado no Brasil nas grandes culturas como soja e milho, chama-se Sistema de Plantio Direto (SPD), esse sistema consiste em um conceito de plantio sobre a palhada, na qual há apenas o revolvimento do solo na linha de plantio. Formado por três pilares fundamentais: o não revolvimento do solo, rotação de culturas e a manutenção da palhada no solo, sendo assim o SPD é um sistema conservacionista de solos, pois não promove revolvimento de solo, por outro lado favorece a manutenção da palhada na superfície do solo, condicionando-o através do uso de plantas de cobertura.

A palhada em decomposição no solo auxilia no controle devido a composto alelopático que são liberados durante o processo de decomposição, afetando o banco de sementes presente no solo, interferindo diretamente na germinação e emergência das plantas daninhas. Além disso, fatores como o tipo da comunidade infestante e sua disseminação na área, bem como a capacidade de competição da cultura, afeta o controle destas plantas daninhas (YAMAUTI et al., 2011; COSTA et al., 2018).

A competição da cultura com plantas daninhas leva a perda de produtividade por conta da influência do efeito chamado de mato-competição, com isso, interfere em características agrônomicas na cultura da soja. Entre elas, afeta a formação de folhas, interfere na altura da planta, fatores considerados por alguns autores como fundamentais para que a cultura assegure sua vantagem competitiva (JANNINK et al., 2000; LAMEGO et al., 2004).

Entre os principais métodos de controle de plantas daninhas, podemos destacar o químico, biológico, físico e o mecânico utilizado sobre tudo em pequenas propriedades rurais. Infelizmente no Brasil não há muitos estudos sobre o uso de cultivadores automatizados em sistema de cultivo orgânico da soja. Em países onde o cultivo orgânico é mais difundido, o uso de cultivadores mecânicos automatizados para o controle e plantas daninhas torna-se uma alternativa viável e passível de uso em áreas com emprego do manejo químico de plantas daninhas (FENNIMORE et al., 2016).

Para realizar a capina corretamente, a capinadora deve conter um sistema de orientação na qual, permita que opere na entre linha da cultura causando o mínimo de perda de plantas de soja. O sistema de uma capinadora automatizada pode ser guiado por diferentes sistemas de orientação, por sistema de detecção em tempo real (Real-Time-RTK), sistemas GPS (Global Positioning Systems) e por combinação de ambos sistemas de detecção e mapeamento. (PÉRES-RUIZ et al., 2014).

Devido ao uso de câmeras, as máquinas podem reconhecer padrões de linhas de cultivo realizando o controle na entre linha e na linha da cultura, por meio de dedos/hastes flexíveis ou sistemas de mini enxadas. A máquina é controlada por sistemas eletrohidráulicos e assim tornando esse sistema automático mais eficaz e mais rápido (ASCARD e FOGELBERG, 2008; FENNIMORE et al., 2010 e 2014).

Ao realizar estudo com a capinadora automatizada, FEY et al. (2020), observou redução no estande de plantas de soja cultivar BRS 284 e CD 2016, utilizada em duas épocas, aos 22 e 47 dias, esta redução ocorreu devido ao corte de plantas de soja pela capinadora, podendo ocorrer mais cortes de plantas conforme o número de capinas e ao se trabalhar com uma densidade de soja maior. Contudo a eficiência de controle e até mesmo dano a cultura vai depender de da cultivar utilizada e do número de capinas realizadas na área.

Portanto as hipóteses deste presente trabalho estão ligadas ao fato que diferentes tipos de capinadoras em diferentes tipos de cobertura vegetal, dentro do Sistema de Plantio Direto podem influenciar no controle de plantas daninha.

Objetivou-se avaliar a eficiência da capinadora automatizada modelo CHOPSTAR® (Einböck) com direcionamento por câmera (ROW-GUARD®) de diferentes sistemas de cultivadores e do tipo de cobertura do solo no manejo das plantas daninhas na soja em plantio direto orgânico.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTÂNCIA DA PALHADA NO SISTEMA PLANTIO DIRETO DE CULTIVO ORGÂNICO

De acordo com a ONU estima-se que até o ano de 2050 a população mundial passe dos atuais 7,7 para 9,7 bilhões de pessoas no mundo, enquanto que para a América Latina há expectativa de aumento de 18% em sua população nos próximos 30 anos (ONU, 2019). Devido a esse aumento populacional, é preciso garantir acesso a alimentos com maior qualidade e quantidade para suprir a demanda de um público que, está cada vez mais exigente que tem prioridade por projetos sustentáveis, visando à redução do impacto ambiental em sua cadeia de produção (STRUICK, 2017).

A agricultura para se tornar sustentável deve começar com o correto manejo de solos, pois assim pode se preservar a suas qualidades físicas, químicas e biológicas. A preservação destas qualidades pode ser realizada por práticas culturais que evitem ao máximo o revolvimento do solo, como a adoção do Sistema Plantio Direto (SPD), (ANSCHAU et al., 2018).

Entre os princípios que formam o conceito do SPD, o uso de plantas de cobertura e rotação de cultura se mostram importantes estratégias dentro do MIPD. A combinação desses fatores implica na quantidade de biomassa depositada na superfície do solo, promovendo a chamada manutenção de palhada. Esta palhada apresenta diversos benefícios, entre eles a capacidade de supressão física e mecânica de planta daninha, além de agregar benefícios químicos, físicos e biológicos ao solo (FRANCHINI et al., 2011; MERTEN et al., 2015).

As plantas de cobertura auxiliam também na melhoria da fertilidade do solo, devido ao sistema radicular volumoso, em especial das gramíneas, ao explorar camadas profundas do solo consegue transportar minerais que serão disponibilizados após a decomposição das plantas, este efeito conhecido chama-se ciclagem de nutrientes. (MENDONÇA et al., 2013). Solos brasileiros naturalmente são pobres em fósforo e algumas plantas de cobertura exsudam de suas raízes enzimas como fitases, fofolipases e nucleases, essas enzimas proporcionam maior disponibilização do P no solo (CARNEIRO et al., 2004; KUNZE et al., 2011).

Não existe uma escolha perfeita se tratando de plantas de cobertura, visto que, há enorme quantidade de espécies que podem ser cultivadas, sendo que cada uma possui seus benefícios para a melhora na qualidade do solo, é importante escolher espécies com boa

adaptabilidade para a área escolhida, com rápido crescimento e não competir com a cultura de interesse (FONSECA et al., 2017).

A manutenção da palhada utilizando o Sistema de Plantio Direto apresenta um fator importante para melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo, favorecendo assim um bom desenvolvimento da cultura e também para o controle de plantas daninhas devido aos efeitos físicos e alelopático impostos pela palhada no aparecimento de plantas daninhas.

2.2 INFLUÊNCIAS DA COBERTURA VEGETAL NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

Uma planta daninha pode ser descrita como qualquer planta com potencial de ocasionar algum dano indireto ao homem ou ao meio ambiente (DE MELO et al., 2022). Em qualquer sistema de plantio, a convivência de plantas daninhas com a cultura de interesse irá ocasionar o chamado efeito de mato-competição, efeito este que é reflexo da competição por recursos naturais (água, luz e nutrientes) entre as plantas daninhas e a cultura.

Um ponto importante a respeito de plantas de cobertura está na sua capacidade de supressão de plantas daninhas está relacionado ao volume depositado na superfície do solo e na velocidade de sua decomposição. A taxa de decomposição pode variar em função da atividade microbológica do solo, do clima, composição das plantas de cobertura e também de sua relação C/N, sendo assim, quanto maior for esta relação menor será a taxa de decomposição permitindo que a palhada permaneça mais tempo na superfície do solo (CARVALHO et al., 2012; PERIN et al., 2015). Desta forma o desempenho está ligado diretamente com a relação C/N do consórcio, com isso a mistura de gramínea proporciona uma taxa intermediária da relação C/N entre os consórcios. Sendo assim a relação C/N está ligada a taxa de decomposição e liberação de N para as culturas em sucessão (GIACOMINI, 2003).

Na fase inicial de desenvolvimento de uma cultura, a convivência com plantas daninhas pode gerar grande perda produtiva. Em seu trabalho, Rizzati et al. (2004), observou durante as quatro primeiras semanas de desenvolvimento da cultura do sorgo, uma redução de 40 a 97% na produtividade em relação a área que foi conduzida sem a presença de plantas daninhas.

Em seu trabalho Meschede et al. (2004) verificou decréscimo na produtividade da soja BRS – 133 devido a interferência de plantas daninhas, sendo assim determinando um período de controle entre 11 e 68 Dias Após a Emergência (DAE), a perda diária na produtividade foi de aproximadamente $6,5 \text{ Kg ha}^{-1}$, ocasionando uma redução final de 38% na produtividade.

Contudo, a competição entre plantas depende de vários fatores, entre eles a cultivar utilizada, tipo da comunidade infestante e sua respectiva densidade e distribuição pela área e também o fator de manejo é fundamental para poder favorecer a cultura diante da competição (BACHEGA et al., 2013).

2.3 CONTROLES DE PLANTAS DANINHAS

Para traçar o melhor método de controle de plantas daninhas é necessário conhecer os períodos de interferência da cultura. Entre os períodos estão o período anterior à interferência (PAI), período crítico de prevenção à interferência (PCPI) e também o período total de prevenção de interferência (PTPI). O PAI corresponde ao período após a emergência em que a cultura pode permanecer em convivência com plantas daninhas, o PCPI, período em que a cultura deve ser mantida livre de plantas daninhas e o PTPI é o período que se estende do início do PAI até o final do PCPI, compreendendo todo o período de manejo de plantas daninhas dentro do ciclo da cultura. (PITELLI et al., 1995).

A adoção de uma boa estratégia de controle contribui para evitar perdas significativas na produtividade de qualquer cultura, entre os fatores que compõe uma boa estratégia, a adoção de um sistema de plantio que por meio de pilares conservacionistas contribui no controle de plantas daninhas com métodos como a rotação de culturas e uso de adubos verdes, proporcionando melhorias tanto à cultura como ao solo.

Dentro do Sistema de Plantio Direto (SPD) o controle de plantas daninhas pode ser realizado tanto por meio físico como também alelopático. A manutenção da palhada proporcionada pelo uso de adubação verde contribui para a supressão de plantas daninhas ao evitar a incidência direta da luz solar e assim prejudicar a emergência do banco de sementes e também ao servir como barreira física, impedindo o crescimento das daninhas. (TEASDALE e MOHLER, 2000; HARTWIG e AMMON, 2000; MIRSKY et al., 2013).

A palhada produzida no manejo de plantas de cobertura possui diversos efeitos físicos importantes que auxiliam no controle de plantas daninhas: como a inibição de processos germinativos em sementes fotoblásticas positivas, necessitam de determinado comprimento

de onda da luz para sua germinação, auxilia também no controle da variação térmica do solo impedindo a germinação de plantas daninhas (MONQUERO et al., 2009).

Em um trabalho realizado por Lamego et al. (2013) ao estudar métodos de controle de planta daninha na cultura da soja, cultivar BMX Energia, observou que o efeito supressivo da palhada de aveia preta e de nabo forrageiro no controle da buva (*Conyza bonariensis*), não interferiu na produtividade da soja, independentemente da planta de cobertura utilizada, os resultados mostraram a produtividade na soja de aproximadamente 3700 Kg ha⁻¹ para aveia-preta e de 4000 Kg ha⁻¹ para nabo forrageiro. Outra vantagem em se utilizar plantas de cobertura está no fato de apresentarem dupla finalidade, podendo o agricultor comercializar a produção obtendo maior lucro como, por exemplo, a aveia branca ou preta e o trigo (MAHMOOD et al., 2015).

Plantas daninhas que possuem sementes com grande reserva energética e que não necessitam de luz para germinar, como o caso do capim rabo de lagarto (*Rottboellia exaltata*), pode ser suprimido por meio da palhada depositada na superfície do solo (MONQUERO et al., 2012).

Outro efeito realizado pelas plantas de cobertura, após o seu manejo, está na germinação do banco de sementes de plantas daninhas que através do efeito alelopático dessas plantas de cobertura apresentam, isto é, um efeito entre plantas na qual uma causa inibição ou estímulo à outra por meio de liberação de substâncias químicas, podendo atuar na redução da população infestante de daninhas (SCHOLBERG et al., 2006).

A alelopatia pode ser entendida como um efeito direto ou indireto, podendo ocasionar algum benefício ou malefício de uma determinada planta sobre outra planta, podendo ser da mesma espécie ou não, esse efeito está ligado ao metabolismo secundário da planta, na qual estes compostos químicos são liberados no ambiente em diferentes formas, podendo ser via decomposição de matéria orgânica, exsudação radicular ou devido à substâncias voláteis no ar (SOUZA et al., 2006).

As plantas de cobertura podem ser utilizadas na entressafra, como mostra o trabalho feito por Araújo et al. (2019) mostrando que ao se trabalhar com uma boa cobertura vegetal, no período de pré-semeadura do arroz de terras altas, teve redução de aproximadamente 99% na quantidade de massa seca de plantas daninhas aos 75 dias após o plantio e de 92% de redução aos 225 dias após o plantio, em relação ao tratamento a parcela de controle, denominada de “Pousio”.

Portanto, podemos utilizar aveia preta como planta de cobertura de forma singular ou associada com nabo forrageiro por exemplo. Pertencente à família Brassicaceae é ótima como planta de cobertura, pois produz elevada quantidade de biomassa, tolerante a solos fracos com acidez elevada e por promover melhoras nas qualidades físicas do solo por meio de uma subsolagem natural promovida por suas raízes (BUENO & RODRIGUES, 2019). Contudo, apesar da aveia preta ser a gramínea mais utilizada como planta de cobertura, o consórcio entre gramíneas e leguminosas para cobertura do solo apresenta melhor desempenho da proteção do solo.

2.4 CAPINA MECÂNICA AUTOMATIZADA DE PLANTAS DANINHAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO.

No sistema de cultivo orgânico o controle de plantas daninhas ainda é um dos principais entraves para os produtores, contudo o manejo integrado de plantas daninhas ainda é pouco adotado entre eles. Sendo assim, o nível de controle de plantas daninhas é dependente de diversos fatores como as espécies presentes no local, densidade de infestação, condições climáticas e características regionais (BROWN et al., 2018).

Dentro do manejo integrado de plantas daninhas, além do uso de plantas de cobertura para manutenção da palhada, EXISTE o método de controle mecânico, na qual constitui uma forma manual por meio da capina convencional e por meio mecânico automatizado por via de implementos adaptados com sistemas de orientação.

O controle mecânico ainda é considerado o principal meio de controle de plantas daninhas realizados por produtores orgânicos ao redor do mundo. Contudo no Brasil ainda há pouca informação na literatura sobre o uso de equipamentos para o controle mecânico automatizado de plantas daninhas (COSTA et al., 2018).

Uma capinadora automatizada com um sistema de reconhecimento de plantas daninhas pode reduzir a infestação de plantas daninhas em até 40 %, contudo esse percentual depende do nível de infestação (LATI et al., 2016). Em condições em que há para a planta daninhas algum fator de estresse como escassez hídrica, poderia ser interessante utilizar capinadoras com sistema de corte acima da superfície do solo, chegando em até 80% de controle de plantas daninhas (ONETO et al., 2010).

Em países desenvolvidos, aonde a tecnologia de controle automatizado está mais consolidado, o uso desse método possui a vantagem de economizar mão-de-obra e tempo de

serviço. Levando em consideração que, em média um homem leva aproximadamente 15 minutos para realizar uma capina numa área de 100 m², com a capinadora automatizada esse tempo cai para 6 minutos, em média (PÉREZ-RUIZ et al., 2014).

A capinadora mecânica automatizada pode se ajustar conforme a necessidade em relação ao espaçamento da cultura por meio de sistema hidráulico, dessa forma a orientação corte segue na entre linha de acordo com o reconhecimento da linha da cultura, evitando danos (TILLET et al., 2008). Para o direcionamento da máquina na entre linha da cultura sem causar danos o sistema de câmeras de reconhecimento são fundamentais para garantir velocidade operacional e alta precisão no controle de plantas daninhas. Entre as máquinas comercializadas na Europa destaca-se a empresa Einbock com o modelo ROWGUARD CHOPSTAR[®] (MELANDER et al., 2015; FENNIMORE, 2010; 2016; FEY, 2020).

O controle mecanizado de plantas daninhas já era praticado no Brasil muito antes do surgimento do Sistema de Plantio Direto (SPD), realizado por meio de um implemento acoplado ao trator e dirigido manualmente, mas devido as condições brasileiras, como chuvas intensas em certos períodos do ano e o declínio das áreas de cultivo, tornavam os solos predispostos ao efeito da erosão prejudicando a sustentabilidade do sistema (FEY et al., 2020).

O fato do SPD possuir como um pilar fundamental a manutenção de palhada na superfície do solo, o desenvolvimento de maquinário que possa operar nestas condições se torna necessário o desenvolvimento de mecanismos de corte da palhada, com o mínimo de revolvimento do solo, tornando-se necessário para um efetivo controle mecânico de plantas daninhas e também para evitar danos na cultura dentro do sistema de produção orgânica (CORDILL, 2011). Todavia, a capinadora mecânica automatizada é um tipo de implemento agrícola ser desenvolvido para um sistema convencional, aonde não há presença de palhada na superfície do solo, como o caso de países europeus que realizam o revolvimento no solo, há a necessidade de buscar maneiras para realizar o mínimo possível de revolvimento da palha presente no solo. Sendo assim, algumas adaptações foram realizadas no modelo ROWGUARD CHOPSTAR[®] para operar no sistema de plantio direto.

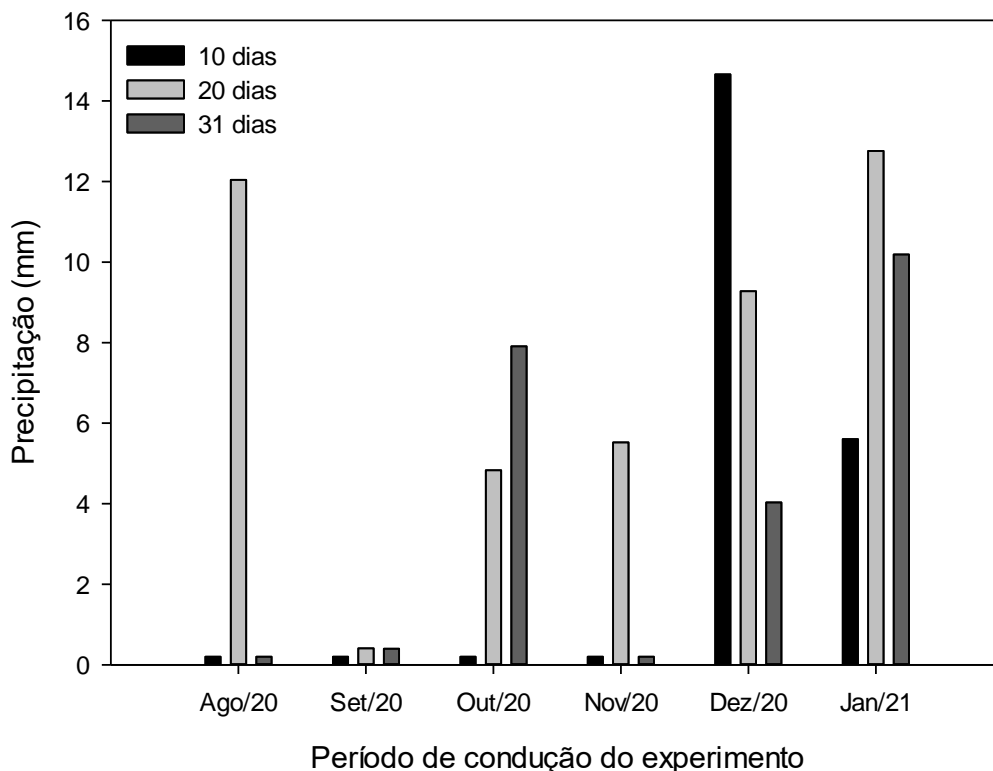
As adaptações realizadas na capinadora foram a adição de discos de cortes verticais na parte frontal da máquina, devido a presença de palhada na superfície do solo houve a necessidade da instalação dessa adaptação para estar realizando o corte desta palhada, evitando um efeito chamado “embuchamento”, na qual consiste no acúmulo de matéria

vegetal no sulcador dos implementos. Outra adaptação realizada foi à substituição dos discos de corte de plantas daninhas, originalmente em formato de asa de andorinha, sendo substituído por discos horizontais planos.

3- MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no segundo semestre de 2020, em condições de campo, na Estação Experimental Professor Alcibiades Luiz Orlando, localizado em Entre Rios do Oeste (latitude 24° 43' S e longitude 54° 14' W e com altitude de 260 metros), pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus de Marechal Cândido Rondon - PR. O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf), de textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

Na Figura 1, são apresentados os dados de precipitação pluviométrica referente ao período de realização deste trabalho.



Fonte: ÁGUASPARANÁ –Instituto de Águas do Paraná, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2021.

Figura 1- Precipitação pluviométrica correspondente ao primeiro, segundo e terceiro decêndio dos meses de Agosto de 2020 à Janeiro de 2021. Entre Rios do Oeste – PR, 2020.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por três tipos de plantas de cobertura (centeio, aveia preta + nabo forrageiro e uma área em pousio). As subparcelas corresponderam a cinco tratamentos, compostos por: sistema de capina com cultivador tipo “Asa de Andorinha Plana” (Capinadora 1), sistema de capina com cultivador tipo “Asa de Andorinha Plana” complementado com capina manual na linha e na entre linha de semeadura (Capinadora 1 + CM), sistema de capina com cultivador tipo “Disco Horizontal Plano” (Capinadora 2), além de uma testemunha capinada manualmente e outra sem controle das plantas daninhas. Cada subparcela tinha 5m de largura por 20m de comprimento, totalizando 100m².

A semeadura das plantas de aveia preta + nabo forrageiro e centeio, ocorreu no dia 12/06/2020. As cultivares utilizadas foram a aveia preta BRS 139 + nabo forrageiro e o centeio BRS Serrano. A densidade de semeadura da cobertura de centeio e do consórcio foi de 80 Kg ha⁻¹, contudo para o consórcio foi utilizado 60 kg de nabo forrageiro complementado com 20 Kg de aveia preta por hectare. Para a adubação foi utilizado, 300 kg ha⁻¹ do formulado (NPK) 7-10-10 + S, um organomineral. O manejo das plantas de cobertura foi realizado por meio do uso de rolo faca, ocorrido no dia 04/09/2020.

A cultivar de soja utilizada neste trabalho foi a BRS 525, uma cultivar precoce com crescimento indeterminado, pertencente ao grupo de maturação 5.6. Foi realizado o tratamento de sementes antecedendo o plantio, utilizando os inoculantes Total Nitro[®] na dose de 2 ml Kg⁻¹ e Acc Max[®] na dose de 100 ml ha⁻¹, sendo à base de *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis* e *B. pumilus*, respectivamente. A semeadura da soja ocorreu no dia 18/10/2020, utilizando 300 kg ha⁻¹ de adubo organomineral na formulação (NPK) 2-20-18 e com densidade plantio de 16 plantas m⁻¹.

A capina mecânica automatizada foi realizada apenas uma única vez, aos 27 dias após a semeadura da soja (DAS), no dia 14/11/2020, com auxílio da capinadora automatizada do modelo “ROWGUARD CHOPSTAR[®]” da empresa Austríaca Einbock[®]. Esta capinadora automatizada possui um sistema de câmera que reconhece padrões de linhas de cultivo e assim realizando o controle de plantas daninhas na entrelinha da cultura, por meio de um sistema de cultivadores que podem apresentar diferentes configurações e controlando plantas daninhas na linha de semeadura por meio de hastes e dedos flexíveis.

Para o desenvolvimento de trabalhos em condições de presença de palhada, foi adaptado um conjunto de 10 discos de corte verticais para a palhada, evitando que a máquina acumule esse tipo de material entre as linhas de corte causando um efeito de embuchamento e que descubra o solo. Esta adaptação se fez necessária devido a máquina ser originalmente projetada para solos sem a presença de palhada em sua superfície.

Foi realizada a quantificação da importância relativa e a densidade populacional (pl m. linear⁻¹) das principais espécies de plantas daninhas encontradas na área nos períodos anterior a capina mecânica, aos 15 e 50 dias após a capina. A quantificação de massa seca (kg ha⁻¹) da comunidade de plantas daninhas foi realizada até o fechamento da linha pela cultura, avaliado em quatro épocas distintas, sendo ao 0, 15, 35 e aos 50 dias pós a capina (DAC), sendo zero como data anterior a capina. Para isso foi utilizado o método do quadrado inventário, utilizando-se quadros de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m), lançados duas vezes ao acaso em cada subparcela. As amostras para massa seca foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar em 65° C por 72h, em seguida pesada em balança de precisão para quantificar os resultados em t ha⁻¹.

Foram realizadas avaliações envolvendo porcentagem palhada na superfície do solo, porcentagem cobertura de material vegetal (plantas de soja + plantas daninhas) e porcentagem de solo exposto. Para realizar estas avaliações foi utilizado a análise de imagens obtidas por sobrevoo com drone, o modelo de drone utilizado neste trabalho foi o PHANTON 4 Advanced, equipado com câmera RGB.

As fotografias foram retiradas nos períodos anterior a capina, 1 DAC e 20 DAC, tendo os planos de voo ajustados em 50 m de altitude utilizando o aplicativo PILOT. As imagens obtidas nos sobrevoos foram processadas através do software chamado SisCob, o programa foi desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), por meio do programa Rede de Agricultura de Precisão (JORGE e SILVA, 2010).

O programa SisCob é uma ferramenta que utiliza metodologias de classificações e processamentos de imagens, desta forma o programa consegue, através de reconhecimento de padrões de cores pré-estabelecidas: amarela = palhada, vermelho = solo e verde = vegetação. E assim formar mapas temáticos para calcular em porcentagem de solo, vegetação e palhada de cada tratamento (JORGE e SILVA, 2009).

A determinação da produtividade (kg ha⁻¹) foi realizada ao final do ciclo da soja (Janeiro de 2021), em estágio de maturação plena, sendo realizada para isso, a colheita de

uma área útil correspondente a 5 linhas de soja por 18 m de comprimento totalizando 45 m² em cada subparcela.

Os resultados das avaliações foram submetidos ao teste Tukey a 5 % de probabilidade utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Na Figura 2 está descrita a importância relativa das principais espécies de plantas daninhas encontradas na cobertura com CONSÓRCIO (aveia preta + nabo forrageiro), centeio e no pousio e nos diferentes tratamentos.

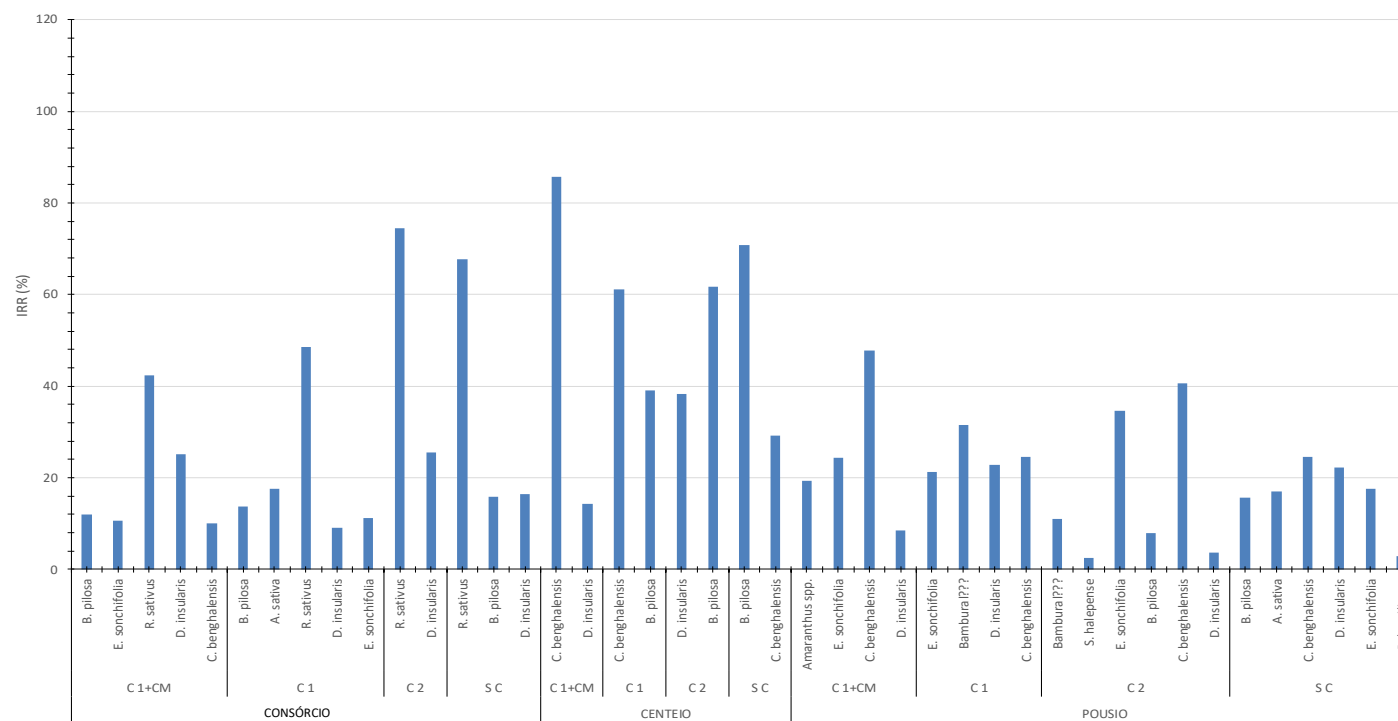


Figura 2 - Índice de Importância Relativa (%) das espécies de plantas daninhas antes da capina mecanizada automatizada em diferentes tipos de palhada. C1+CM (Capinadora 1 + Capina Manual), C1 (Capinadora 1 isolada), C2 (Capinadora 2) e SC (Sem Capina).

No período anterior a capina, as principais espécies de plantas daninhas identificadas eram o nabo forrageiro (*R. sativus*), trapoeraba (*C. benghalensis*), picão-preto (*B. pilosa*) e o capim-amargoso (*D. insularis*), obtendo maiores níveis de importância no tratamento com o novo sistema de capina complementado com capina manual (C1+CM), com o sistema antigo de capina (C2) e na área sem capina (SC).

Entre as coberturas avaliadas, as plantas daninhas na área cultivada com centeio apresentaram os maiores níveis de importância relativa, sendo de aproximadamente 85% para trapoeraba (*C. benghalensis*) para o tratamento C1+CM e para o tratamento composto apenas pela nova capinadora (C1). O picão-preto (*B. pilosa*) possui grande importância no tratamento SC (70%) e no tratamento C2 com 60 %.

Na área cultivada com o CONSÓRCIO, observou uma alta importância relativa para a espécie de nabo-forrageiro (*R. sativus*) em todos os tratamentos testados, com aproximadamente 80% no tratamento C2 e de 70% no tratamento SC.

A trapoeraba (*C. benghalensis*) na área sem plantas de cobertura apresentou 50% de importância relativa tratamento C1+CM e de 40% para trapoeraba e de aproximadamente 35 % para a falsa-serralha (*E. sonchifolia*) no tratamento C2. Apesar da área em pousio apresentar valores baixos de importância relativa entre as coberturas, verificou que foi a área aonde encontra-se um maior número de espécies de plantas daninhas.

Aos quinze dias após a capina se observou o aumento de importância do leiteiro no cultivo da soja sobre a cobertura do centeio aonde não houve capina (Figura 3).

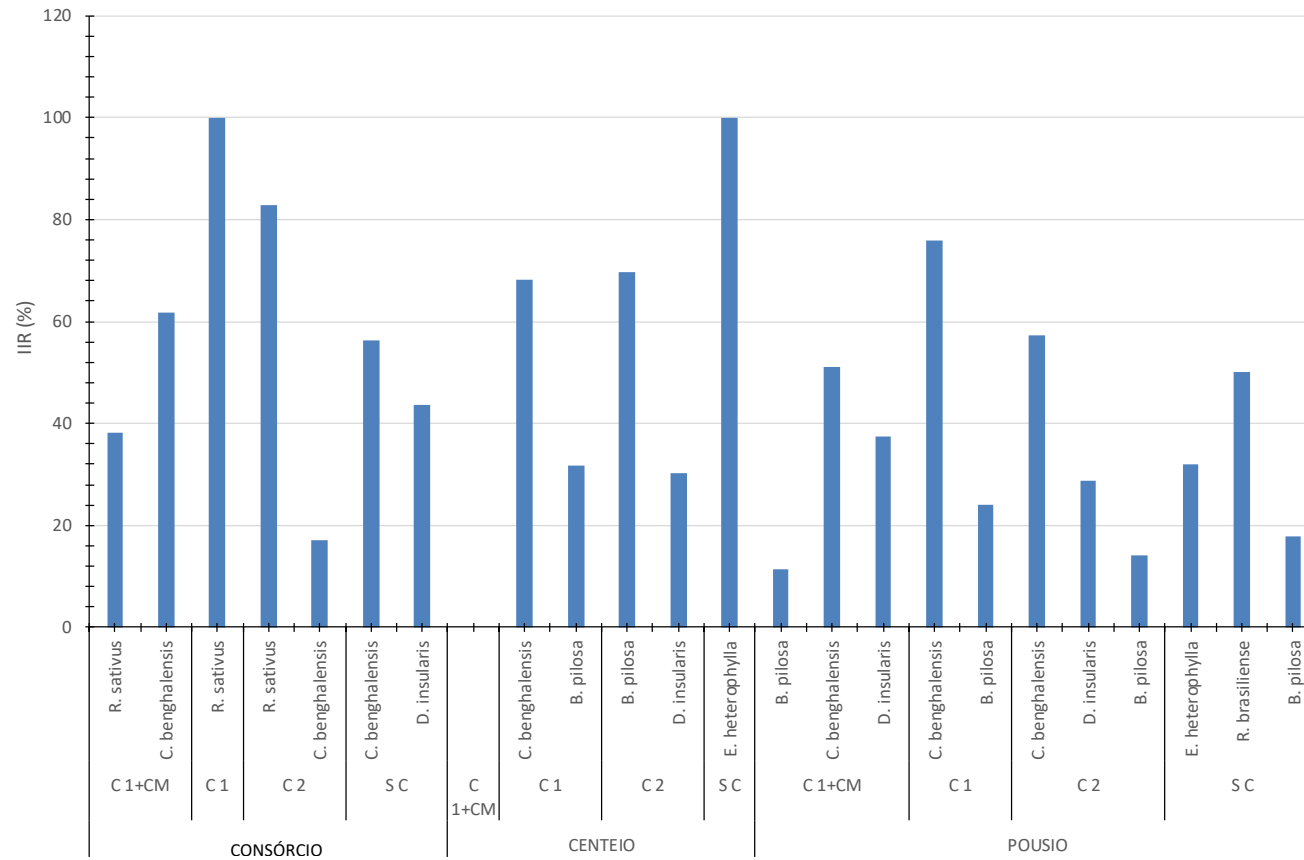


Figura 3 - Índice de Importância Relativa (%) das espécies de plantas daninhas aos 15 dias após da capina mecanizada automatizada em diferentes tipos de palhada. C1+CM (Capinadora 1 + Capina Manual), C1 (Capinadora 1 isolada), C2 (Capinadora 2) e SC (Sem Capina).

Aos 15 dias após a capina (Figura 3) entre as espécies de plantas daninhas observadas destacam-se: a trapoeraba (*C. benghalensis*), o nabo-forrageiro (*R. sativus*), poaia-branca (*R. brasiliensis*) e também verifica-se a alta incidência do leiteiro (*E. heterophylla*). Na cobertura com consórcio (nabo-forrageiro + aveia preta) não houve incidência de *D. insularis*, *E. heterophylla* e *B. pilosa*, em relação ao período anterior a capina.

Na cobertura de centeio observou-se que não houve presença de *C. Benghalensis* no tratamento C1+CM e aumento no tratamento C1 isolado. No tratamento C2, a planta daninha mais relevante foi o *B. pilosa* com 70 % e 30% para *D. insularis*. No tratamento SC se observou prevalência apenas da espécie *E. heterophylla*. Não foi observado presença de nenhuma espécie de planta daninha ao se utilizar o novo sistema de capina complementado com capina manual, aos 15 Dias Após a Capina (DAC).

Na Figura 3 estão demonstrados os resultados para a importância relativa de plantas daninhas encontradas no período de 35 dias após a capina, nas coberturas avaliadas.

Aos 35 DAC (Figura 4), houve aumento generalizado de diversas espécies de plantas daninhas em ambas as coberturas e tratamentos avaliados. Contudo, na área cultivada com centeio, cinco espécies apresentaram os maiores níveis de importância relativa entre elas estão a *C. benghalensis*, *D. insularis*, *B. pilosa*, *R. sativus*, *E. heterophylla*.

Nos três tipos de cobertura avaliados, a *C. benghalensis* e o *B. pilosa* tiveram grande importância, mostrando-se predominante entre as espécies encontradas, sendo que sua maior incidência foi no tratamento sem capina ao se trabalhar com o consórcio nabo-forrageiro + aveia preta, com aproximadamente 60% de importância para a *C. benghalensis* e de 40% para o *B. pilosa*.

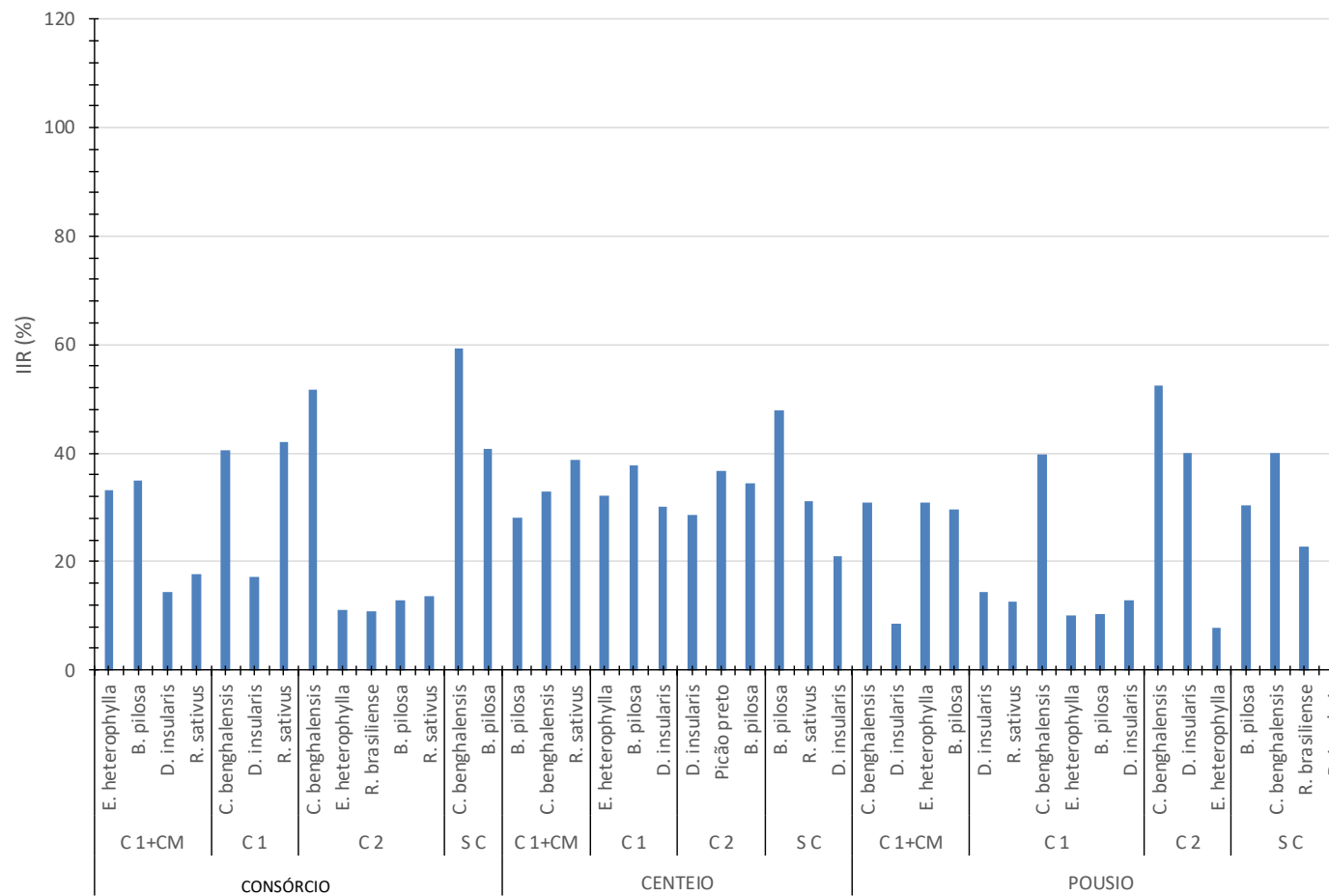


Figura 4 - Índice de Importância Relativa (%) das espécies de plantas daninhas aos 35 dias após da capina mecanizada automatizada em diferentes tipos de palhada. C1+CM (Capinadora 1 + Capina Manual), C1 (Capinadora 1 isolada), C2 (Capinadora 2) e SC (Sem Capina).

Na Figura 4, aos 50 DAC, a *C. benghalensis* continuou sendo predominante em ambas às coberturas e os tratamentos avaliados. Sendo maiores os níveis de importância no tratamento C1+CM nas coberturas com CONSÓRCIO e Centeio; e para o tratamento C2 na área em pousio. O controle das plantas daninhas por meio de capina mecânica e manual, pode ter favorecido a rápida infestação da espécie *C. benghalensis* entre as áreas de cobertura por causa dos rizomas subterrâneos.

Sendo assim ao se realizar uma capina mecânica em camadas subsuperficiais do solo pode ocasionar a separação desses rizomas, desta forma cada rizoma tem a capacidade de originar uma nova planta, por isso esta espécie é considerada de difícil controle.

Na Figura 5 está descrita a importância relativa aos 50 DAC das principais espécies de plantas daninhas encontradas entre as coberturas avaliadas. Nos tratamentos em que houve maior revolvimento da superfície do solo por conta da capina, neste caso os tratamentos com o a capinadora 1 complementada com capina manual e a capinadora 1 isolada.

O fato de a trapoeraba ter sido importante entre os tratamentos pode ser explicado pelo tipo de reprodução desta espécie, na qual pode se reproduzir de forma vegetativa, devido ao enraizamento de pequenos pedaços do caule, principalmente nos nós. O nabo forrageiro (*R. sativus*) e o leiteiro (*E. heterophylla*) não foram encontrados entre os tratamentos, contudo o caruru (*Amaranthus* sp.) aos 50 DAC apresentou importância no tratamento C1 na cobertura com o CONSÓRCIO e no tratamento C2 com a cobertura de centeio.

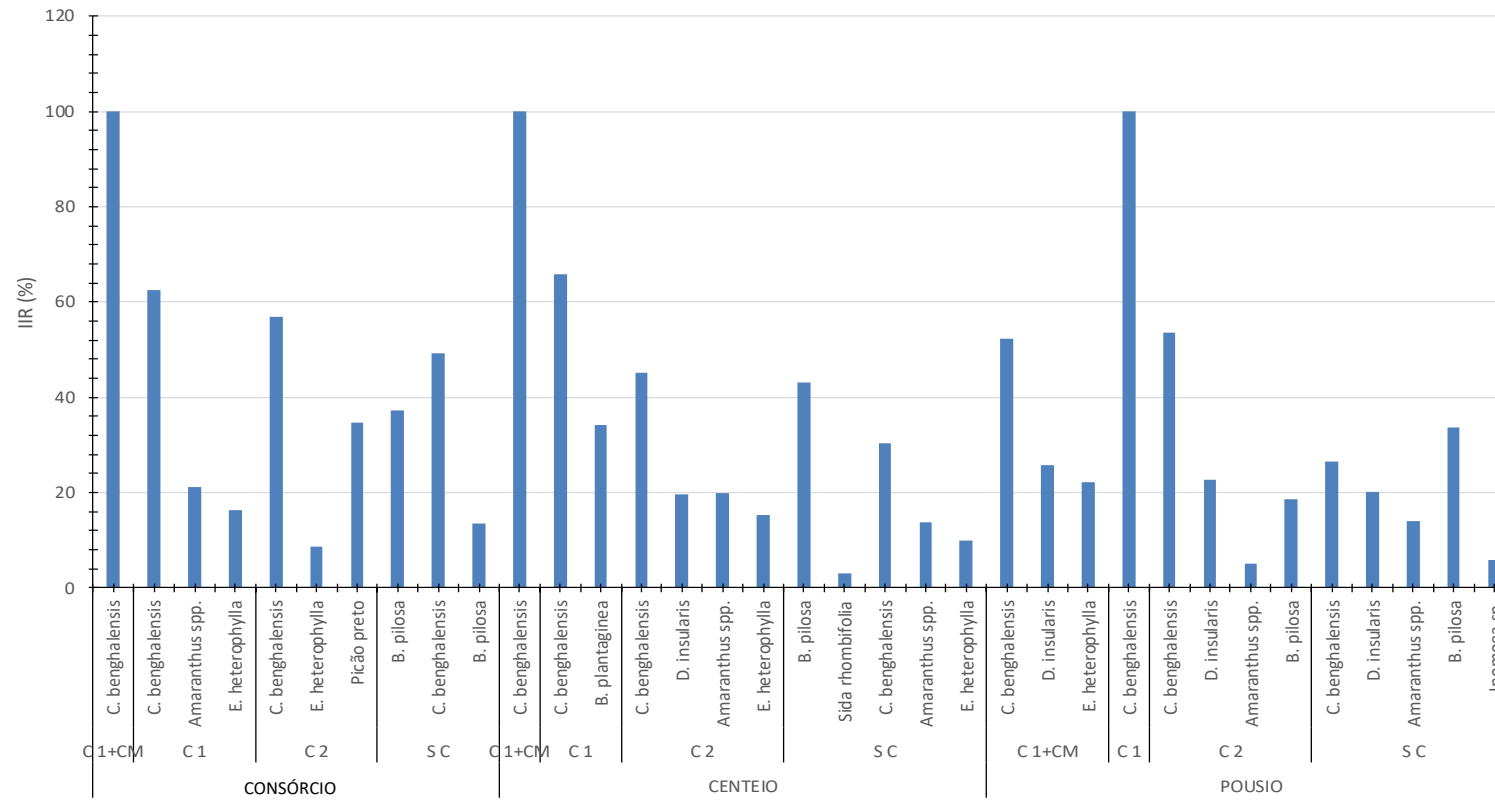


Figura 5 - Índice de Importância Relativa (%) das espécies de plantas daninhas aos 50 dias após da capina mecanizada automatizada em diferentes tipos de palhada. C1+CM (Capinadora 1 + Capina Manual), C1 (Capinadora 1 isolada), C2 (Capinadora 2) e SC (Sem Capina).

A cobertura de centeio apresentou as menores densidades de plantas daninhas no período anterior a capina mecânica (Figura 6), seguido da área em pousio e do consórcio.

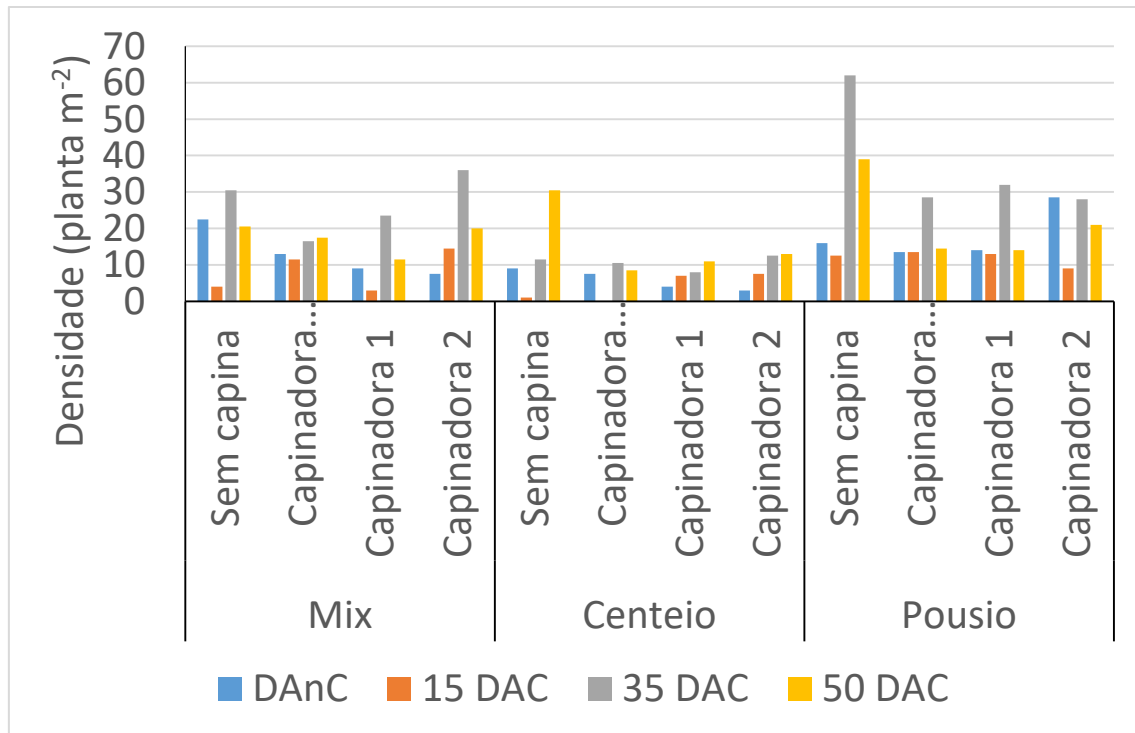


Figura 6 - Densidades das espécies de plantas daninhas após da capina mecanizada automatizada em diferentes tipos de palhada. Dias antes da capina mecanizada = DAnC e dias após a capina mecanizada = DAC.

Aos 15 DAC a cobertura de centeio não apresentou densidade significativa no tratamento sem capina e no tratamento C1+CM. Ao se trabalhar com o CONSÓRCIO, o sistema novo de capina, mostrou-se eficaz para a redução da densidade de plantas daninhas ao trabalhar de forma isolada.

O período dos 35 DAC apresentou aumento na densidade de espécies de plantas daninhas em todas as culturas e tratamentos analisados. Sendo na área em pousio a área em que apresentou maior densidade neste período no tratamento sem capina de aproximadamente 60 plantas por metro quadrado. Ainda na área em pousio a densidade de plantas daninhas observadas nos tratamentos C1+CM e C1 foi de aproximadamente de 30 plantas por metro quadrado. Aos 50 DAC apenas os tratamentos sem capina e C2 apresentaram alta densidade populacional de plantas daninhas em todas as coberturas.

Os dados apresentados na Figura 5 mostram a necessidade da manutenção de palhada na superfície do solo, mostrando também que uma escolha do tipo de cobertura influencia na dinâmica das plantas daninhas do banco de sementes.

A quantidade de massa seca de plantas daninhas avaliadas nesse experimento, apresentou maiores quantidades aos 35 DAC, como mostra a Figura 6.

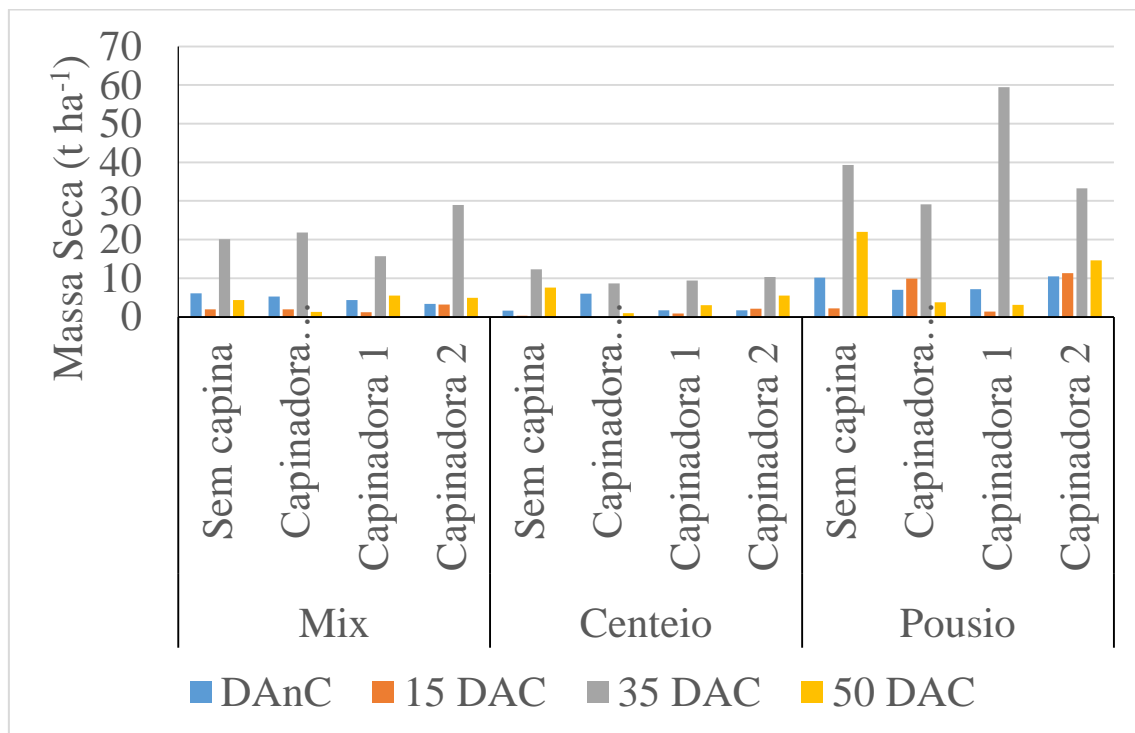


Figura 7 - Massa seca das espécies de plantas daninhas após da capina mecanizada automatizada em diferentes tipos de palhada. Dias antes da capina mecanizada = DAnC e dias após a capina mecanizada = DAC.

A palhada na superfície do solo influencia na emergência de plantas daninhas por meio da supressão e liberação de compostos alelopáticos e sua ausência pode favorecer a infestação. Como mostra a Figura 7, a área em pousio sofreu maior acúmulo de massa seca de plantas daninhas, em especial aos 50 DAC ao se trabalhar com a capinadora 1 de forma isolada, resultando em um acúmulo de 60 t ha⁻¹. Sendo o revolvimento mínimo do solo um dos pilares do SPD, ao ocasionar um grande revolvimento ou retirada da palhada ocasiona um distúrbio do sistema, levando inclusive ao aumento do fluxo de plantas daninhas (FRANCHINI et al., 2011).

A cobertura de centeio apresentou o menor acúmulo de massa seca de plantas daninhas em todos os períodos após a capina mecânica, observa-se que o complemento da capina mecânica com uma capina manual proporcionou os menores acúmulos de massa seca de plantas daninhas.

O consórcio de nabo-forrageiro + aveia preta apresentou maior volume de massa seca no período de 50 DAC. Contudo o sistema antigo de capina (C2) obteve volume de 30 t ha⁻¹ de massa seca de plantas daninhas, ficando com resultado próximo ao observado com o mesmo mecanismo de capina na área livre de palhada.

Após a realização da capina mecânica, aos 15 DAC se observou baixo acúmulo de massa seca de daninhas em ambos os tratamentos das coberturas com o CONSÓRCIO e o centeio, este último apresentou valores abaixo de 5 t ha⁻¹ de massa seca. Entre as coberturas e os tratamentos, o tratamento C2 apresentou os maiores níveis de acúmulo de biomassa em todos os períodos avaliados.

Devido a produção de biomassa na superfície do solo, o centeio avaliado no trabalho de Nagabhushana et al. (2001), apresentou capacidade de supressão de até 80% a emergência de *A. retroflexus*, *C. álbum*, *A. artemisifolia*, *Ipomoea* spp., *S. spinosa* e *S. obtusifolia*, observou-se também que ao com menor quantidade de palhada de centeio houve baixa capacidade de redução dessas espécies.

Na Tabela 1 estão descritos os valores de porcentagem da palhada analisada das diferentes coberturas utilizadas. Apresentando interação significativa entre a cobertura e o tratamento testado. Entre as plantas de cobertura, o consórcio apresentou a melhor cobertura no período anterior a capina, no período de 1 Dia Após a Capina (DAC) o centeio apresentou maior porcentagem de cobertura, com 71% aproximadamente. Contudo apenas a área em pousio apresentou a menor cobertura enquanto que o consórcio e o centeio não se diferiram.

Tabela 1 - Porcentagem de palhada de diferentes plantas de cobertura antes e depois da capina mecanizada automatizada.

Tratamentos	Cobertura de palhada (%)			
	AnC	1DAC	20DAC	
Plantas de cobertura				
Consórcio	75,82 a	62,82 a	30,13 a	
Centeio	77,75 a	70,55 a	30,78 a	
Pousio	36,41 b	51,67 b	26,20 b	
Sistemas de capina				
Capinadora 1 + Capina manual	66,19 a	57,65 ab	33,67 ab	
Capinadora 1	62,71 a	52,57 b	31,30 b	
Capinadora 2	61,78 a	65,05 ab	28,00 ab	
Sem capina	60,63 a	62,75 ab	26,47 ab	
Com capina	65,32 a	70,38 a	25,73 a	
Fontes de variação	GL	Quadrado médio		
Plantas de cobertura (PC)	2	21773,24**	1800,87ns	122,87ns
Tratamento (T)	4	226,26*	562,50**	135,40ns
PC x T	8	619,84**	348,33*	35,12ns
Bloco	3	2947,92ns	235,10ns	335,95ns
erro1	6	6.323,89	656,25	279,78
erro2	36	843,58	163,37	85,84
CV1 (%)		51,26	41,53	57,60
CV2 (%)		7,64	20,72	31,91

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%. AnC - Antes da capina mecanizada, DAC - Dias após a capina mecanizada

Na Tabela 2 a porcentagem de palhada apresentou maiores valores para a área na qual utilizou o consórcio como cobertura vegetal. Observa que a quantidade de palhada não diferiu estatisticamente entre os tratamentos avaliados em relação a cobertura utilizada.

Tabela 2 - Porcentagem de palhada de diferentes plantas de cobertura e dos tratamentos de capina mecanizada automatizada um dia antes da capina mecanizada (AnC).

Tratamentos	Palhada (%)		
	Consórcio	Centeio	Pousio
Capinadora 1 + CM	74,49 ABab	79,26 Aa	44,82 Ba
Capinadora 1	79,10 Aab	73,98 Aa	35,08 Bab
Capinadora 2	72,44 Ab	79,71 Aa	33,19 Bb
Testemunha capinada	82,75 Aa	76,91 Aa	36,30 Bab
Testemunha sem capina	70,32 Ab	78,91 Aa	32,66 Bb

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%

Entre as coberturas, o centeio obteve maior porcentagem de palhada no período anterior a capina (0 DAC). Entre os tratamentos avaliados, apenas houve diferença significativa para o tratamento capinado na área cultivada com o consórcio.

Na Tabela 3 pode-se possível verificar que mesmo após um dia após a capina mecânica, não houve diferença estatística entre o consórcio e a cobertura de centeio, assim como os tratamentos avaliados.

Tabela 3 - Porcentagem de palhada de diferentes plantas de cobertura e dos tratamentos de capina mecanizada automatizada aos 15 dias após a capina. (DAC).

Tratamentos	Palhada (%)		
	Consórcio	Centeio	Pousio
Capinadora 1 + CM	67,67 Aa	60,94 Aa	44,66 Aab
Capinadora 1	65,34 Aa	69,04 Aa	28,33 Bb
Capinadora 2	60,99 Aa	70,62 Aa	63,53 Aa
Testemunha capinada	70,43 Aa	75,75 Aa	64,97 Aa
Testemunha sem capina	54,69 Aa	76,37 Aa	57,20 Aa

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%

Os resultados da avaliação de porcentagem de palhada das diferentes plantas de cobertura nos cinco tratamentos avaliados estão descritos na Tabela 1. A porcentagem de palhada deixada pelas plantas de cobertura mostrou-se significativo para a interação entre a cobertura e o tratamento após um dia a capina mecânica.

No período anterior a capina o volume de palhada na superfície do solo do CONSÓRCIO não se diferiu do centeio entre os tratamentos e os períodos AnC e 1 DAC. Contudo, o tratamento capinado obteve o maior percentual de palhada (Tabela 2), aproximadamente 83%, e após um dia a capina apresentou 70 % de cobertura, uma redução de aproximadamente 15% após o período de um dia da capina mecânica (Tabela 3). A nova capinadora não apresentou diferença significativa na porcentagem de palhada ao ser utilizada com o complemento da capina manual, tanto no período anterior a capina quanto no período 1 DAC.

Apesar de sua importância em agir diretamente na germinação e desenvolvimento de plantas daninhas, o efeito supressivo proveniente da palhada de plantas de cobertura, sofre influências como a espécie utilizada e também a sua produção de biomassa, na qual, pode sofrer variações devido a condições climáticas, que afetam a produção de biomassa das plantas de cobertura que será depositada na superfície do solo (GOMES JR.; CHRISTOFFOLETI, 2008).

O centeio é uma ótima alternativa para a manutenção de palhada na superfície do solo, formando uma palhada fundamental para o controle do banco de sementes de plantas daninhas que está presente no solo. É uma espécie que possui capacidade de produzir um volume de

biomassa de até 13 t ha^{-1} e por possuir uma relação C/N de 34/1 proporciona maior tempo de cobertura da superfície do solo (DONEDA et al., 2012; LEHMAN et al., 2014).

Em trabalhos realizados por Ryan et al (2011) e por Webster et al (2016), os autores ao avaliarem os efeitos supressivos da palhada de centeio, semeado em diferentes densidades (80 Kg ha^{-1} e 100 Kg ha^{-1}), verificaram que a menor densidade de plantio a redução na biomassa de plantas daninhas foi de aproximadamente 65%, enquanto que em maior densidade a redução foi de 75%.

A importância da manutenção da palhada se dá por influenciar na germinação e emergência do banco de sementes de plantas, devido ao efeito supressivo. A maior concentração de sementes de plantas daninhas está presente nas camadas sub superficiais do solo, aproximadamente 60% do banco de sementes se encontra nessas camadas do solo em que há maiores facilidades para germinação entre eles a temperatura e umidade adequadas. (MENEZES et al., 2019; NOGUEIRA et al., 2012).

A manutenção da palhada na superfície do solo é vista como importante não só pelos benefícios causados no solo, mas também no controle de plantas daninhas. Contudo a escolha de plantas de cobertura com lenta taxa de decomposição é vital. Em áreas onde a quantidade de palhada é muito baixa ou sem nenhum tipo de cobertura, além do solo estar desprotegido se torna possível uma alta infestação de plantas daninhas, afetando diretamente o nível de controle.

Em um trabalho realizado por Doneda et al., (2012) ao estudar a relação C/N de plantas de cobertura, encontrou-se valores de 34/1, 27/1 e 17/1 para centeio, aveia preta e nabo forrageiro, os valores foram encontrados com base no cultivo isolado destas plantas. Pelo fato que a relação C/N da palhada de centeio é maior que 30, isso permite que permaneça por longos períodos na superfície do solo, promovendo proteção e auxiliando no controle de plantas daninhas por mais tempo.

A aveia preta (*Avena strigosa*) é uma gramínea anual pertencente à família Poaceae, sendo uma das plantas de cobertura mais utilizadas, em especial no sul do Brasil, como planta de cobertura de inverno, por apresentar tolerância ao alumínio, resistência a estresse hídrico, pragas e doenças, boa produção de biomassa e assim como o nabo forrageiro, apresenta um bom sistema radicular alcançando camadas profundas extraindo nutrientes para a superfície (MACHADO, 2000).

A realização de capina mecânica automatizada pode ocasionar, a depender do mecanismo de capina, a remoção da cobertura vegetal na superfície do solo, deixando-o exposto. Na Tabela 4 estão descritos os resultados provenientes do sobrevoo de drone e posterior quantificação de solo exposto nas diferentes coberturas avaliadas.

Tabela 4 - Porcentagem de solo exposto de diferentes palhadas de plantas de cobertura e dos tratamentos de capina mecanizada automatizada.

Tratamentos	Solo exposto (%)			
	AnC	1DAC	20DAC	
Plantas de cobertura				
Consórcio	8,56 ab	16,87	5,49	
Centeio	6,64 b	9,93	7,48	
Pousio	45,44 a	28,66	9,28	
Tratamento				
Capinadora 1 + Capina manual	16,94	24,91 ab	6,61	
Capinadora 1	20,82	31,09 a	11,86	
Capinadora 2	21,95	15,3 bc	7,01	
Sem capina	21,04	13,18 bc	4,38	
Com capina	19,77	7,96 c	7,25	
Fontes de variação	GL	Quadrado médio		
Plantas de cobertura (PC)	2	9397,54*	1793,03ns	71,97ns
Tratamento (T)	4	44,63ns	1048,06**	89,31ns
PC*T	8	60,77ns	447,93*	66,21ns
Bloco	3	976,07ns	474,49ns	84,20ns
erro1	6	1.562,54	418,12	63,26
erro2	36	28,46	164,01	46,52
CV1 (%)		196,57	110,59	107,13
CV2 (%)		26,53	69,26	91,86

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%

AnC - Antes da capina mecanizada, DAC - Dias após a capina mecanizada

A Tabela 4 apresenta os dados de percentual de solo exposto entre as coberturas e tratamentos avaliados. Houve diferença significativa para o efeito de tratamento bem como a interação com as plantas de coberturas. O desdobramento desta interação está descrito na Tabela 5.

Entre as coberturas analisada, o centeio mostrou-se eficiente na cobertura do solo, mesmo após a capina aos 20 DAC, apresentou menos de 8% de solo exposto (Tabela 4). No período de um dia após a capina, o tratamento, C1+CM apresentou 5,50% de solo exposto, contudo o tratamento C2 apresentou 6%, sendo 3,5% a menos do que ao se utilizar a nova capinadora de forma isolada na qual foi observado 9,95% de área descoberta.

A cobertura promovida pelo CONSÓRCIO (Tabela 4) obteve a menor porcentagem de solo exposto no tratamento capinado, 4%. A capinadora isolada apresentou 6,6%, sendo aproximadamente 2,75% a menos quando realizado um complemento com capina manual, o tratamento C2 apresentou a maior taxa de área descoberta entre os tratamentos, com aproximadamente 12%, sendo semelhante ao tratamento sem capina (Tabela 5).

Na Tabela 5, o percentual de solo exposto apresentou resultados semelhantes entre o sistema antigo de capina (Capinadora 2) e a testemunha sem capina, sugerindo que esse sistema de corte proporciona maior capacidade de remover a palhada na superfície do solo, deixando-o exposto.

Tabela 5 - Porcentagem de solo exposto de diferentes palhadas de plantas de cobertura em função dos tratamentos de capina mecanizada automatizada um dia após a capina mecanizada (DAC).

Tratamentos	Solo exposto (%)		
	Consórcio	Centeio	Pousio
Capinadora 1 + CM	9,36 Aa	5,55 Aa	35,93 Ab
Capinadora 1	6,62 Ba	9,95 Aab	45,90 Aab
Capinadora 2	11,97 Aab	6,01 Ba	47,86 Aa
Testemunha capinada	4,10 Ba	7,03 Ba	48,20 Aa
Testemunha sem capina	10,78 Aab	4,65 Ba	47,67 Aa

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%

A capinadora automatizada foi desenvolvida para controle de plantas daninhas em um sistema de cultivo em que não há presença de palha na superfície do solo. Sendo assim, ao realizar a capina pode-se haver o acúmulo de palhada na máquina, ocasionando o efeito de “embuchamento” e este problema afeta a distribuição de palha, deixando o solo exposto. Considerando esse fator, a análise realizada com o drone avaliou o percentual de solo exposto no período anterior a capina, 1 DAC e aos 20 DAC.

Ao avaliar a porcentagem de solo exposto, palhada e vegetação por meio da análise de imagens aéreas realizadas por drone, os autores Pacheco e Silva (2014), ao avaliarem a porcentagem de cobertura por meio de análise de imagens feitas por drone após a colheita do milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis*, obteve um percentual de cobertura de palhada de 63%, 37% de vegetação e 0% de solo exposto aos 30 dias após a colheita do milho consorciado com *B. ruziziensis* em sistema de plantio direto.,

O percentual de material vegetal analisado (plantas de soja e plantas daninhas) apresentou interação significativa entre as coberturas e os tratamentos analisados, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Porcentagem de material vegetal (plantas de soja e plantas daninhas) e dos tratamentos de capina mecanizada automatizada.

Tratamentos	Material Vegetal (%)			
	AnC	1DAC	20DAC	
Plantas de cobertura				
Consórcio	15,75	22,32	64,28	
Centeio	15,66	24,05	66,24	
Pousio	18,47	21,13	59,91	
Tratamento				
Capinadora 1 + Capina manual	16,85	18,71 b	59,67	
Capinadora 1	16,81	20,03 b	56,79	
Capinadora 2	16,26	21,22 b	64,97	
Sem capina	18,32	27,88 ab	69,04	
Com capina	14,90	24,67 ab	66,93	
Fontes de variação	GL	Quadrado médio		
Plantas de cobertura (PC)	2	50,88ns	43,12ns	210,32ns
Tratamento (T)	4	18,26ns	167,42**	312,83ns
PC x T	8	6,93ns	205,53**	138,24ns
Bloco	3	6,39ns	153,73ns	535,87ns
erro1	6	632,61	42,79	252,08
erro2	36	983,17	29,04	128,22
CV1 (%)		61,74	29,07	25,01
CV2 (%)		31,43	23,95	17,84

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%

AnC - Antes da capina mecanizada, DAC - Dias após a capina mecanizada

Na Tabela 7 a porcentagem de material vegetal encontrado foi maior para os tratamentos sem capina, diferentemente de onde se utilizou a capinadora 1 + CM (capina manual) que apresentou a menor porcentagem de material vegetal entre os tratamentos analisados.

Tabela 7 - Porcentagem de material vegetal (plantas de soja e plantas daninhas) em função dos tratamentos de capina mecanizada automatizada um dia após a capina mecanizada (DAC).

Tratamentos	Material Vegetal %		
	Consórcio	Centeio	Pousio
Capinadora 1 + CM	15,62 Bb	31,93 Aa	12,53 Bb
Capinadora 1	17,28 Ab	23,92 Aab	14,92 Ab
Capinadora 2	24,62 Aab	23,48 Aab	15,56 Ab
Testemunha capinada	24,84 Aab	19,91 Aab	29,27 Aa
Testemunha sem capina	29,23 Aab	21,03 Bab	33,39 Aa

Médias seguidas de mesma letra na coluna e na linha não se diferem estatisticamente pelo Teste Tukey à 5% de probabilidade.

A porcentagem de material vegetal na superfície do solo foi significativa para o efeito de tratamento e também para a interação entre os tratamentos e as coberturas vegetais como mostra a tabela 5. A interação entre cobertura e tipo de capina mostrou-se significativa para o tratamento C1+CM, a maior porcentagem foi obtida ao utilizar-se a cobertura de centeio com aproximadamente 32% de cobertura (Tabela 7).

O tratamento sem capina mostrou nível significativo de porcentagem de material vegetal na área em pousio, sendo o maior resultado entre as três coberturas com 33% (Tabela 7). Esse resultado ressalta a importância da manutenção da palhada em um sistema de plantio conservador, sendo que uma menor porcentagem de cobertura favorece uma maior incidência de plantas daninhas.

Utilizada com dupla finalidade, tanto para a produção de grãos como planta de cobertura, o centeio (*Secale cereale* L.) pertencente a família Poaceae e sendo cultivada no sul do Brasil. É uma planta rústica, tolerante ao crestamento (acidez prejudicial do solo), a doenças como a mancha marrom e ao oídio e em produção de biomassa possui elevada capacidade podendo superar 12 t ha^{-1} (NASCIMENTO et al., 2006). É uma excelente escolha de planta de cobertura de cultivo de inverno e por ser uma gramínea, tem um papel valioso na reciclagem de nutrientes.

De acordo com o trabalho realizado por Nepomuceno et al. (2007) a cultivar de soja CD 201 cultivada sem a interferência de plantas daninhas (limpo) teve produtividade de aproximadamente 3000 Kg ha^{-1} , obtendo 46% a mais de produtividade comparada com a testemunha mantida com a interferência de plantas daninhas por todo o seu ciclo.

A quantidade depositada na superfície do solo é um importante fator para promover benefícios físicos químicos e biológicos no solo, incluindo também o efeito alelopático sobre sementes de plantas daninhas. Como exemplo de composto alelopático a escopoletina, sendo encontrada na *Avena* sp., sendo exsudada pelas raízes, sendo de origem do metabolismo secundário da planta este produto bioquímico tem efeito inibidor no crescimento de raízes (MONTEIRO & VIEIRA, 2002).

O uso de plantas de cobertura além de colaborar com as melhorias no solo e no controle de plantas daninhas, pode dar um maior retorno financeiro ao produtor pois dependendo do tipo de cobertura como é o caso de trigo, aveia branca e até mesmo aveia preta, utilizando essas plantas como cultura principal e a palhada remanescente suprimir a germinação de plantas daninhas como a buva (*Conyza bonariensis*) (LAMEGO et al., 2013; MAHMOOD et al., 2015).

A aveia preta e o nabo forrageiro são muito utilizados como plantas de cobertura devido a sua alta capacidade de produção de biomassa. O cultivo dessas plantas pode alcançar valores entre 2 a até 8 ton.ha⁻¹ de produção de biomassa na superfície do solo, já o nabo é utilizado por sua grande capacidade de descompactar o solo e auxiliar na ciclagem de nutrientes, isso graças ao seu sistema radicular (Giacomini, et al., 2004; Burle, et al., 2006).

Avaliando o efeito de controle de plantas daninhas, Correia et al. (2006) observou que 3,0 t ha⁻¹ de sorgo e 5,5 t ha⁻¹ de milho foi suficiente para reduzir a emergência de diversas plantas daninhas, entre elas o *Bidens pilosa*, *Commelina benghalensis* e *Amaranthus* spp. Em outro estudo Queiroz et al (2010) verificou que a palhada de *Crotalaria juncea* e de *Mocuna aterrium* na quantidade de 7,5 e 9,3 t ha⁻¹, reduziu em até 70% e 85%, respectivamente, a emergência de plantas daninhas no cultivo orgânico de milho-verde.

O controle de plantas daninhas pode ter influência por meio do efeito alelopático produzido por meio da decomposição da palhada de plantas de cobertura, outro ponto importante é o efeito de sombreamento pela presença de palhada na superfície do solo, evitando que a cultura sofra uma matocompetição intensa no início do ciclo (MELO et al., 2007).

O ácido aconítico é um composto alelopático encontrado no capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) é capaz de reduzir a infestação de *Commelina benghalensis*, *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia* na cultura da soja (VOLL et al., 2004 e 2005). Há no mercado produtos com princípios ativos naturais para o controle de plantas daninhas em cultivos orgânicos. Entre os princípios ativos utilizados estão óleo de cravo, óleo de gergelim, óleo de pinho, vinagre, sulfato de sódio, ácido acético e extrato de mandioca (DAYAN et al., 2009).

O efeito de inibição da germinação por parte desses compostos alelopático mostra-se uma alternativa dentro do manejo integrado de plantas daninhas, sendo usado como princípio ativo natural ou também por conter compostos químicos na composição desses extratos na qual se pode utilizar na produção de bioherbicidas (PIRES et al., 2001; GALON et al., 2016).

A palhada proveniente do consórcio de aveia preta e nabo forrageiro não diferiram estatisticamente da produtividade onde tinha a palhada do centeio (Tabela 8).

Tabela 8 - Produtividade de grãos de soja cultivada em diferentes palhadas de plantas de cobertura e dos tratamentos de capina mecanizada automatizada.

Tratamentos		Produtividade (kg ha ⁻¹)
Plantas de cobertura		
Consórcio		1489,31 a
Centeio		1370,00 a
Pousio		1044,27 b
Tratamentos		
Capinadora 1 + Capina manual		1272,06 ab
Capinadora 1		1401,14 ab
Capinadora 2		1228,89 ab
Testemunha capinada		1607,35 a
Testemunha sem capina		996,54 b
Fontes de variação	GL	Quadrado Médio
Plantas de cobertura (PC)	2	1061325,2**
Tratamentos (T)	4	607835,8*
PC x T	8	743004,9**
Bloco	3	17481,5ns
erro1	6	80287,7
erro2	36	237419,7
CV1 (%)		21,78
CV2 (%)		37,45

Médias seguidas de mesma letra na coluna e na linha não se diferem estatisticamente pelo Teste Tukey à 5% de probabilidade.

ns - não significativo, * - significativo a 5%, ** - significativo a 1%, pelo teste F, respectivamente.

Apesar de não haver diferença estatística entre os tratamentos, o sistema de capina “Asa de Andorinha” (Capinadora 1), apresentou melhores resultados na produtividade com 1400 kg ha⁻¹, como mostra a Tabela 9.

Tabela 9 - Produtividade de grãos de soja cultivada em diferentes palhadas de plantas de cobertura e em função dos tratamentos de capina mecanizada automatizada.

Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹)		
	Consórcio	Centeio	Pousio
Capinadora 1 + CM	1176,68 Aa	1620,56 Aa	1018,94 Aab
Capinadora 1	1759,17 Aa	1679,44 Aa	764,81 Bb
Capinadora 2	1341,11 Aa	1162,22 Aa	1183,33 Aab
Testemunha capinada	1494,72 Aa	1351,11 Aa	1976,21 Aa
Testemunha sem capina	1674,89 Aa	1036,67 ABa	278,06 Bb

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%.

A produtividade de soja (Tabela 8), apresentou nível significativo para a interação entre as plantas de cobertura e os tipos de capinas. Na tabela 9 está descrita o desdobramento desta interação, foi observado os menores valores de produtividade na área em pousio, sendo encontrado nível significativo nos tratamentos C1 com 765 kg. ha⁻¹ e no tratamento sem capina com 278 kg. ha⁻¹.

As demais Capinas?? avaliados não apresentaram resultado significativo entre as coberturas avaliadas (Tabela9), contudo o Capina?? C1+CM obteve uma produtividade média de aproximadamente 1621 kg. ha⁻¹, enquanto a produtividade observada ao utilizar a nova capinadora de forma isolada para o controle das plantas daninhas foi de 1759 kg ha⁻¹ na área semeada com o CONSÓRCIO.

A área em pousio (Tabela 9) entre as coberturas avaliadas foi a que apresentou diferença significativa na produtividade da soja entre as capinas avaliadas. Ao manter a cultura no limpo por todo o seu ciclo obteve-se uma produtividade de 1976 kg. ha⁻¹.

Uma eventual perda de produtividade pode ser resultado de uma degradação do solo, em virtude disso, um sistema conservador de plantio como o SPD, que utiliza plantas de cobertura no seu sistema de cultivo, contribui para a preservação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; por meio da manutenção de cobertura vegetal e o mínimo revolvimento do solo (BERTOL et al., 2014; WOLSCHINCK et al., 2016).

A presença da palhada na superfície do solo permite que haja maiores taxas de emergência da cultura, pois a ausência de proteção permite que o solo sofra com perda de umidade e aumento de temperatura, afetando o estande final de plantas (BORTOLUZZI et al., 2000).

Ao trabalhar com a cultura da soja cultivada em sucessão em diferentes palhadas, Gimenez et al. (2021) verificou que o efeito proporcionado pelo tipo de cobertura pode influenciar no efeito de altura de plantas de soja, sendo que a aveia preta cultivada de forma isolada proporciona maiores alturas de plantas de soja, chegando até 93 cm, sendo de 87 para a cobertura de centeio e para o nabo forrageiro uma altura de 79 cm. Contudo o melhor resultado encontrado se deu no consórcio entre aveia preta e o centeio, chegando a 103 cm de altura.

Áreas com ausência de cobertura na superfície do solo estão sujeitas a apresentarem menor densidade de plantas de soja em relação ao cultivo de plantas de cobertura, em especial naquelas cultivadas em consórcio como aveia preta + nabo forrageiro. Este tipo de consórcio pode ser eficaz na supressão da buva (*Conyza* sp.), uma importante planta em áreas cultivadas com soja no sul do Brasil. (MINUZZI et al., 2021).

Isso mostra a importância da manutenção da palhada dentro de um sistema de cultivo, sendo interessante utilizar uma planta de cobertura que apresente alta produção de biomassa e que permaneça na superfície do solo pelo maior tempo possível.

O ano de 2020 ficou marcado devido a baixa precipitação pluviométrica durante o ano (Figura 1), tendo como acumulado durante o ciclo da soja aproximadamente 492 mm. Para a cultura da soja alcançar uma boa produtividade depende de uma demanda hídrica entre 450 a 800 mm por ciclo, dependendo das condições climáticas (FRANKE, 2000).

A fim de se proteger contra o estresse hídrico, as plantas conseguem desenvolver mecanismos como a adaptação morfológica e fisiológica, entre essas adaptações estão o ajuste osmótico e o fechamento estomático, e como consequência reduzindo a produção de foto assimilados, promovendo redução de produtividade (TAIZ et al., 2017; DU et al., 2020).

O convívio com plantas daninhas durante longos períodos durante o ciclo da cultura da soja ocasiona perdas produtivas acentuadas. Porém essa perda de produtividade vai depender de fatores como a densidade e a duração do período de competição entre a planta daninha e a cultura (GHERSA e HOLT, 1995). A depender do nível de infestação, devido ao estresse provado pela matocompetição pode ocasionar mudanças fisiológicas na cultura, no caso da soja a característica morfológica mais relevante se dá na perda de grãos por vagem (BOARD et al., 1995).

Entre os tipos de cobertura ao utilizar o centeio obteve-se produtividade média de 2283 kg ha⁻¹, contudo não houve diferença para o consórcio de aveia preta e nabo forrageiro com produtividade média de 2160 kg ha⁻¹. A falta de palhada no solo reflete diretamente na produtividade, sendo observado na em pousio, aonde chegou a 1239 kg ha⁻¹ (Tabela 20). Em média a produtividade nacional de soja convencional está em 3178 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2021). Em comparação com a cultivar utilizada nesse experimento houve uma perda de produtividade de 28% em relação a média nacional.

Ao avaliar a produtividade de cultivares de soja orgânica Seidel et al. (2021) obtiveram para a cultivar BRS 525 uma produtividade média de 3178 kg ha⁻¹. Em Illinois, USA, Olson et al. (2014) obteve produtividade média de 2170 kg ha⁻¹. Este resultado foi muito próximo ao obtido por Ball et al. (2019) que ao trabalhar com soja orgânica cultivar Dare, em diferentes manejos de plantas daninhas, tendo média de 2100 kg ha⁻¹, uma redução de 33% na produtividade da soja orgânica em relação ao obtido por Seidel.

Ao utilizar a capinadora automatizada, realizando duas capinas, sendo aos 22 e 47 dias após a semeadura respectivamente, Fey et al. (2020) constataram uma diferença de produtividade de aproximadamente 32% entre as cultivares CD 216 e BRS 284. No mesmo trabalho verificou-se que reduziu a produtividade em 24% para a cultivar CD 216 ao se realizar apenas uma capina trabalhando com densidade de semeadura baixa (144 mil pl ha⁻¹) e

redução de aproximadamente 32% ao se trabalhar com densidade mais alta (450 mil plantas ha^{-1}) comparando os resultados ao tratamento realizado com capina manual.

Sendo assim, o uso da capina automatizada é viável para o controle de plantas daninhas dentro do cultivo de soja orgânico, contudo deve-se levar em consideração a densidade de semeadura, a cultivar escolhida na qual deve apresentar tolerância a mato competição e também a época de capina, visto que a capacidade de reconhecimento da linha da cultura pela capinadora perde eficiência ao modo que a entre linha é fechada pelas plantas de soja, podendo ocasionar cortes de plantas e conseqüentemente a redução da produtividade. (FEY et al., 2020).

5- CONCLUSÕES

O manejo de plantas daninhas foi mais eficiente ao se trabalhar com o cultivo de centeio como planta de cobertura e como sistema de corte o Capinadora 1 (“Asa de Andorinha Plana”) complementado com capina manual.

A palhada proveniente das plantas de cobertura do consórcio e do centeio apresentaram capacidade de supressão de plantas daninhas e de redução de sua biomassa no período de 35 DAC. Sendo assim, a palhada mostrou-se eficaz no controle de plantas daninhas, não interferindo no controle mecânico automatizado. Sendo assim a capina mecânica automatizada se apresenta como uma alternativa viável ao controle de plantas daninhas em sistemas de cultivo orgânicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ANSCHAU, K. A.; SEIDEL, E. P. MOTTIN, M. C.; LERNER, K. L.; FRANZISKOWSKI, M. A.; HERRMANN, D. da R. Propriedades físicas do solo, características agronômicas e produtividade da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 3, p. 293-299, jul./set .2018.
- ARAÚJO, F. C., NASCENTE, A. S., GUIMARÃES, J. L. N., SOUSA, V. S., & SILVA, M. A. Cultivo de plantas de cobertura na produção de biomassa de plantas daninhas. In Embrapa Arroz e Feijão-**Artigo em anais de congresso**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 11., 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1111824/1/CNPAF2019cbaiasn2.pdf> Acesso em 30 Nov. 2021.
- ASCARD, J.; FOGELBERG, F. Mechanical in-row weed control in transplanted and direct-sown bulb onions. **Biological agriculture & horticulture**, v. 25, n. 3, p. 235-251, dec. 2008.
- ASSIS, R. L. de; ROMEIRO, A. R. Agroecologia e agricultura orgânica: controvérsias e tendências. **Desenvolvimento e meio ambiente: caminhos da agricultura ecológica**, n.6, p. 67-80, 2002.
- BACHEGA, L. P. S. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do quiabo. **Planta daninha**, v. 31, p. 63-70, 2013.
- BALL, M. G., CALDWELL, B. A., DITOMMASO A., DRINKWATER, L. E., MOHLER, C. L., SMITH, R. G. & RYAN, M. R. Weed community structure and soybean yields in a long - term organic cropping systems experiment. **Weed Science**, n. 67, p. 673 – 681, aug. 2019.
- BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; MAFRA, Á.L.; FLORES, M. C. Soil water erosion under diferente cultivation systems and diferente fertilization rates and forms over 10 years. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.6, p.1918-1928, 2014.
- BOARD, J.E.; WIER, A.T.;BOETHEL, D.J. Source strength influence on soybean formation during early and late reproductive development. **Crop Science**, v. 35, n. 4, p. 1104-1110, 1995.
- BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 449-457, Jun. 2000.
- BROWN, B.; GALLANDT, E. R. A systems comparison of contrasting organic weed management strategies. **Weed Science**, v. 66, n. 1, p. 109-120, jan.2018.
- BUENO, J. B.; RODRIGUES, G. A. Palha sobre o solo no crescimento da cultura do nabo forrageiro em área degradada. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 370-377, jun. 2019.
- BURLE, M. L., CARVALHO, A. M., AMABILE, R. F., & PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: Carvalho, A. M., & Amabile, R. F. Cerrado Adubação Verde. **Embrapa Cerrados**, p. 71-142. 2006
- CARVALHO, A. M., COELHO, M. C., DANTAS, R. A., FONSECA, O. P., GUIMARÃES JÚNIOR, R. & FIGUEIREDO, C. C. Chemical composition of cover plants and its effect on

maize yield in no-tillage systems in the Brazilian savanna. **Crop and Pasture Science**, v. 63 n. 12, p. 1075-1081. Dez. 2012.

CARNEIRO, R.G; MENDES, I. C.; LOVATO, P. E.; CARVALHO, A. M. de; VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 661-669, Jun. 2004.

COSTA, N. V. et al. Métodos de controle de plantas daninhas em sistemas orgânicos: breve revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 25-44, dez. 2018.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C.; KLINK, U.P. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.24, n.2, p.245-253, Jun.2006.

DAYAN, F.E.; CANTREL, I.C.L.; DUKE, S.O. Natural products in crop protection. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v.17, n.12, p.4022-4034, 2009.

DE MELO, M. E. et al. Avaliação do desenvolvimento do rabanete com diferentes manejos de plantas daninhas. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas** v. 4, n. 1, p. 32-46, nov. 2022.

DONEDA, A. et al. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1714-1723, dez. 2012.

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 5. Rio de Janeiro. 2006

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Soja em números. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em 24 de fevereiro de 2022.

FENNIMORE, S. A. et al. Evaluation and economics of a machine-vision guided cultivation program in broccoli and lettuce. **Weed Technology**, v. 24, n. 1, p. 33-38, jan. 2010.

FENNIMORE, S. A. et al. Evaluation and economics of a rotating cultivator in bok choy, celery, lettuce, and radicchio. **Weed Technology**, v. 28, n. 1, p. 176-188, jan. 2014.

FENNIMORE, S. A. et al. Technology for automation of weed control in specialty crops. **Weed Technology**, v. 30, n. 4, p. 823-837, dec. 2016.

FERREIRA, D. F.. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, dez. 2011.

FEY, E. et al. Efficiency of the Adapted Automatic Row Hoe for Weed Control in Organic Soybean. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 25-36, mar. 2020.

FRANCHINI, J. C; COSTA, JM M; TORRES, H. D. E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Soja, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Documento 327**. ISSN 2176-2937 Jun. 2011.

FRANKE, A. E.; DORFMAN, R.. Necessidades de irrigação suplementar em soja nas condições edafoclimáticas do Planalto Médio e Missões, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1675-1683. Ago. 2000.

- GALON, L.; MOSSI, A.; REICHERT JUNIOR, F.; REIK, G.; TREICHEL, H.; FORTE, C. Manejo biológico de plantas daninhas – breve revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, n.1, p.116-125, Mar. 2016.
- GIACOMINI, S. J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 325-334, mar/abr. 2003.
- GIACOMINI, S. J., AITA, C., CHIAPINITTO, I. C., HÜBNER, A. P., MARQUES, M. G., & CADORE, F. (2004). Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II -nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 751-762, 2004.
- GIMENEZ, G. S.; ALMEIDA JUNIOR, J. H. V. de .; SAMBATTI, V. C. .; NASCIMENTO, V. do; DALAZEN, G. Evolution of soil cover and dry shoot phytomass accumulation of autumn/winter cover crops and its effect on the agronomic performance of soybean grown in succession. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e3310413797, Mar. 2021.
- GHERSA, C. M.; HOLT, J. S. Using phenology prediction in weed management: A review. **Weed Res.**, v. 35, n. 6, p. 461-470, Mar. 1995.
- GOMES JR, F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha, Viçosa**, v. 26, p. 789-98, mai. 2008.
- HARTWIG, N. L.; AMMON, H. U. Cover crops and living mulches. **Weed science**, v. 50, n. 6, p. 688-699, nov. 2002.
- JANNINK, J.L.; ORF, J.H.; JORDAN, N.R.; SHAW, R.G. Index selection for weed suppressive ability in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 4, p. 1087-1094, 2000.
- JORGE, L. A. C.; SILVA, D. J. C. B. SISCOB-Software para análise de cobertura do solo. In: **Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO-ConBAP, 2010, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: SBEA, 2010.
- KNEZEVIC, S. Z.; STEPANOVIC, S.; DATTA, A. Growth stage affects response of selected weed species to flaming. **Weed technology**, v. 28, n. 1, p. 233-242, jan. 2014.
- LAMEGO, F.P. Tolerância à interferência e habilidade de supressão de plantas competidoras por genótipos de soja. 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre.
- LAMEGO, F.P.; KASPARY, T.E.; RUCHEL, Q.; GALLON, M.; BASSO, C.J.; SANTI, A.L. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate: coberturas de inverno e herbicidas em pré-semeadura da soja. **Planta Daninha**, v.31, n.2, p.433-442, jan.2013.
- LEHMEN, R. I., FONTANELI, R. S., FONTANELI, R. S., & SANTOS, H. P. dos. (2014). Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. **Ciência Rural**, v.44 n.7, p.1180-1185, jul. 2014.
- LATI, R.N.; SIEMENS, M.C.; RACHUY, J.S.; FENNIMORE, S.A. Intrarow weed removal in broccoli and transplanted lettuce with an intelligent cultivator. **Weed Technology**, v.30, n.3, p.655-663, Nov. 2016.
- MACHADO, L. A. Z. **Aveia: forragem e cobertura do solo**. Embrapa Agropecuária Oeste-Sistema de Produção (INFOTECA-E), 2000.
- MAHMOOD, A.; KHALIQ, A.; IHSAN, M.Z.; NAEEM, M.; DAUR, I.; MATLOOB, A.; EL-NAKHLAWY, F.S. Estimation of weed dry biomass and grain yield as a function of

growth and yield traits under allelopathic weed management in maize. **Planta Daninha**, v.33, n.1, p.23-31, out. 2015.

MESCHEDE, D. K. et al. Período anterior à interferência de plantas daninhas em soja: estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas. **Planta daninha**, v. 22, n. 2, p. 239-246, 2004.

MENDONÇA, L. A. & LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de cobertura do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, n.3, p. 173-180, dez. 2013.

MELO, A.V.; GALVÃO, J.C.C.; FERREIRA, L.R.; MIRANDA, G.V.; SANTOS, L.D.T.; SANTOS, I.C.; SOUZA, L.V. Dinâmica populacional de plantas daninhas em cultivo de milho-verde nos sistemas orgânico e tradicional. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.521-527, set. 2007.

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

MENEZES, P. H. S.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SMIDERLE, J. O.; MEDEIROS, R. D.; ALVES, J. M. A.; GIANLUPPI, D. Occurrence of weeds in areas submitted to tillage managements for soybean cultivation in the Cerrado of Roraima. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, mar. 2019.

MELANDER B.; LATTANZI, B.; PANNACI, E. (2105) Intelligent versus nonintelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage. **Journal Elsevier**. v. 72, p. 1–8 jun. 2015.

MIRSKY, S. B. et al. Overcoming weed management challenges in cover crop–based organic rotational no-till soybean production in the eastern United States. **Weed Technology**, v. 27, n. 1, p. 193-203, mar. 2013.

MONQUERO, P.A.; Amaral, L.R.; Inácio, E.M.; Brunhara, J.P.; Binha, D.P.; Silva, P.V.; Silva, A.C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.27, n.1, p.85-95, mar. 2009.

MONTEIRO, C. A.; VIEIRA, E. L. Substâncias Alelopáticas. In: CASTRO, P.R.C.; SENA, J. O. A.; KLUGE, R. A. Introdução à Fisiologia do desenvolvimento Vegetal . Maringá: **Editora da Universidade Estadual de Maringá**, p. 105-122 2002.

NAGABHUSHANA, G. C.; WORSHAM, A. D.; YENISH, J.P. Allelopathic cover crops to reduce herbicide use insustainable agricultural systems. **Allelop. J.** , v. 8, n. 2, p. 133-146, mar. 2001.

NASCIMENTO JUNIOR, A. do et al. BRS Serrano-Cultivar de centeio para duplo propósito e cobertura de solo em rotação com cereais de inverno. In: **Embrapa Trigo-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. 2006.

NEPOMUCENO, M. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, v. 25, p. 43-50, mar. 2007.

NOGUEIRA, B. C. B.; SILVA, J. W. L.; BEZERRA, A. M. E.; FILHO, S. M. Efeito da temperatura e luz na germinação de sementes de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke-Fabaceae. **Acta Botânica Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 772-778, dez. 2012.

Organização Da Nações Unidas – ONU. **Perspectivas Mundias de População 2019**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-chegar-a-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu/>. Acesso em: 16/08/2020.

ONETO, S.R.; KYSER, G.B.; DITOMASO, J.M. Efficacy of mechanical and herbicide control methods for Scotch broom (*Cytisus scoparius*) and cost analysis of chemical control options. **Weed Science**, v.03, n.4, p.421-428, 2010.

OLSON, K., EBELHAR, S. & LANG, J. Long - Term Effects of Cover Crops on Crop Yields, Soil Organic Carbon Stocks and Sequestration. **Open Journal of Soil Science**, v. 4, p. 284 – 292, 2014.

PACHECO, E. & P.SILVA, G. D. da. **Avaliação da cobertura do solo em sistemas de produção de milho e soja em Sergipe utilizando imagens aéreas**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS - 4, 2014, Aracaju. Anais. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

PÉREZ-RUÍZ, M.; SLAUGHTER, D. C.; FATHALLAH, F. A.; GLIEVER, C. J.; MILLER, B. J. Co-robotic intra-row weed control system. **Biosystems Engineering**, v. 126, p. 45–55, 2014.

PERIN, A., CRUVINEL, D. A., DOS SANTOS F., H., MELO, G. B., DE LIMA, L. E. E DE SÁ A., J. W. Decomposição da Palhada e Produção de Repolho em Sistema Plantio Direto. **Global Science and Technology**. set. 2015.

PITELLI RA, DURIGAN JC. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: Congresso Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas, 15, 1995, **Belo Horizonte**. Resumos... Piracicaba: SBHED, 1995. p. 3.

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

PIRES, N.M.; PRATES, H.T.; PEREIRA FILHO, I.A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; FARIA, T.C.L. Atividade alelopática da leucena sobre espécies de plantas daninhas. **Scientia Agrícola**, v.58, n.1, p.61-65, Mar. 2001

RASK, A. M. e KRISTOFFERSEN, Palle. A review of non-chemical weed control on hard surfaces. **Weed Research**, v. 47, n. 5, p. 370-380, aug. 2007.

RIZZARDI, M. A.; KARAM, D.; CRUZ, M. B. Manejo de plantas daninhas em milho e sorgo. In: VARGAS, L.; ROMAM, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 571-594

SCHOLBERG, J.M.S.; CHASE, C.A.; LINARES, J.C.; MCSORLEY, R.M.; FERGUSON, J.J. Integrative approaches for weed management in organic citrus orchards. **Hort Science**, v.4, p.949-954, Jul. 2006.

SEIDEL, E. P.; FEY, E. .; COSTA, N. V. N. da .; PIETROWSKI , V.; CARVALHO, L. C. .; BARILLI, D. R. Management of agroecological soy varieties, agronomic characteristics and yield. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e39101522337, Nov.2021.

JORGE, L A C ; SILVA, D J C B **SisCob: manual de utilização São Carlos: EMBRAPA Instrumentação Agropecuária**, 2009.

- SOUZA, L.S.; VELINI, E.D.; MARTIN, S.D.; ROSOLEM, C.A. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.657-668, dez. 2006.
- STRUIK, P. C.; KUYPER, T. W. Sustainable intensification in agriculture: the richer shade of green. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 37, n. 5, p. 39, aug. 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 858 p. 2017.
- TEASDALE, J. R.; MOHLER, C. L. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. **Weed Science**, v. 48, n. 3, p. 385-392, may. 2000.
- TILLET N. D., HAGUE T., GRUNDY A. C., DEDOUSIS A. P. Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. **Biosyst Eng**, v 99, n. 2, p. 171–178. fev. 2008.
- VOLL, E.; FRANCHINI, J.C.; DA CRUZ, R.T.; GAZZIERO, D.L.P.; BRIGHENTI, A.M.; ADEGAS, F.S. Chemical interactions of *Brachiaria plantaginea* with *Commelina bengalensis* and *Acanthospermum hispidum* in soybean cropping systems. **Journal of Chemical Ecology**, v.30, n.7, p.1467-1475, Jun. 2004.
- VOLL, E.; VOLL, C.E.; VICTÓRIA FILHO, R. Allelopathic effects of aconitic acid on wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) and morningglory (*Ipomoea grandifolia*). **Journal of Environmental Science and Health**, v.40, n.1, p.69-75, 2005.
- YAMAUTI, M.S.; BARROSO, A.A.M.; GIANCOTTI, P.R.F.; SQUASSONI, V.L.; REVOLTI, L.T.M.; ALVES, P.L.C.A. Emergência de plantas daninhas em função da posição da semente e quantidade de palha de cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, v.12, n.2, p.75-80, mar/apr. 2011.
- WILLER, H. et al. The World Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends 2021. **Bonn: FiBL – IFOAM**, 2021. Disponível em: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1150-organic-world-2021.pdf>. Acesso em 29 de Nov. 2021.