

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Emilso Damm dos Santos

**USO DE PLANTAS E MIX DE PLANTAS DE COBERTURAS
HIBERNAIS ASSOCIADO AO CULTIVO DE MILHO EM CONDIÇÃO
DE BAIXA ALTITUDE**

Santa Maria, RS
2022

Emilso Damm dos Santos

**USO DE PLANTAS E MIX DE PLANTAS DE COBERTURAS HIBERNAIS
ASSOCIADO AO CULTIVO DE MILHO EM CONDIÇÃO DE BAIXA ALTITUDE**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Diego Nicolau Follmann

Santa Maria, RS
2022

Santos , Emilso Damm dos
USO DE PLANTAS E MIX DE PLANTAS DE COBERTURAS
HIBERNAS ASSOCIADO AO CULTIVO DE MILHO EM CONDIÇÃO DE
BAIXA ALTITUDE / Emilso Damm dos Santos .- 2022.
64 f.; 30 cm

Orientador: Diego Nicolau Follmann
Coorientador: Alessandro Dal'col Lucio
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Agronomia, RS, 2022

1. Plantas de cobertura hibernais 2. Recobrimento do
solo 3. Decomposição 4. Milho I. Follmann, Diego Nicolau
II. Lucio, Alessandro Dal'col III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, EMILSO DAMM DOS SANTOS , para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Emilso Damm dos Santos

**USO DE PLANTAS E MIX DE PLANTAS DE COBERTURAS HIBERNAIS
ASSOCIADO AO CULTIVO DE MILHO EM CONDIÇÃO DE BAIXA ALTITUDE**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Aprovado em 19 de agosto de 2022

Diego Nicolau Follmann, Dr. (UFSM)
(Presidente/ Orientador)

Alessandro Dal'col Lucio, Dr. (UFSM)
(Coorientador)

Ivan Carlos Maldaner, Dr. (Politécnico/UFSM)
(Examinador)

Eduardo Anibele Streck, Dr. (IFFar-SVS)
(Examinador)

Santa Maria, RS
2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por sempre estar guiando e iluminando meu caminho, me dando forças para não desanimar e seguir em frente sempre.

A minha família, por todo o esforço e apoio que demonstraram por mim, por me ensinarem a ser honesto e caminhar com meus próprios pés. Sou e serei grato a vocês por toda a vida.

À minha namorada Milena Schwinger, pelo companheirismo, apoio, motivação, conselhos, paciência e amor.

Agradeço imensamente ao orientador, Professor Diego Nicolau Follmann, pela oportunidade de crescimento profissional, pela confiança, pelos ensinamentos, orientações, contribuições, atenção, paciência, disponibilidade, críticas, e amizade ao longo do tempo de convivência.

À todos os colegas e amigos do Grupo de Pesquisa em Ecofisiologia e Manejo de Culturas Anuais (GEMCA) pela orientação, pelo auxílio ao longo do experimento, por ajudar a viabilizar a realização deste trabalho, sugestões, disponibilidade e atenção.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), pela oportunidade de aperfeiçoamento profissional através do mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado.

Agradeço aos meus amigos pelo apoio, conselhos e motivações e por acreditaram em mim e no meu potencial, tornando possível esse momento.

Muito Obrigado!

RESUMO

USO DE PLANTAS E MIX DE PLANTAS DE COBERTURAS HIBERNAIS ASSOCIADO AO CULTIVO DE MILHO EM CONDIÇÃO DE BAIXA ALTITUDE

AUTOR: Emilso Damm dos Santos
ORIENTADOR: Diego Nicolau Follmann

O milho é o cereal mais produzido a nível de Brasil e no mundo, apresentando importância econômica e social. As boas práticas agronômicas, como o uso de plantas de cobertura potencializam a produtividade de grãos e viabilidade econômica do cultivo, aportando inúmeros benefícios ao mesmo. Dessa forma o objetivo do trabalho foi avaliar a capacidade de produção de fitomassa seca de plantas de cobertura hibernais, recobrimento do solo e decomposição, além da sua relação com o desempenho agrônomico do cultivo de milho em sucessão em ambiente subtropical de baixa altitude. Este estudo foi conduzido em Santa Maria-RS em dois anos agrícolas 2019/2020 e 2021/2022. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 10 tratamentos e 4 repetições, totalizando 40 unidades experimentais. O experimento foi conduzido com quatro plantas de cobertura de inverno, sendo aveia branca, aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca em cultivo estreme e na forma de mix de plantas de cobertura. Onde durante o período de desenvolvimento, foi aferido o recobrimento do solo com uso do sistema NDVI, após o período de florescimento pleno/enchimento de grãos foi mensurada a produção de fitomassa de matéria seca. E posteriormente as curvas de decomposição dos tratamentos de plantas de cobertura. Após a dessecação da área, foi realizado a semeadura em espaçamento reduzido de 0,5 m entre linhas e população ajustada para 70000 plantas ha⁻¹ do híbrido simples DKB290, para avaliação do desempenho agrônomico do milho. Onde a adubação seguiu as recomendações para a cultura conforme análise de solo, e foram seguidas as indicações técnicas para a cultura do milho para os demais manejos da cultura. Portanto, em ambiente subtropical de baixa altitude Os tratamentos AP e AB apresentaram maior manutenção da fitomassa seca em cobertura do solo ao final do período de 150 dias, apresentando de valores superiores a 40% do volume inicial de fitomassa seca aportada sobre o solo, em safras com ocorrência do fenômeno La Niña. Para a produção total de fitomassa seca destacam-se os tratamentos NB e AP+NB+EC, que apresentam médias superiores a 4000,00 kg ha⁻¹, embora não difiram estatisticamente de outros tratamentos. Para a produtividade de grãos, em anos com o comportamento La Niña nos períodos críticos de florescimento e enchimento de grãos, não houve diferença entre plantas e mix de plantas de cobertura em ambos os anos. Ocorreram diferenças de resposta estatística para os diferentes componentes produtivos avaliados, nos diferentes anos de estudo. Houve correlações positivas entre produtividade de grãos CE, DE e MMG em ambos os anos agrícolas. CE também apresentou alta correlação positiva com DE e devido a fácil mensuração, pode ser adotado como caractere para a seleção indireta em anos com comportamento de La Niña. Destaca-se a importância do uso de plantas de cobertura no período de inverno, pois a média do experimento foi 2559 kg ha⁻¹ superior à média estadual no ano 2019/20 e 3694 kg ha⁻¹ ao ano 2021/22.

Palavras-chave: *Zea mays* L.. Sistema de plantio direto. Mix de plantas de cobertura. Fenômeno La Niña. Produção de grãos.

ABSTRACT

USE OF PLANTS AND MIX OF WINTER COVERAGE PLANTS ASSOCIATED WITH CORN CULTIVATION IN LOW ALTITUDE CONDITION

AUTHOR: Emilso Damm dos Santos

ADVISOR: Diego Nicolau Follmann

Corn is the most produced cereal in Brazil and in the world, presenting economic and social importance. Good agronomic practices, such as the use of cover crops, enhance grain productivity and economic viability of the crop, bringing numerous benefits to it. Thus, the objective of this work was to evaluate the dry phytomass production capacity of winter cover crops, soil cover and decomposition, as well as its relationship with the agronomic performance of corn cultivation in succession in a low altitude subtropical environment. This study was conducted in Santa Maria-RS in two agricultural years 2019/2020 and 2021/2022. The experimental design used was randomized blocks, with 10 treatments and 4 replications, totaling 40 experimental units. The experiment was carried out with four winter cover crops, being white oat, black oat, forage radish and vetch in their own cultivation and in the form of a mix of cover crops. Where during the development period, the soil cover was measured using the NDVI system, after the full flowering/grain filling period, the dry matter phytomass production was measured. And later the decomposition curves of the treatments of cover crops. After the area was desiccated, sowing was carried out at reduced spacing of 0,5 m between rows and population adjusted to 70000 plants ha⁻¹ of the single hybrid DKB290, to evaluate the agronomic performance of corn. Where the fertilization followed the recommendations for the culture according to soil analysis, and the technical indications for the maize crop were followed for the other crop managements. Therefore, in a low-altitude subtropical environment, AP and AB treatments showed greater maintenance of dry phytomass in soil cover at the end of the 150-day period, with values greater than 40% of the initial volume of dry phytomass delivered to the soil, in crops with occurrence of the La Niña phenomenon. For the total production of dry phytomass, treatments NB and AP+NB+EC stand out, which present averages above 4000.00 kg ha⁻¹, although they do not differ statistically from other treatments. For grain yield, in years with La Niña behavior in the critical periods of flowering and grain filling, there was no difference between plants and cover crop mix in both years. There were differences in the statistical response for the different productive components evaluated, in the different years of study. There were positive correlations between EC, DE and MMG grain yields in both crop years. CE also showed a high positive correlation with DE and, due to its easy measurement, it can be adopted as a character for indirect selection in years with La Niña behavior. The importance of using cover crops in the winter period is highlighted, since the average of the experiment was 2559 kg ha⁻¹ higher than the state average in the year 2019/20 and 3694 kg ha⁻¹ in the year 2021/22.

Keywords: *Zea mays* L.. No-till system. Cover plant mix. La Niña phenomenon. Grain production.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

- FIGURA 1 - Volumes de precipitação pluvial e médias diárias de temperatura do ar durante o período de desenvolvimento dos tratamentos de plantas de cobertura.....36
- FIGURA 2 - Curva de recobrimento das diferentes espécies de plantas de cobertura em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura, nos diferentes anos de experimentação.....38
- FIGURA 3 - Curva de decomposição de fitomassa seca de diferentes espécies de plantas de cobertura em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura, nos diferentes anos de experimentação.....39

ARTIGO 2

- FIGURA 1 - Balanço hídrico do milho cultivado em sucessão a tratamentos de plantas de cobertura em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura.....53
- FIGURA 2 - Componentes produtivos comprimento de espiga (CE) e massa de mil grãos (MMG) de milho cultivado em sucessão a tratamentos de plantas de cobertura em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura.....54
- FIGURA 3 - Componentes produtivos número de fileiras (NF) e número de grãos por fileira (NGF) de milho cultivado em sucessão a tratamentos de plantas de cobertura em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura.....55
- FIGURA 4 - Produtividade de milho cultivado em sucessão a tratamentos de plantas de cobertura em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura.....56
- FIGURA 5 - Correlação de Pearson para os diferentes componentes produtivos da cultura do milho e produção de fitomassa seca das plantas de cobertura.....57

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

TABELA 1 – Composição botânica percentual de fitomassa seca dos tratamentos de plantas de cobertura e fitomassa seca total produzida para os diferentes anos experimentais	37
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Porcentagem
°C	Graus Célsius
AP	Aveia Preta
AB	Aveia Branca
CE	Comprimento de Espiga
CG	Comprimento de Grãos
C/N	Relação carbono/nitrogênio
DE	Diâmetro de Espiga
DS	Diâmetro de Sabugo
EC	Ervilhaca Comum
ENOS	El Niño Oscilação Sul
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
Kg ha ⁻¹	Quilograma por Hectare
K	Potássio
m	Metro
m ²	Metro Quadrado
MMG	Massa de Mil Grãos
MOS	Matéria Orgânica do Solo
MV	Matéria Verde
MS	Matéria Seca
N	Nitrogênio
NB	Nabo forrageiro
NF	Número de Fileiras
NGF	Número de Grãos por Fileira
P	Fósforo
pH	Potencial de Hidrogênio
t ha ⁻¹	Tonelada por Hectare
UFMS	Universidade Federal de Santa Maria

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 AMBIENTE DE BAIXA ALTITUDE.....	13
2.2 EL NIÑO E LA NIÑA.....	14
2.3 PLANTAS DE COBERTURA HIBERNAL.....	15
2.3.1 Aveia preta.....	15
2.3.2 Aveia branca.....	16
2.3.3 Ervilhaca comum.....	17
2.3.4 Nabo forrageiro.....	18
2.3.5 Mix de plantas de cobertura.....	18
2.4 BENEFÍCIOS DO USO DE PLANTAS DE COBERTURA.....	19
2.5 INTERAÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA COM A PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE MILHO.....	22
3. ARTIGO 1	24
4. ARTIGO 2	39
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS	56
REFERÊNCIAS	57

1. INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se consolidado como 3º maior produtor mundial de milho (*Zea mays* L.) apresentando uma produção do grão superior a 100 milhões de toneladas (IBGE, 2021). E como o 2º maior exportador mundial do grão, com exportação estimada para a safra 2021/22 de 37,5 milhões de toneladas (CONAB, 2022). Já o estado do Rio Grande do Sul (RS) ocupou a nona posição entre os estados produtores de grãos na safra 2021/2022, com uma produção de 2,984 milhões de toneladas (CONAB, 2022), sendo a produtividade de grãos média de 3,62 t ha⁻¹, apresentando redução de 32% em relação à safra anterior. Embora, a área de cultivo de milho reduziu nos últimos anos no estado do RS, a produção mantém-se em função do aumento da produtividade de grãos (CONAB, 2019). Isso destaca a importância, no ajuste de manejos que venham a proporcionar base para crescente aumento de produtividade de grãos, com destaque para o manejo cultural que apresentem maior eficiência do uso dos recursos do ambiente, como menor utilização de fertilizantes químicos e melhor aproveitamento da água disponível no sistema.

Devido ao crescimento da população mundial, estudos visam aumentar a produtividade de grãos por unidade de área, e dessa forma, o suprimento da demanda de alimentos e renda em muitos países (GRASSINI et al., 2015). O melhoramento genético de milho nos últimos anos, tem levado a seleção de genótipos mais produtivos e com menor ciclo, ajustado ao período mais favorável para o crescimento e desenvolvimento, e por consequência, materiais que demandam melhores condições de fertilidade do solo. No Rio Grande do Sul, a maior parte da área cultivada com espécies comerciais no verão permanece em pousio ou em exploração por meio de pastejo durante o inverno. Nesse período do ano, ocorrem as maiores precipitações pluviométricas, resultando em perdas expressivas de solo e de nutrientes por erosão, já que a cobertura do solo proporcionada pelas plantas invasoras durante o inverno é normalmente deficiente. Uma das alternativas mais promissoras para enfrentar essa situação consiste na utilização de plantas de cobertura de solo durante o inverno (AITA et al., 2001).

Dentre as possibilidades de cultivo na estação hiberna, o cultivo da aveia se apresenta como alternativa de uso como plantas de cobertura. As aveias (*Avena sativa* L. e *Avena strigosa* Schreb) consistem nas principais espécies utilizadas no sul do Brasil. A área de cultivo cresce continuamente, em razão da necessidade de alternativas para rotação de culturas (LÂNGARO; CARVALHO, 2014) e por proporcionarem cobertura do solo, produção de fitomassa com alta relação carbono nitrogênio (C/N), rusticidade e fácil produção de sementes (EMBRAPA, 2014). Ocupam grandes áreas cultivadas no sul do Brasil, tornando-se uma das principais

alternativas para o cultivo durante o inverno. Um dos fatores que contribuíram para o aumento da área cultivada com aveia foi a adequação do sistema de cultivo tradicional, em substituição ao trigo ou cevada, na rotação de culturas no inverno (ALMEIDA; REIS, 2009).

Além da utilização de gramíneas como plantas de cobertura no período hibernal, o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) pertencente à família das brassicáceas, que têm sido utilizado nas regiões Sul, Centro-Oeste do Brasil e no estado de São Paulo, como material para adubação verde hibernal e planta de cobertura, em sistemas de cultivo conservacionistas, como o plantio direto e o cultivo mínimo (CRUSCIOL et al., 2005) e apresenta alto potencial de utilização para cultivo do milho em sucessão. Segundo verificado por Crochemore e Piza (1994), o nabo forrageiro destacou-se como excelente adubo verde no período hibernal. A espécie apresenta elevada ciclagem de nutrientes como nitrogênio e fósforo, o que torna-o uma planta interessante para a rotação, proporcionando benefícios as culturas sucessoras como milho e feijão. Giacomini et al. (2003), trabalhando com plantas de cobertura constataram que o nabo forrageiro possui alta capacidade de acumular nitrogênio por meio da ciclagem do nutriente podendo superar valores de 100 kg ha⁻¹.

A cultura da ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) também vem sendo utilizada como planta de cobertura na região sul, de forma que a mesma desempenha um papel fundamental por meio da fixação de nitrogênio e juntamente com o nabo, auxilia na ciclagem do nitrogênio. A possibilidade de utilização de plantas de cobertura como o nabo forrageiro, ervilhaca, aveia preta e aveia branca, em cultivo solteiro ou consorciado, são alternativas na rotação de culturas no inverno, principalmente com o trigo e a cevada (FONTOURA; BAYER, 2008).

De acordo com o cenário atual, tem-se uma necessidade de implantar e de utilizar alternativas que possam auxiliar na redução de custos de adubação para a cultura do milho, buscando maior eficiência produtiva potencialmente contribuindo para a melhoria das condições de solo e produção de milho. Sobretudo, a avaliação de plantas hibernas em ambiente subtropical de baixa altitude, onde apresenta lacunas na literatura brasileira sobre potencial de produção de fitomassa de matéria seca e aumento da produtividade de grãos de milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AMBIENTE DE BAIXA ALTITUDE

O ambiente de baixa altitude apresenta algumas características divergentes em relação a outros ambientes. Para tanto, em ambientes de baixa altitude, segundo Körner (2007), existem

mudanças atmosféricas associadas à baixa altitude quando comparadas a ambientes de alta altitude, como o aumento da temperatura do ar, que implica sobre a umidade do ambiente. Bem como menor radiação solar sob céu sem nebulosidade. Fritzsons, Mantovani e Wrege (2016), destacam que existe uma relação direta da altitude com a temperatura é importante para as regiões tropicais e subtropicais, onde uma diferença de altitude de algumas centenas de metros provoca mudanças sensíveis no clima e na adaptação das espécies, assim como na aptidão para vários sistemas de uso da terra. Onde a temperatura do ar normalmente decresce com a elevação da altitude numa proporção de, aproximadamente, 1°C a cada 100m. A temperatura do ar dentre os elementos climáticos, é aquele que promove maiores efeitos diretos e significativos sobre muitos processos fisiológicos que ocorrem em plantas e animais (FRITZSONS; MANTOVANI; AGUIAR, 2008). Para tanto, a localização do experimento representa as condições climáticas presentes na metade sul do estado, com ambientes de cultivo que apresentam limitações na qualidade dos solos e com menor altitude, que proporciona noites com temperatura médias altas e maior gasto de energia da planta pelo processo de respiração (TAIZ et al., 2017), fatores que potencialmente interferem negativamente na produtividade final de grãos da cultura do milho. Pois a altitude é o fator que apresentou maior influência sobre a temperatura, seguido respectivamente da latitude e longitude. (FRITZSONS; MANTOVANI; WREGE, 2016). De forma que a produtividade vegetal é o resultado da interação dos fatores genéticos da planta, com os fatores climáticos e de manejo culturais, que constituem um sistema de produção (FLOSS, 2011).

2.2 EL NIÑO E LA NIÑA

Cada vez mais, a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña desempenha um papel importante na produtividade de grãos das culturas de verão cultivados em sequeiro no estado do Rio Grande do Sul. Onde temos que o El Niño e La Niña, são as duas fases do fenômeno denominado El Niño Oscilação Sul (ENOS), que consistem, basicamente, no aquecimento (El Niño) ou no resfriamento (La Niña) das águas do pacífico equatorial, que provocam impactos climáticos em diferentes partes do globo terrestre. Embora não sejam os únicos modos de variabilidade interanual da tendência de longo prazo de aumento da temperatura média global, El Niño e La Niña são muito importantes (CORDEIRO; BERLATO; ALVES, 2018).

O Rio Grande do Sul é uma das áreas de forte sinal do fenômeno ENOS, que causa a variabilidade interanual de diversos elementos meteorológicos na região, como, por exemplo, precipitação pluvial, temperatura, entre outras variáveis climatológicas (CORDEIRO et al.,

2016; CUSTÓDIO, 2016; PAULA et al., 2015;). Na média o Rio Grande do Sul, apresenta tendência de aumento do índice hídrico na primavera, principalmente aumento da precipitação pluvial. De forma que os eventos de El Niño determinam elevados índices hídricos e eventos La Niña, apresenta baixos índices hídricos na primavera e verão (CORDEIRO; BERLATO; ALVES, 2018).

De modo geral, as culturas não-irrigadas de primavera-verão como o milho tem seu ciclo favorecido em anos de El Niño, dada menor probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica (ALBERTO et al., 2006; BERLATO; FARENZENA; FONTANA, 2005). Já para os cereais de estação fria, os maiores volumes de chuva registrados no início da primavera em anos de El Niño são desfavoráveis às culturas, em virtude da diminuição do rendimento de grãos associadas ao excesso de precipitação pluvial (ALBERTO et al., 2006). O El Niño determina ganhos e La Niña determina queda na produtividade de grãos de milho no Rio Grande do Sul (BERLATO; FARENZENA; FONTANA, 2005).

2.3 PLANTAS DE COBERTURA HIBERNAL

2.3.1 Aveia Preta

A aveia é uma das principais culturas utilizadas no Sul do Brasil, pois contribui com à diversificação da exploração agrícola, e sua área de cultivo cresce continuamente, em razão da necessidade de alternativas para rotação de culturas (LÂNGARO; CARVALHO, 2014). A aveia preta, apresenta características como colmo cilíndrico, ereto e glabro, composto de uma série de nós e entrenós. As folhas inferiores apresentam bainha, lígula obtusa e margem denticulada. Os nós são sólidos. A inflorescência é uma panícula com glumas aristadas ou não. O grão de aveia é uma cariopse, semicilíndrico e agudo nas extremidades, encoberto pelo lema e pela pálea (FONTANELI; SANTOS; FONTANELI, 2012).

A aveia-preta é rústica, tem grande capacidade de afilamento, desenvolve-se bem em solo pouco fértil, tem resistência à seca e boa resistência às pragas e doenças. E utilizada para proteção e recobrimento rápido do solo, sendo sua fitomassa manejada na fase de grão leitoso para evitar a rebrota. (EMBRAPA, 2014). Onde pode apresentar ciclo produtivo mais longo no outono e na primavera, e possibilidade de menor taxa de crescimento em invernos muito frios. A aveia preta adapta-se bem a grande variedade de solos, preferindo, porém, os argilosos com boa drenagem (FONTANELI; SANTOS; FONTANELI, 2012). Como é uma espécie rústica, pouco exigente em fertilidade de solo, que possui boa adaptação aos estados do sul do Brasil, a

aveia preta desenvolve-se em regiões temperadas e subtropicais, sendo cultivada tanto ao nível do mar como em altitudes de 1.000 a 1.300 m (DERPSCH; CALEGARI, 1992).

A aveia-preta permite consorcio com azevém, centeio, ervilha forrageira, ervilhaca ou nabo-forrageiro, dentre outras espécies. E para produção de sementes e fitomassa, na semeadura, recomenda-se utilizar entre 40 kg ha⁻¹ e 60 kg ha⁻¹ de sementes (FONTANELI; SANTOS; FONTANELI, 2012). Perfazendo dessa forma, a quantidade de sementes recomendada entre, 200 a 300 sementes viáveis m². Já em semeaduras tardias e regiões mais quentes, deve ser utilizada a densidade maior, pois o perfilhamento é menor. (LÂNGARO; CARVALHO, 2014). A partir da fitomassa seca remanescente do ciclo da aveia preta, esta poderá ser mantida até o momento adequado para manejo e posterior semeadura de nova cultura. Geralmente, a aveia preta tem elevado efeito alelopático, obtendo supressão positiva em muitas plantas daninhas, reduzindo os custos com o manejo destas. (EMBRAPA, 2014).

Quanto a produtividade de milho em cultivo sobre palhada de aveia preta, autores como, Silva et al. (2008), e Ziech et al. (2016) obtiveram produtividade de milho superior a 10 t ha⁻¹ de grãos cultivado sobre volumes de palhada de aveia preta de 3,5 t ha⁻¹. Camargo e Piza (2007), avaliando a produção de biomassa de plantas de cobertura e seus efeitos na cultura do milho, em sistema de semeadura direta, observaram que a aveia preta produziu maior quantidade de palhada, porém, sem reflexos sobre a produtividade de grãos, na cultura do milho. Mas essas observações podem ser condizentes a situações específicas, pois a expressão da produtividade de grãos na cultura do milho, tem como base inúmeros fatores que podem vir a comprometer o desempenho agrônomo da cultura de verão, minimizando os benefícios das plantas de cobertura em período de inverno.

2.3.2 Aveia Branca

Aveia branca é uma gramínea anual de inverno, não apresenta aurículas e como característica apresenta folhas e grãos com tamanho superior a aveia preta. Além disso, a segunda flor da espiguetta de todas as cultivares de aveia branca muito raramente apresentam arista. A aveia branca caracteriza-se por ter grão bem maior do que o da aveia preta, com cerca do dobro do tamanho. (FONTANELI; SANTOS; FONTANELI, 2012). A aveia branca possui a característica de se adaptar bem a diferentes tipos de solo. Tolerando solos ácidos até 4,5 de pH e solos alcalinos da ordem de 8,5 (CASTRO; COSTA; FERRARI NETO, 2012). De modo que, a aveia branca é menos rústica do que a aveia preta, mais exigente em fertilidade de solo e menos resistente à seca, com boa tolerância ao frio. (FONTANELI; SANTOS; FONTANELI,

2012). A densidade recomendada para semeadura de aveia é de 200 a 300 sementes viáveis por m², com espaçamento de 0,17 a 0,20 m, onde a expressão de potencial de perfilhamento está diretamente relacionada com o manejo desta espécie (FERREIRA; AQUILA, 2000).

Em relação a produtividade do milho sobre a palhada de aveia branca, foi observado por Silva et al. (2008), produtividades de grãos superiores a 9,5 t ha⁻¹ em vários anos experimentais, sobre volumes médios de palhada de 4,6 t ha⁻¹.

2.3.3 Ervilhaca Comum

É uma espécie originária da Europa e de regiões temperadas da América do Sul. Sendo uma planta anual, decumbente, com altura de 50 cm a 80 cm e desenvolve-se em solos corrigidos ou já cultivados e sem problemas de acidez. O pleno florescimento ocorre de 120 a 150 dias, e o potencial de produção de fitomassa seca em torno de 4 t ha⁻¹ a 6 t ha⁻¹. Apresentando crescimento satisfatório, com adequada cobertura dos solos, fixação de N atmosférico e eficaz ciclagem de P e outros nutrientes, sendo uma espécie adaptada as condições climáticas do sul do Brasil (EMBRAPA, 2014). A ervilhaca é uma das plantas de cobertura mais utilizadas, devido ao seu potencial de fixação de nitrogênio e reciclagem de nutrientes. Outra característica importante das leguminosas é a baixa relação C/N, quando comparada a outras plantas de cobertura (ORTIZ et al., 2015). Para a semeadura da ervilhaca comum, são necessários 60 kg ha⁻¹ e 80 kg ha⁻¹ de sementes respectivamente para as semeaduras em linha e a lanço, bem como 30 kg ha⁻¹ e 80 kg ha⁻¹ de sementes respectivamente para produção de sementes e para uso como planta de cobertura. Sobretudo na região Sul, a ervilhaca é utilizada como planta de cobertura ou forrageira (EMBRAPA, 2014).

De acordo com Ziech et al. (2016), em estudo avaliando a produtividade de grãos verificaram que em cultivo do milho em sucessão a ervilhaca comum, contribuíram para o aumento de produtividade de grãos de milho, na ausência de aplicação de doses de nitrogênio, pela fixação biológica de nitrogênio obtida anteriormente pela ervilhaca comum. Bem como, Bortolini, Silva e Argenta (2000), verificaram que a introdução de ervilhaca em consórcio com aveia diminuiu a necessidade de adubação nitrogenada para o cultivo do milho em sucessão. De forma que em ambos os casos é observado a diminuição do uso de insumos químicos.

2.3.4 Nabo Forrageiro

Essa espécie originária da Ásia é bastante adaptada principalmente à região Sul do País e ao sudeste. O nabo-forrageiro é espécie anual, herbácea, ereta, com raiz pivotante, profunda e às vezes tuberosa, com elevada capacidade de ciclagem de nutrientes. Entre as plantas de cobertura, o nabo forrageiro destaca-se pela sua rusticidade, ciclo curto, facilidade de manejo mecânico e produção de sementes. Possui sistema radicular agressivo, com capacidade de penetrar em solos compactados e de ciclar nutrientes de camadas de solo mais profundas, especialmente o potássio (K) e o nitrogênio (N) (EMBRAPA, 2014). Como planta de cobertura de solo, o nabo forrageiro, que pertence à família das brassicáceas, apresenta vantagens como, baixo custo das sementes, rápido desenvolvimento inicial, ciclo curto (AMADO et al., 2002), além do elevado rendimento de fitomassa seca (SILVA et al., 2006) e alta concentração de nutrientes na parte aérea.

Pela sua precocidade tem sido adaptado às regiões que utilizam o milho com implantação no final de agosto e início de setembro. O crescimento inicial é rápido, com altura de 1,0 m a 1,8 m, rendimentos de 25 t ha⁻¹ a 60 t ha⁻¹ de fitomassa verde e de 2 t ha⁻¹ a 6 t ha⁻¹ de fitomassa seca e além da ciclagem de 60 kg ha⁻¹ ano a 180 kg ha⁻¹ ano de nitrogênio (N). Assim como, desenvolve-se em solos de fertilidade média, estabelecendo 70% de cobertura do solo aos 60 dias da semeadura (EMBRAPA, 2014). Quanto a interação entre o milho o nabo forrageiro destaca-se pela produção de matéria seca, acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, bem como pela decomposição e liberação de nitrogênio para a cultura do milho, em estádios fenológicos de maior demanda deste nutriente (VIOLA et al., 2013).

2.3.5 Mix de plantas de cobertura

As diferentes espécies possuem benefícios e limitações distintos, por isso a utilização consórcio de plantas, que atualmente são denominados de mix de plantas = mistura de espécies. Os mix de plantas de cobertura, vem ganhando espaço por maximizar os benefícios das plantas em relação ao cultivo solteiro dessas (SILVA et al., 2021). O uso de espécies de gramíneas, em consórcio com a ervilhaca, visando o seu tutoramento, proporcionam incremento na produção de fitomassa de matéria seca (EMBRAPA 2014). Além de apresentarem as taxas de absorção e mineralização de nutrientes mais elevadas devido à presença das leguminosas. A capacidade que as espécies de leguminosas apresentam de ciclar o nitrogênio disponível no solo e/ou de fixar o nitrogênio atmosférico, a alta demanda de nitrogênio das gramíneas e o alto custo dos fertilizantes nitrogenados contribuem para a inclusão dessas espécies em rotação com o milho (GIACOMINI et al., 2004). Assim temos que o cultivo consorciado de plantas de cobertura no

outono/inverno e a proporção de cada espécie no consórcio influem na dinâmica do N no solo (AITA et al., 2004). Portanto, com o emprego de gramíneas à possibilidade de amenizar a perda de N, mediante a ciclagem e imobilização em sua fitomassa, favorecida pela alta razão C/N (CABEZAS et al. 2004; PERIN et al. 2004). Além disso, as gramíneas são capazes de acumular grandes quantidades de matéria verde (BARRADAS, 2010), com alta relação C/N e taxa de decomposição mais lenta, em relação às leguminosas, favorecendo a manutenção da palha na superfície do solo por mais tempo, atuando como regulador da temperatura e da umidade do solo, além de reduzir o risco de erosão.

O nabo forrageiro produz, até o estágio de pré florescimento, elevada quantidade de parte aérea em cultivo de inverno, acumulando valores significativos de nitrogênio, fosforo (P), potássio (K). E temos como indicação do manejo do nabo forrageiro, o estágio de pré florescimento que apresenta rápida degradação da palhada, liberando quantidades substanciais de K e N. Nutrientes estes disponibilizados em período inicial de desenvolvimento para a cultura subsequente (CRUSCIOL et al, 2005). Quando se realiza o consórcio de gramíneas de hibernais e espécies de outras famílias botânicas, autores como Lázaro et al. (2013) verificaram que o tratamento composto pelo consórcio aveia preta + nabo forrageiro, foi o que apresentou maior produtividade de massa seca, produzindo 5.458 kg ha^{-1} , em relação às outras espécies. O elevado rendimento de fitomassa seca, na parte aérea, evidenciando o grande potencial do uso de sistemas consorciados de aveia preta com nabo forrageiro, em relação ao cultivo isolado, como culturas antecessoras ao milho.

2.4 BENÉFICOS DO USO DE PLANTAS DE COBERTURA

Apesar da grande área cultivada com milho no Brasil, sua produtividade média é baixa, em relação ao potencial produtivo da cultura, dentre as razões podemos citar fatores como as deficiências nutricionais, sobretudo de nitrogênio, que é o nutriente que mais frequentemente limita a produtividade de grãos (BORTOLINI; SILVA; ARGENTA, 2000). O planejamento adequado da adubação verde propicia melhorias no solo, maior produtividade da cultura de interesse econômico e pode reduzir custos com melhor controle de plantas invasoras associado a menor gasto com fertilizantes. Além de planejar o melhor mix de cultivos para cada situação, vale ressaltar que esforços devem ser realizados para que a quantidade de fitomassa seca produzida seja adequada e que permaneça por mais tempo sobre a superfície, para que os efeitos benéficos da presença de palha sobre o solo possam ser alcançados. (BUENO; RODRIGUES, 2019)

Dentre as espécies utilizadas para a adubação verde de inverno, as leguminosas destacam-se pela fixação biológica de nitrogênio e pela sua baixa relação C/N (relação carbono/nitrogênio), favorecendo a rápida decomposição e mineralização, obtendo um expressivo aporte de N ao sistema solo-planta (AITA et al. 2001; FERREIRA et al. 2011; PARTELLI et al. 2011; PERIN et al. 2004;). Onde segundo Aita et al. (2001), aproximadamente 60% do N acumulado na parte aérea das leguminosas é liberado nos resíduos culturais durante os primeiros 30 dias após o manejo das espécies. Em particular, a adubação verde com leguminosa melhora muito a fertilidade do solo, aumentando o nitrogênio do mesmo. Assim, o uso de leguminosas na adubação verde pode reduzir a quantidade necessária de fertilizante nitrogenado (HELMING et al., 2014), reduzindo os custos de produção. Pois tem-se como recomendação de uso de adubação nitrogenada na ordem de 70 kg ha⁻¹ de nitrogênio, em função do uso de leguminosas para cobertura de solo. Enquanto que se tem a recomendação de 90 kg ha⁻¹ quando se faz uso de gramíneas para cobertura do solo, sendo estes valores indicados para solos pobres em matéria orgânica do solo (MOS), e considerando rendimento de grãos abaixo de 6 t ha⁻¹. Deste modo, para rendimentos superiores devem ser acrescidos 15 kg ha⁻¹ de nitrogênio para cada tonelada de grão a ser produzida (CQFS-RS/SC, 2016).

Observando aspectos do uso do nabo forrageiro como planta de cobertura, tem-se que o maior teor de potássio mobilizado no solo pode ser alcançado em tratamento de mix de nabo forrageiro associado a gramíneas. Isso provavelmente pode ser explicado pela maior fitomassa seca da parte aérea produzida por essas espécies quando consorciadas (SOUZA et al., 2019), em comparação com os outros tratamentos em monocultura. Pois uma abundância de tecido vegetal estimula o acúmulo de potássio no solo (BASSEGIO et al., 2015), e após a decomposição de resíduos vegetais na superfície do solo, o potássio é rapidamente liberado, mantendo ou mesmo aumentando seu teor no solo (BASSEGIO et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2016).

Assim, os adubos verdes são de grande importância para a agricultura, pois promovem uma ciclagem mais rápida de nutrientes, promovendo seu uso pela safra seguinte, particularmente daqueles elementos com potencial de lixiviação, como nitrogênio e cátions trocáveis, ou daqueles que podem ser relativamente fáceis de reter em solos intemperizados, como o fósforo (RODRIGUES, 2012). É descrito por inúmeros autores a importância fundamental da rotação de culturas e adubação verde para aliviar os efeitos negativos da monocultura e melhorar as propriedades físicas do solo, entre outros atributos do solo (FAO, 2010; SKOUFOGIANNI et al., 2013), bem como a redução das perdas de N por escoamento, lixiviação e erosão do solo.

Os resíduos vegetais de plantas de cobertura sobre a superfície do solo, somada aos resíduos das culturas comerciais, cria um ambiente favorável ao crescimento vegetal e contribui para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção da qualidade do solo (ALVARENGA et al., 2001). Para Ziech et al. (2015), o consórcio entre aveia-preta, ervilhaca comum e nabo forrageiro proporciona resíduos vegetais na superfície do solo com relação C/N equilibrada, em comparação aos cultivos solteiros. Estes mesmos autores também citam que gramíneas puras e consórcios com gramíneas apresentam maior potencial de proteção do solo, pela permanência de resíduos na superfície (ZIECH et al., 2015). Para tanto Belan et al. (2013), analisando características de temperatura do solo relataram que a cobertura do solo interferiu significativamente na transferência de calor entre as camadas de cobertura aplicadas ao solo, fazendo com que houvesse manutenção térmica das camadas internas do solo, embora houvessem diferenças em profundidade de 2 cm independente das densidades coberturas empregadas. Outros aspectos do uso das plantas de cobertura são os benefícios físicos químicos e biológicos, oportunizados ao solo.

Já entre as propriedades biológicas do solo influenciadas pelo uso de plantas de coberturas, destaca-se o aumento da diversidade de microrganismos. As condições mais adequadas de umidade e temperatura, dentre outros atributos proporcionados pelas plantas de cobertura, beneficiam a fauna edáfica do solo. Dentre esses microrganismos destacam-se principalmente as bactérias fixadoras de nitrogênio, solubilizadores de fosfato e diversos microrganismos que possuem potencial de competir e suprimir fitopatógenos do solo (ALMEIDA; BAYER; ALMEIDA, 2016). Esses organismos desempenham importante papel na ciclagem de carbono e de outros nutrientes, na estabilidade dos agregados do solo, na porosidade, redução da erosão e do escoamento superficial (SILVA et al., 2011). A fauna presente no solo também atua no transporte de resíduos culturais ao longo do perfil, proporcionando melhorias no ambiente radicular das plantas (CARDOSO et al., 2013).

Observando os benéficos aos caracteres físicos do solo, Silva et al. (2012) destacam que, sistemas produtivos que integram plantas de cobertura como aveia preta ou ervilhaca possuem maior capacidade de gerar melhorias na qualidade estrutural do solo, pela menor resistência mecânica a penetração do solo. Como descrito anteriormente as plantas de cobertura tem a capacidade de influenciar positivamente em propriedades físicas do solo como a densidade, macroporosidade, microporosidade, condutividade hidráulica do solo, umidade gravimétrica e agregação (MORAES et al. 2016; PESSOTTO et al., 2016). Entre os quais podem vir a influenciar diretamente as culturas, de maneira que as plantas de cobertura podem vir a contribuir positivamente também características de resistência do solo à penetração, aeração,

temperatura e capacidade de retenção de água (MORAES et al. 2016). Já Rossetti et al. (2012) observaram melhorias nos atributos físicos da camada superficial do solo, e aumento nos teores de matéria orgânica do solo. Da mesma forma que Michelin et al. (2019), relatam na Região Central do Rio Grande do Sul, que o cultivo por três safras consecutivas de ervilhaca e do consórcio aveia preta + ervilhaca + nabo forrageiro elevaram o teor de matéria orgânica e a disponibilidade de fósforo e potássio do solo. Entre outras propriedades químicas influenciadas pelo uso de plantas de coberturas, destaca-se a promoção da ciclagem de nutrientes no solo, modificação do pH do solo próximo da superfície; melhoria na capacidade de troca de cátions (CTC); maior saturação por bases em comparação com solos em pousio, entre outros. Pois as plantas de cobertura acumulam nutrientes no material vegetal e os liberam durante sua decomposição, possibilitando a manutenção e a melhoria da fertilidade do solo (FAVARATO et al., 2015).

O recobrimento do solo pelo material vegetal também produz um efeito significativo sobre as plantas invasoras, onde a utilização de plantas de cobertura, independentemente das densidades de semeadura, apresentou efeito supressivo sobre as plantas daninhas, com redução na produtividade de biomassa seca e densidade das infestantes acima de 90% (BORGES et al., 2014). Da mesma forma que Araújo et al. (2019) verificaram que o cultivo de plantas de cobertura durante o período de entressafra, obteve redução de 98,9% na produção de massa seca da parte aérea das plantas daninhas em relação ao tratamento controle aos 75 dias após a semeadura.

2.5 INTERAÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA COM A PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE MILHO

Ao avaliar o efeito das culturas de cobertura no milho cultivado em sistema de plantio direto, Michelin et al. (2019) determinaram que os consórcios das espécies de aveia preta + ervilhaca e aveia preta + ervilhaca + nabo forrageiro possuem capacidade de produzir maiores quantidades de massa seca da parte aérea, em relação a outros tratamentos. E que a utilização do consórcio aveia preta + ervilhaca + nabo forrageiro pode aportar maiores rendimentos de grãos da cultura do milho. Da mesma forma conforme Silva et al. (2006), o rendimento de grãos de milho em sucessão a espécies leguminosas e brassicáceas como coberturas de solo no inverno, em cultivos isolados ou em consórcio com aveia preta, é maior do que o obtido em sucessão à aveia preta em cultivo isolado.

Outros autores como, Bonjorno et al. (2010) demonstraram a viabilidade econômica do manejo agroecológico do milho em plantio direto após diferentes coberturas de inverno. Devido à sua capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico e à alta taxa de decomposição dos resíduos da colheita, a ervilhaca é capaz de fornecer quantidades significativas de nitrogênio ao milho em sucessão (AITA, 2001; HEINRICHS, 2001). E que segundo Ohland et al. (2005), as leguminosas antecedendo ao milho aumentam a disponibilidade de N no solo, a absorção de N pela planta e por consequência aumentam o rendimento de grãos, sendo o sistema de manejo da leguminosa importante para a melhoria dos componentes de produção da cultura.

Já Lázaro et al. (2013) avaliando o milho cultivado sobre diferentes palhadas, demonstraram que o uso de aveia preta + nabo forrageiro apresentou maior rendimento de grãos. Assim como o uso de adubos verdes é uma alternativa viável para a obtenção de alto rendimento de grãos de milho, podendo em certos casos dispensar a fertilização nitrogenada em cobertura. Da mesma forma que Ziech et al. (2016), obteve rendimentos de grãos de milho superiores com a utilização de leguminosas e brassicáceas na ausência de N complementar. Demonstrando dessa forma, a capacidade que as plantas de cobertura possuem em auxiliar no aumento do rendimento de grãos de milho, com a redução do uso de adubação química.

3. ARTIGO 1

PRODUÇÃO E TAXA DE DEGRADAÇÃO DA FITOMASSA EM MIX DE PLANTAS DE COBERTURA NO INVERNO

PRODUCTION AND DEGRADATION RATE OF PHYTOMASS IN COVERAGE PLANTS MIX IN WINTER

Emilso Damm dos Santos¹; Diego Nicolau Follmann^{1*}

RESUMO

As espécies utilizadas como plantas de cobertura apresentam como primeira função a proteção do solo da energia cinética de gotas da chuva, auxiliando no controle de erosão em um sistema conservacionista do solo. Outros benefícios como a redução de perda de água por evaporação, diminuição da erosão do solo e melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo são citados na literatura científica. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a produção de fitomassa de matéria seca, percentual de recobrimento do solo e curva de decomposição de fitomassa de matéria seca de plantas de cobertura em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura em ambiente subtropical de baixa altitude. O presente trabalho foi conduzido em Santa Maria-RS, nos anos agrícolas 2019/2020 e 2021/2022. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições. Os experimentos foram conduzido com quatro plantas de cobertura de inverno: aveia branca, aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca, em cultivo estreme e na forma de mix de plantas de cobertura, onde durante o desenvolvimento das plantas de cobertura foi determinado o recobrimento do solo com uso do sistema NDVI, e após o período de florescimento pleno/enchimento de grãos, foi mensurado a produção de fitomassa de matéria seca e a avaliação da decomposição dos resíduos vegetais pelo método de bolsas de decomposição que utiliza litter bags Para a produção total de fitomassa de matéria seca destacam-se os tratamentos NB e AP+NB+EC, que apresentam médias as maiores médias, mas não sendo superior estatisticamente aos demais tratamentos. O NB em cultivo estreme apresenta elevado potencial de recobrimento do solo em períodos de 45 DAS. Os tratamentos AP e AB apresentaram maior manutenção da fitomassa seca em cobertura do solo ao final do período de 150 dias, apresentando valores superiores a 40% do volume inicial de fitomassa seca aportada sobre o solo, em safras com ocorrência do fenômeno La Niña.

Palavras-chave: NDVI. *Avena sativa* L..*Avena strigosa* Schreb.. *Raphanus sativus* L.; *Vicia sativa* L.

ABSTRACT

The species used as cover crops have as their primary function the protection of the soil from the kinetic energy of raindrops, helping to control erosion in a soil conservation system. Other benefits such as reduced water loss through evaporation, reduced soil erosion and improved physical, chemical and biological soil attributes are cited in the scientific literature. Thus, the

objective of this work was to evaluate the production of dry matter phytomass, soil cover percentage and phytomass dry matter decomposition curve of cover crops in single cultivation and in a mix of cover crops in a subtropical low-altitude environment. The present work was carried out in Santa Maria-RS, in the agricultural years 2019/2020 and 2021/2022. The experimental design used was randomized blocks, with ten treatments and four replications. The experiments were carried out with four winter cover crops: white oat, black oat, forage radish and vetch, in single cultivation and in the form of a mix of cover crops, where during the development of cover crops the soil cover was determined. using the NDVI system, and after the period of full flowering/filling of grains, the production of dry matter phytomass and the evaluation of the decomposition of plant residues were measured by the method of decomposition bags that uses litter bags. dry matter phytomass, treatments NB and AP+NB+EC stand out, which present averages to the highest averages, but not being statistically superior to the other treatments. The NB in its own cultivation has a high potential for soil cover in periods of 45 DAS. The AP and AB treatments showed greater maintenance of dry phytomass in soil cover at the end of the 150-day period, presenting values greater than 40% of the initial volume of dry phytomass contributed on the soil, in crops with occurrence of the La Niña phenomenon.

Key words: NDVI. *Avena sativa* L.. *Avena strigosa* Schreb.. *Raphanus sativus* L.. *Vicia sativa* L.

Introdução

As espécies utilizadas como plantas de cobertura, contribuem ativamente para o recobrimento da superfície do solo, trazendo benefícios como a redução de perda de água por evaporação e a diminuição de erosão do solo (DONAGEMMA et al., 2016). Água esta que, desempenha fator crucial para o desenvolvimento dos cultivos, cujo déficit condiciona redução de produtividade de grãos (SOUSA et al., 2015). Uma metodologia utilizada para a determinação cobertura do solo é o sistema NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada), (BORGOGNO-MONDINO et al., 2018). A metodologia possibilita a aplicação em agricultura de precisão, compreendendo a avaliação geral do status da cultura (LUKAS et al., 2016; BARBANTI et al., 2018), podendo ser aplicada na identificação da variabilidade espacial do desenvolvimento vegetativo (HENIK, 2012).

Isso destaca a importância em conhecer o desenvolvimento das plantas de cobertura, auxiliando no ajuste de manejos, para maior eficiência do uso dos recursos do ambiente de cultivo. Em virtude da ocorrência de fenômenos climáticos como El Niño e La Niña, que apresentam influência no regime hídrico no sul do Brasil, onde temos em condições de El Niño, maiores volumes de precipitação, e La Niña menores volumes de chuvas no período de verão (JUNGES; BREEM; FONTANA, 2019). Além da ocorrência dos fenômenos ENOS, outros fatores como a redução da altitude influenciam o potencial de produtividade dos cultivos de verão.

Segundo Körner (2007), existem algumas mudanças atmosféricas associadas à baixa altitude, quando comparadas a ambientes de alta altitude, como o aumento da temperatura do ar, alteração da umidade do ambiente e menor radiação solar sob céu sem nebulosidade. Para tanto temos que o ambiente de menor altitude, proporciona noites com temperatura médias altas e maior gasto de energia da planta pelo processo de respiração (TAIZ et al., 2017), enquanto que a fotossíntese líquida apresenta aumento acentuado em baixas temperaturas noturnas (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014), fatores que interferem negativamente na produtividade final dos cultivos de verão, e que não são passíveis de alteração em ambiente de cultivo. E assim devem ser tomadas estratégias de manejo que propiciem melhores condições de cultivo, a fim de possibilitar ganhos de produtividade de grãos, uma estratégia é um adequado uso de plantas de cobertura.

As melhorias do ambiente de cultivo, podem ser potencializadas quando utilizado o consórcio, ou mix de plantas de cobertura, principalmente quando se combina espécies com características contrastantes (ZIECH et al., 2015). Pois por meio do consórcio de plantas de cobertura, obtemos eficiência na cobertura do solo e satisfatória produção de fitomassa (RIBEIRO et al., 2017). Sabe-se da importância das plantas de cobertura, em antecedência aos cultivos de verão, onde trabalhos da literatura foram conduzidos em ambientes de maiores altitudes no sul do Brasil.

Todavia, trabalhos em ambiente subtropical de baixa altitude, com plantas de cobertura e mix de plantas de cobertura, que antecedem os cultivos de verão em baixa altitude são limitados, além de em muitos casos não explorarem no mesmo estudo o desenvolvimento e a degradação da fitomassa seca das plantas de cobertura. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a produção de fitomassa de matéria seca, percentual de recobrimento do solo e curva de decomposição de fitomassa de matéria seca de plantas de cobertura em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura em ambiente subtropical de baixa altitude.

Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizada na região fisiográfica da Depressão Central (29° 43' 28" S, 53° 43' 41" W e altitude 130 m). O clima é caracterizado como subtropical úmido Cfa, sem estação seca definida, e com precipitação média de 1.616 mm ao ano (ALVARES et al., 2013). E solo característico do local, classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (SANTOS, 2018).

O estudo foi conduzido em dois anos agrícolas, nas safras 2019/20 e 2021/22, com sementeira das plantas de cobertura em 5 de junho e 12 de abril respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas experimentais constituídas por 1,8 m de largura e 5,0 m de comprimento, contendo uma área útil de 9,0 m², com um espaçamento entre blocos de 3 metros, constituindo as bordaduras das parcelas.

O experimento com o uso de plantas de cobertura foi organizado com quatro espécies de plantas de cobertura em cultivo estreme e em consórcios (mix de plantas de cobertura), totalizando 10 tratamentos. Em cultivo estreme T1=Aveia Preta (AP), T2=Aveia Branca (AB), T3=Ervilhaca (EC), T4=Nabo Forrageiro (NB) e os mix de plantas de cobertura com %D (percentual de densidade ajustada, como referência ao cultivo estreme) T5 = Aveia Preta (50%D) + Ervilhaca (50%D), T6= Aveia Preta(50%D) + Nabo Forrageiro (50%D), T7 = Aveia Preta (50%D) + Nabo Forrageiro (25%D) + Ervilhaca (25%D), T8= Aveia Branca (50%D) + Ervilhaca (50%D), T9= Aveia Branca (50%D) + Nabo Forrageiro (50%D), T10= Aveia Branca (50%D) + Nabo Forrageiro (25%D) + Ervilhaca (25%D). A densidade da sementeira utilizada para as plantas de cobertura foi: Aveia preta = 80 kg ha⁻¹, Aveia Branca = 80 kg ha⁻¹, Ervilhaca = 50 kg ha⁻¹, Nabo Forrageiro = 30 kg ha⁻¹. Para os tratamentos que caracterizam os mix de plantas de cobertura, os valores de sementes de cada espécie a serem utilizadas obedecem ao percentual de participação de cada espécie, tendo a densidade do cultivo estreme como referência.

Após as espécies atingirem a floração plena/início do enchimento de grãos, foram retiradas amostras de fitomassa em 2 m² de cada parcela, para aferição da fitomassa de matéria seca total da parcela e individual dos componentes dos tratamentos, sejam eles em cultivo estreme ou em mix de plantas de cobertura. A avaliação do recobrimento do solo foi realizada com a utilização do sistema NDVI, com a utilização do equipamento Green Seeker®, o qual efetua a medição do índice de vegetação por diferença normatizada. Onde quanto maior a cobertura do solo pela planta, maior será a magnitude de NDVI, podendo variar a unidade de medida entre 0,00 (menor valor) e 1 (maior valor).

Para a avaliação da taxa de decomposição, foi avaliado a velocidade de decomposição dos resíduos provenientes das plantas de cobertura, por meio da utilização de litter bags (bolsas de decomposição) (Ziech et al., 2015), confeccionadas em tecido voil, de malha de 1 mm, mas medidas de 25 x 20 cm, perfazendo 0,05 m². Às bolsas de decomposição, foi adicionado material vegetal seco em estufa, em quantidade proporcional à fitomassa de matéria seca produzida pelas plantas de cobertura nas parcelas. Distribuídos em 4 repetições e onde foram

efetuadas 6 coletas, no espaço de tempo de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 dias de exposição a decomposição do material vegetal em contato com o solo.

As diferentes variáveis coletadas foram submetidas a análise de variância (ANOVA), a fim de determinar a existência de diferenças entre os tratamentos, e análise conjunta dos dados para os diferentes anos. E posteriormente os dados foram submetidos ao teste de agrupamento de medias Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro, e análise da correlação linear de Pearson por meio do uso do software R versão 4.2.1 (R CORE TEAM, 2022). E a produção gráfica foi realizada com a utilização do software Sigma Plot.

Resultados e Discussão

Foram verificadas as temperaturas médias diárias do período e os volumes de precipitação (Figura 1). Onde na safra 2019/20, durante o período experimental das plantas de cobertura ocorreram precipitações no volume de 323,2 mm, e na safra 2021/22 o volume de 517,6 mm. Obtendo uma média de 3,55 mm por dia na safra 2019/20, e de 4,42 mm na safra de 2021/22. E embora a ocorrência destes volumes de precipitação não tenham sido uniformes, não foram constatados períodos de ocorrência de déficit hídrico durante o desenvolvimento das espécies de plantas de cobertura, em vista a menor demanda hídrica do período de outono/inverno.

Da mesma forma um dos indicadores climáticos que possui maior potencial de alteração da produtividade de grãos dos cultivos de verão, é a precipitação (SOUSA et al., 2015). E para minimizar os efeitos da ocorrência de déficits hídricos, uma alternativa é a utilização de plantas de cobertura (DECHEN et al., 2015). Onde a composição deste material vegetal e o volume produção de fitomassa seca (Tabela 1), apresentam diferentes dinâmicas de decomposição. De forma que para as diferentes espécies como o nabo forrageiro, presente nos tratamentos AP+NB+EC e AP+NB+EC com 25% das sementes implantadas em mix compostos por 3 espécies e 50% em mix com 2 espécies vegetais sendo os tratamentos AP+NB e AB+NB. Apresenta pelo menos 46,65% de participação na fitomassa seca do tratamento AP+NB+EC, na safra 2021/22, e nos demais apresenta valores superiores a 70%. Devido principalmente ao rápido crescimento inicial, de forma a se sobressair as demais espécies cultivadas em conjunto, outro fator que pode estar associado é a sua tolerância a solos com menor pH (EMBRAPA, 2014), característicos da região central do RS, além da sua rusticidade e adaptabilidade de cultivo em solos pouco férteis (EMBRAPA, 2014). Demonstrando sua capacidade de rápido

estabelecimento e agressividade competitiva, dessa planta de cobertura, característica que é interessante para a proteção do solo e competição com plantas daninhas.

A ervilhaca, tem um comportamento inverso ao nabo forrageiro, entretanto os valores percentuais de sementes instaladas são idênticos ao do nabo forrageiro. E apresenta valores máximos de 20% de participação na fitomassa de matéria seca, com exceção ao AB+EC, na safra 2021/22 que apresentou valor superior a 41% de participação. Entretanto esses maiores valores foram encontrados no segunda ano de experimentos, com melhoria da fertilidade da área experimental, de forma que a ervilhaca se desenvolve bem em solos já cultivados e sem problemas de acidez (EMBRAPA, 2014).

Para a produção de fitomassa de matéria seca, os maiores valores médios na safra 2019/20 foram obtidos pelo AP+NB+EC, com valor de biomassa de 3965,05 kg ha⁻¹, embora sem diferença em relação a outros tratamentos. Valor este que foi superado na safra 2021/22, por AP, AB, EC, NB, AP+NB, AP+NB+EC e AB+EC. Com destaque para o NB, que obteve 5255,85 kg ha⁻¹ fitomassa de matéria seca, resultado semelhante ao observado por Heinz et al. (2011), que obteve em seu estudo mais de 5500,00 kg ha⁻¹ de fitomassa seca de nabo forrageiro. Já os demais tratamentos, que apresentaram valores médios inferiores, também foram inferiores estatisticamente aos citados anteriormente. Como destaque, o ambiente subtropical de baixa altitude, pode produzir fitomassa de matéria seca, próximo ou superiores a valores encontrado em outros estudos em ambiente com maior altitude no Brasil. Como os valores obtidos para a aveia preta de 4700,00 kg ha⁻¹ (ZIECH et al., 2015) e para a ervilhaca de 3000,00 kg ha⁻¹ (ORTIZ et al., 2015).

Esses diferentes volumes de fitomassa seca produzidos, bem como a biologia de desenvolvimento de cada espécie de planta de cobertura, atribuem diferentes condições de recobrimento do solo (ZIECH et al., 2015) (Figura 2), durante seu período vegetativo. Onde foi observado que na vasta maioria que os tratamentos se ajustaram a um modelo de regressão quadrático significativo. A exceção do tratamento NB, que se ajustou a um modelo linear. Observou-se também que com a exceção do tratamento AP+NB, que apresentou coeficiente de determinação (R²) de 0,77, os demais tratamentos apresentaram coeficientes de determinação (R²) superiores a 0,94.

É possível denotar que o tratamento NB (Figura 2D), apresenta o maior nível de recobrimento do solo na avaliação efetuada aos 45 DAS (dias após a semeadura), com índices superiores a 0.79, que equivalem a 79% de recobrimento do solo de recobrimento do solo, apresentando redução destes índices nas avaliações subsequentes. Da mesma forma é apresentado por EMBRAPA (2014), índices de recobrimento do solo de 70% aos 60 dias após

a emergência em solos de média fertilidade. Índices estes inferiores aos encontrados neste estudo, onde foi apresentado índice de 78% aos 60 DAS. Justificando este resultado devido a sua biologia de crescimento agressiva, no período inicial de instalação da espécie de planta de cobertura (EMBRAPA, 2014). Entretanto, quando se tem a presença do componente nabo forrageiro nos mix de plantas de cobertura (Figura 2F, 2G, 2I e 2J) apresentou-se uma diminuição do recobrimento do solo em todos os tratamentos que o nabo forrageiro está presente, a partir dos 70 DAS.

Já quando se avalia os tratamentos AP (Figura 2A) e AB (Figura 2B) em cultivo estreme, obtiveram aumento dos índices de recobrimento do solo após os 70 DAS, apresentando valores superiores a 0.8 (80%). E em comparação Wolschick et al. (2016) verificou em seu trabalho que a aveia preta aos 60 dias após a emergência apresentou 54% de recobrimento do solo. Índices estes menores que os do presente trabalho. E em relação ao tratamento EC (Figura 2C), esses índices de recobrimento tem aumento em datas de avaliação mais tardias que os 80 DAS, entretanto aos 60 DAS, já apresentaram índices superiores a 0.80 (80%) de recobrimento do solo, sendo similares aos verificados por Wolschick et al. (2016). Da mesma forma quando se considera os tratamentos AP+EC (Figura 2E) e AB+EC (Figura 2H), apresentam aumento dos índices de recobrimento do solo até 75 DAS, e posterior redução destes índices. De forma que esta redução dos índices de recobrimento do solo mais tardia em relação aos demais tratamentos compostos por mix de plantas de cobertura, pode estar associado ao desenvolvimento mais tardio do componente EC, conforme descrito por Da Ros e Aita (1996).

Outro ponto que tem um efeito direto na manutenção da disponibilidade de água no solo, é a dinâmica de decomposição de cada espécie vegetal, onde a cultura da as diferentes espécies de aveia avaliadas tendem a ter um maior tempo de permanência dos resíduos no solo em comparação a cultura como o nabo forrageiro e ervilhaca (Ziech et al., 2015), devido a uma maior relação C/N. Para as espécies de aveia a fitomassa seca teve variação de 4500,00 e 4800,00 kg ha⁻¹, para a aveia preta (Figura 3A) e aveia branca (Figura 3B), respectivamente. Após um período de 150 dias de exposição destes materiais, as condições de cultivo, se teve manutenção do material vegetal na ordem de 51,11% e 43,83% respectivamente. Onde, a dinâmica de decomposição da aveia preta pode ser explicada por um modelo de regressão cubica. E no caso da aveia branca um modelo de regressão linear. Doneda et al. (2012) trabalhando com aveia e outras plantas de cobertura, obteve valores inferiores a 40% de material vegetal remanescente, em período de tempo similar, as variações podem ocorrer devido a disponibilidade de nutrientes no solo como o N, atividade microbiana e sua relação com a matéria orgânica e disponibilidade hídrica.

Já em relação a ervilhaca (Figura 3C) e ao nabo forrageiro (Figura 3D), por serem espécies de outras famílias que apresentam menor relação C/N que as gramíneas, apresentaram dinâmicas diferentes de decomposição dos resíduos vegetais, o que pode ser observado na curva de decomposição da ervilhaca segundo um modelo quadrático, onde inicialmente se teve entradas de fitomassa na ordem de 4100,00 kg ha⁻¹, e se teve um percentual final de 21,5% de fitomassa em cobertura do solo ao fim de 150 dias após a instalação dos litter bags, e de um modelo cubico no caso da decomposição da fitomassa seca do nabo forrageiro, onde se teve a entrada de valores superiores a 5200 kg ha⁻¹, estando presente nesta data 150 dias somente 15,86% de resíduos vegetais. Em trabalho relatado por Heinz et al. (2011), observaram que 75 dias após o manejo do nabo forrageiro, restou somente 31% da fitomassa seca inicial. Essa variação pode ser atribuída a vários fatores, como a umidade disponível no solo, fertilidade do solo e microorganismos presentes, que possam auxiliar nesse processo.

Quando se observa a dinâmica de decomposição da fitomassa de matéria seca dos tratamentos com mix de plantas de cobertura (Figura 3E, 3F, 3G, 3H, 3I e 3J), observa-se em todos os tratamentos, que os tratamentos com mix de plantas, se adequaram a modelos quadráticos significativos, onde apresentaram coeficientes de determinação iguais ou superiores a 0,94. E observando os percentuais finais de fitomassa seca em cobertura do solo entre os mix, os maiores valores foram observados no tratamento AB+NB com 39,8% aos 150 dias de exposição ao ambiente de cultivo, sendo que os demais possuem valores intermediários, e entre os mix o tratamento que apresentou menores valores foi o 26,29% no tratamento AP+NB, para valores intermediários aos tratamentos em cultivo estreme, corroborando com o que foi verificado por Ziech et al. (2015). Onde verificamos entre os tratamentos AP, AB da família Poaceae, percentuais finais mais elevados em relação aos tratamentos EC e NB, em cultivo estreme, que apresentaram percentuais finais inferiores.

Dessa forma, é possível verificar que o uso dos mix de plantas de cobertura atribui uma maior longevidade da fitomassa seca em cobertura do solo, em relação a EC e NB em cultivo estreme. Como é o caso relatado por Heinrichs et al. (2001), onde a associação entre a ervilhaca e aveias, apresentou menores volumes de fitomassa de matéria seca, porém ocorreu um aumento na persistência dos resíduos culturais sobre a superfície do solo, possivelmente pela maior relação C/N nos resíduos vegetais de aveia. Verifica-se uma alternativa promissora, a utilização de mix de plantas em relação ao cultivo estreme de plantas de cobertura.

Conclusão

Para produção de fitomassa de matéria seca em ambiente subtropical de baixa altitude com médias superiores a 4 ton ha⁻¹, a cultura do nabo forrageiro, apresentou destaque em cultivo estreme e mix de plantas com aveia preta + nabo forrageiro + ervilhaca com o nabo forrageiro apresentando 72,88% e 46,65% em relação a fitomassa total nos anos de 2019 e 2021 respectivamente.

O nabo forrageiro possui alta capacidade de desenvolvimento vegetativo, apresentando um rápido desenvolvimento e recobrimento do solo, com 79,75% de recobrimento aos 45 dias após a semeadura. A cultura da ervilhaca apresentou menor desenvolvimento em período inicial e maior recobrimento do solo em período tardio, com 48% de recobrimento aos 100 dias após a semeadura, sendo sua utilização utilizada preferencialmente em mix de plantas para a cobertura do solo.

Com relação ao percentual de manutenção da fitomassa de matéria seca em cobertura do solo, ao final do período de 150 dias, a aveia preta apresentou valores de 2,332 t ha⁻¹ e aveia branca apresentou valores de 2,109t ha⁻¹, sendo indicado a presença de uma das gramíneas quando utilizado mix de plantas de cobertura de inverno.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* **Köppen's climate classification map for Brazil**. Stuttgart: Meteorologische Zeitschrift, v. 22, No. 6, p 711- 728, 2013. Disponível em: <https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078> Acesso em: 16 jul. 2022.
- BARBANTI, Lorenzo *et al.* **Assessing spatial wheat variation based on proximal and remote vegetation indices and soil properties**. Pavia: Italian Journal of Agronomy, v.13, p. 1086, 2018. Disponível em: <https://www.agronomy.it/index.php/agro/article/view/1086/944>. Acesso em: 25 de set. de 2022.
- BERGAMASCHI, Homero; MATZENAUER, Ronaldo. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. Disponível em: http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/20140923150828livro_o_milho_e_o_clima.pdf. Acesso em: 7 de jul. de 2022.
- BORGOGNO-MONDINO, Enrico *et al.* **A comparison between multispectral aerial and satellite imagery in precision viticulture**. [S. L.]: Precision Agriculture, v.19, p. 195–217, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315649548_A_comparison_between_multispectral_aerial_and_satellite_imagery_in_precision_viticulture. Acesso em; 25 de set. de 2022.
- CASAROTTO, Gabriele. **Relações lineares entre caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos em milho**. 2013. 77 p. Dissertação (Mestrado)- Curso de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5084> Acesso em: 16 jul. 2022.

DA ROS, Clóvis Orlando; AITA, Celso. **Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto.** Campinas: Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 20, p. 135-140, 1996.

DECHEN, Sonia Carmela Falci *et al.* **Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo.** Campinas: Bragantia, v. 74, n. 2, p.224-233, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/nCjy5nDxcp4tDGwhx6CbjHp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em; 21 de set. de 2022.

DONAGEMMA, Guilherme Kangussu *et al.* **Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil.** Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.51, n.9, p.1003-1020, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/HQcWhPqMBK43vSgQdgctnBc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 de jul. de 2022

DONEDA, Alexandre *et al.* **Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas.** Viçosa: Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p. 1714-1723, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/QPF8jdNnNzVkgCw6xJfbMvw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 de jul. de 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e prática.** Brasília: EMBRAPA, v. 1, 2014.

HEINRICHS, Reges *et al.* **Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C / N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão.** Viçosa: Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, p. 331-340, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/PdFt5M6wTqcZp7FfbScJwcc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 de jul. de 2022.

HEINZ, Rafael *et al.* **Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro.** Santa Maria: Revista Ciência Rural, v.41, n.9, set, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/hty9v6K58T7nSgM5PRyZDHj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 de jul. de 2022.

HENIK, Joshua John. **Utilizing NDVI and remote sensing data to identify spatial variability in plant stress as influenced by management.** 2012, 50 p. Thesis (Master's degree). Iowa State University, Ames, IA, 2012. Disponível em: <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3348&context=etd>. Acesso em: 26 de set. de 2022.

JUNGES, Amanda H.; BREMM, Carolina; FONTANA, Denise C. **Rainfall climatology, variability, and trends in Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brazil.** Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.23, n.3, p.160-166, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/KyG3ZXvhrmqrw5vqTbk3Wn/abstract/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 15 de jul. 2022.

KÖRNER, Christian. **The use of 'altitude' in ecological research.** [S.L.] Trends in ecology & evolution. v.22, n.11, p.569-574, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/5857465_Korner_C_The_use_of_'altitude'in_ecological_research_Trends_Ecol_Evol_22_569-574. Acesso em: 05 de jul. 2022

LUKAS, Vojtech *et al.* **The combination of UAV survey and Landsat imagery for monitoring of crop vigor in precision agriculture.** In: **The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.** Prague: XXIII ISPRS Congress, p. 953–957, 12-19 July, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/304357092_THE_COMBINATION_OF_UAV_SURVEY_AND_LANDSAT_IMAGERY_FOR_MONITORING_OF_CROP_VIGOR_IN_PRECISION_AGRICULTURE. Acesso em: 23 de set. de 2022.

ORTIZ, Sidney *et al.* **Densidade de sementeira de duas espécies de ervilhaca sobre caracteres agronômicos e composição bromatológica.** Santa Maria: *Ciência Rural*, v.45, n.2, p.245-251, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/DGmc74Vmt8VPQj6hvrMzWxk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 25 de jul. de 2022.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022.

RIBEIRO, Ricardo Henrique *et al.* **Efeito da adubação nitrogenada na cobertura do solo e produção de fitomassa de espécies de inverno.** Cascavel: *Revista Varia Scientia Agrárias*, v. 04, n.01, p. 41-53, 2017. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientiaagraria/article/view/14779>. Acesso em: 9 de jul. de 2022.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa, 2018.

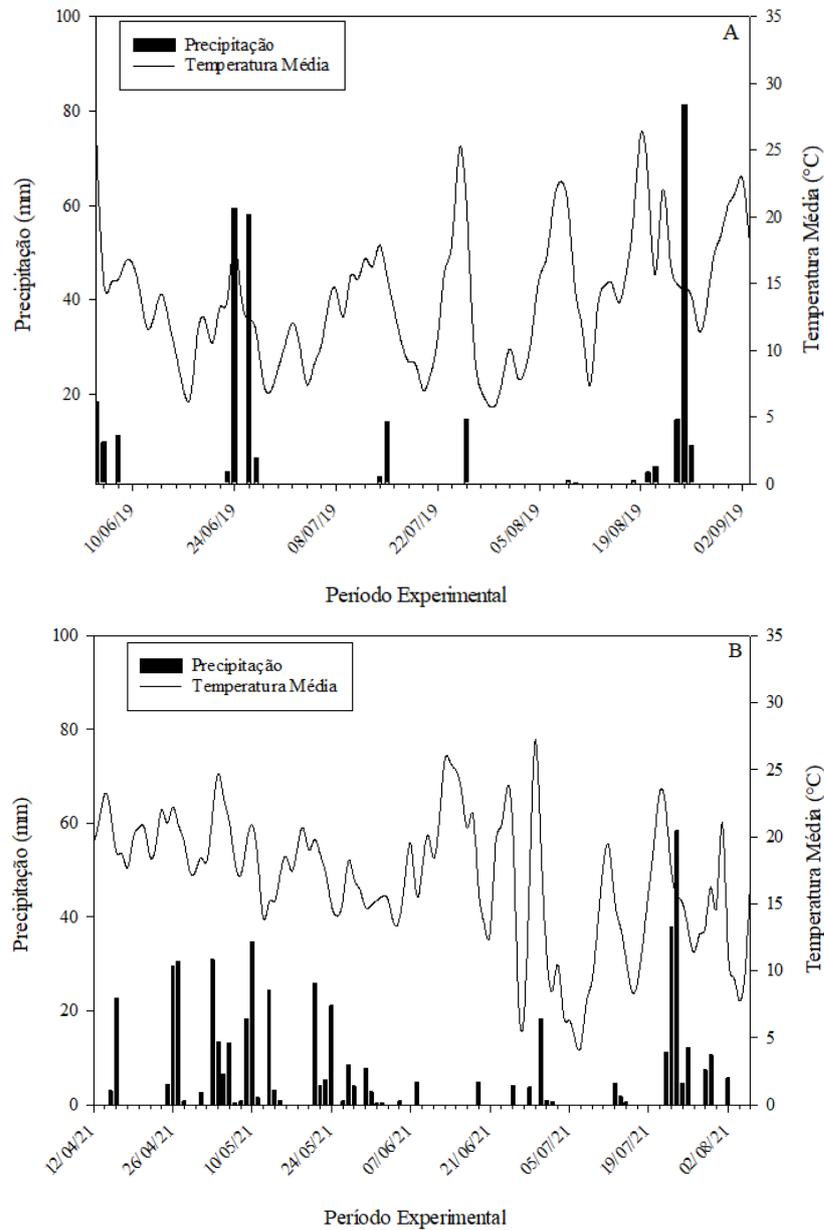
SOUSA, Ricardo Silva de *et al.* **Desempenho produtivo de genótipos de milho sob déficit hídrico.** Sete Lagoas: *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.14, n.1, p. 49-60, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/103234>. Acesso em: 15 de jul. de 2022.

TAIZ, Lincoln *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

WOLSCHICK, Neuro Hilton *et al.* **Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura.** Lages: *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.15, n.2, p.134-143, 2016. Disponível em: <https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/223811711522016134>. Acesso em: 11 de set. de 2022.

ZIECH, Ana Regina Dahlem *et al.* **Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.50, n.5, p.374-382, maio, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/TFfLpFK6y744c5BqRWW3Rcz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 de jul. de 2022.

Figura 1. Volumes de precipitação pluvial e médias diárias de temperatura do ar durante o período de desenvolvimento dos tratamentos de plantas de cobertura na safra 2019/20 (A) e 2021/22 (B), de acordo com dados obtidos na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia, instalada no Campus da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2022.



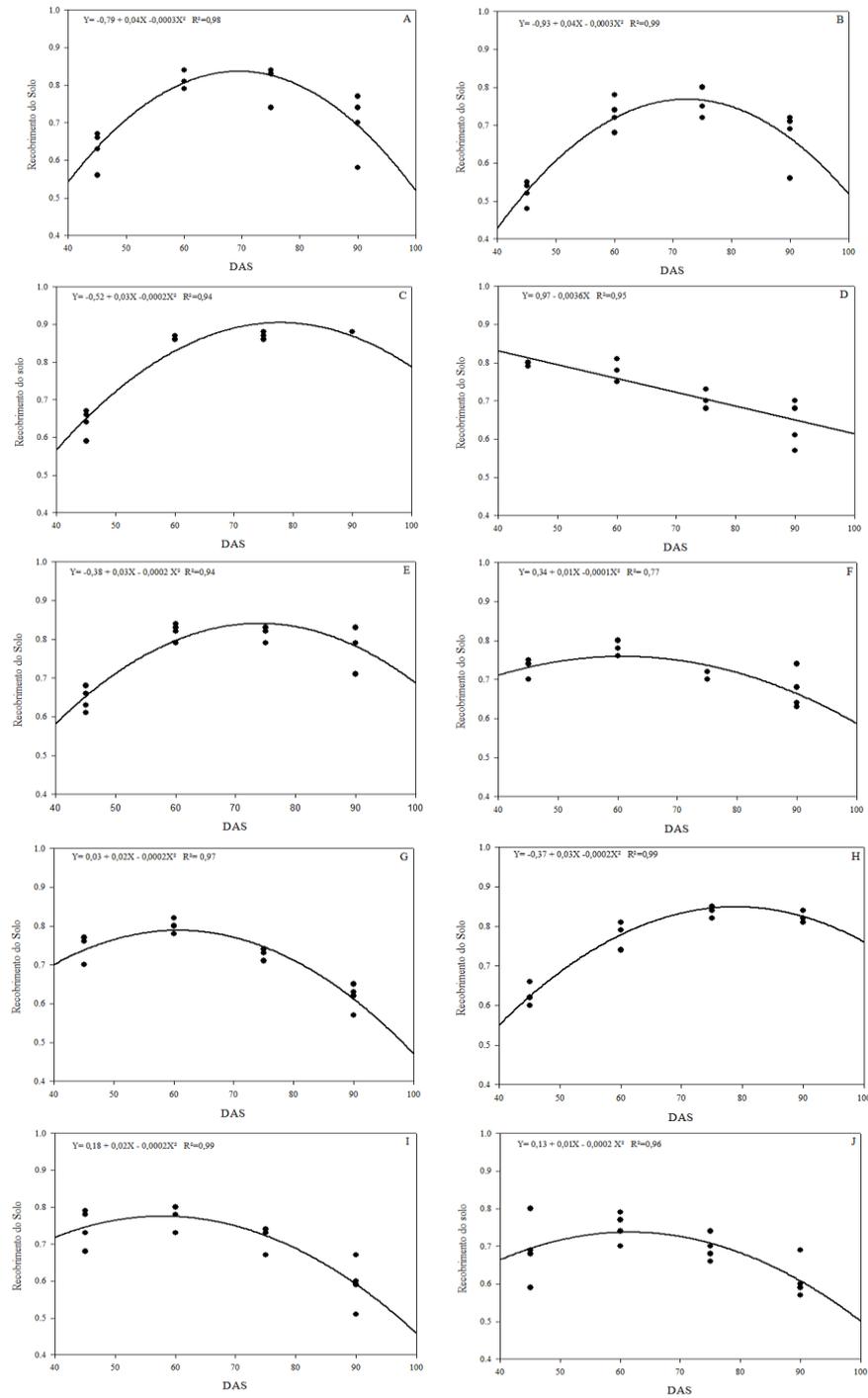
Fonte: Autor.

Tabela 1. Composição percentual de fitomassa seca dos tratamentos de plantas de cobertura e fitomassa seca total produzida nos anos de 2019 e 2021, para os tratamentos de AP (aveia preta), AB (aveia branca), EC (Ervilhaca Comum), NB (Nabo forrageiro) e os diferentes mix de plantas de cobertura Santa Maria, RS 2022.

TRATAMENTO	AB (%RT*)	AP (%RT)	EC (%RT)	NB (%RT)	FITOMASSA SECA (kg ha ⁻¹)
SAFRA 2019/20					
AP		100			3017,09 a*
AB	100				1290,44 b
EC			100		347,12 b
NB				100	3474,79 a
AP +EC		97,76	2,24		2523,27 a
AP + NB		10,56		89,44	3571,68 a
AP+ EC +NB		26,99	0,13	72,88	3965,05 a
AB + EC	94,25		5,75		1098,68 b
AB + NB	5,20			94,80	2815,48 a
AB+EC+NB	8,31		0,28	91,42	3304,94 a
SAFRA 2021/22					
AP		100(%)			4564,30 a
AB	100(%)				4813,35 a
EC			100(%)		4173,48 a
NB				100(%)	5255,85 a
AP +EC		85,33(%)	14,66(%)		3791,71 b
AP + NB		29,66(%)		70,33(%)	4416,39 a
AP+ EC +NB		32,72(%)	20,62(%)	46,65(%)	4254,69 a
AB + EC	58,25(%)		41,74(%)		4709,10 a
AB + NB	15,34(%)			84,65(%)	3469,65 b
AB+EC+NB	15,72(%)		5,56(%)	78,70(%)	3395,84 b

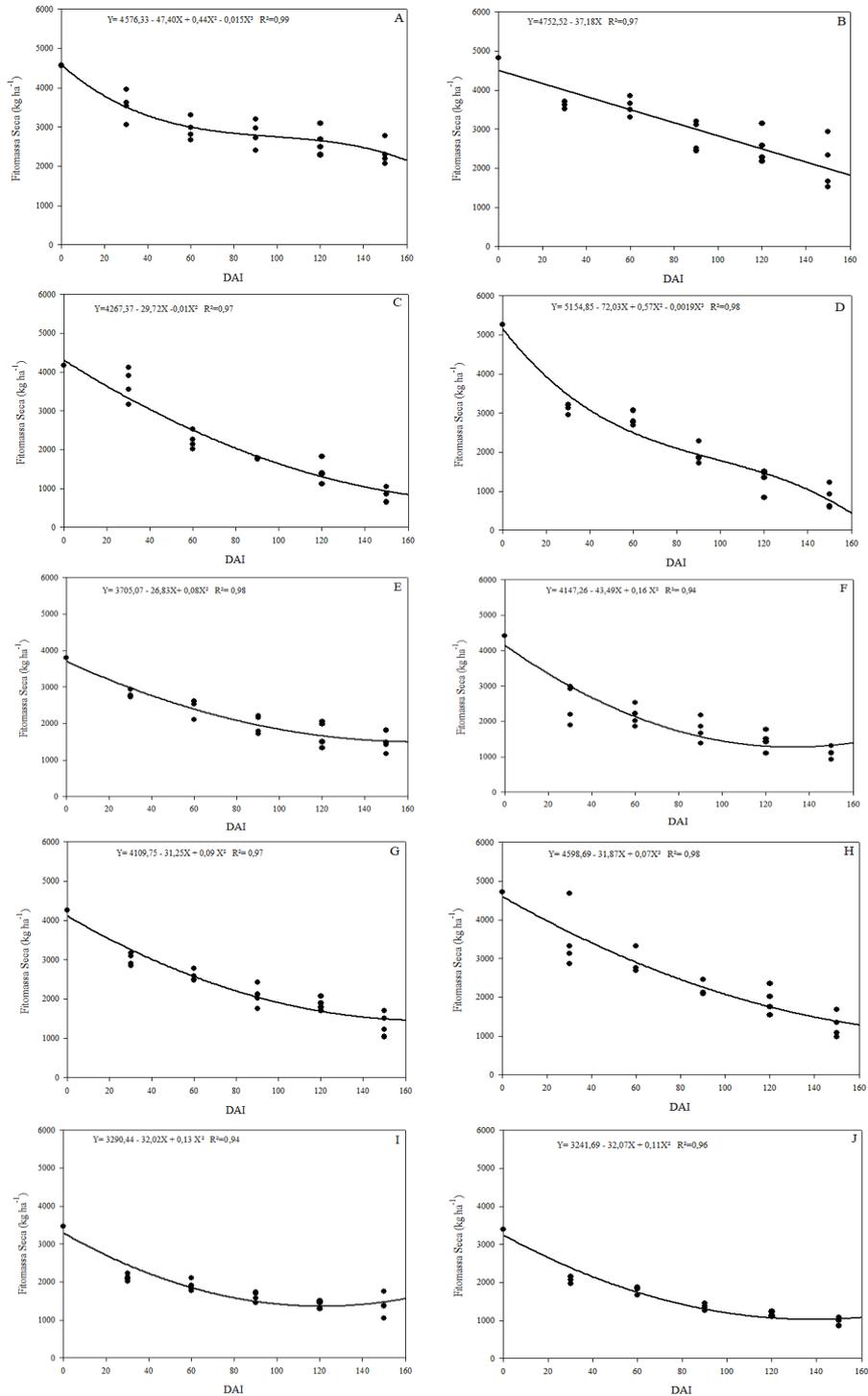
*médias seguidas por mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância (P>0,05). *%RT = percentual relativo ao total de fitomassa de matéria seca do tratamento. Fonte: Autor.

Figura 2. Curva de recobrimento do solo, durante o desenvolvimento vegetativo (0 a 100 dias após a semeadura) das culturas aveia preta (AP), aveia branca (AB), Ervilhaca (EC), nabo forrageiro (NB), em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura AP + EC, AP + NB, AP+ EC + NB, AB + EC, AB + NB e AB + EC + NB, no ano agrícola de 2021, Santa Maria, RS, 2022.



Fonte: Autor.

Figura 3. Curva de decomposição de fitomassa de matéria seca, pela metodologia de litter bags das culturas aveia preta (AP), aveia branca (AB), Ervilhaca (EC), nabo forrageiro (NB), em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura AP + EC, AP + NB, AP+ EC + NB, AB + EC, AB + NB e AB + EC + NB, no ano agrícola de 2021, Santa Maria, RS, 2022.



Fonte: Autor.

4. ARTIGO 2

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MILHO EM SUCESSÃO A PLANTAS DE COBERTURA ASSOCIADO AO FENÔMENO LA NIÑA

AGRICULTURAL PERFORMANCE OF CORN IN SUCCESSION TO COVERAGE PLANTS ASSOCIATED WITH THE LA NIÑA PHENOMENON

Emilso Damm dos Santos¹; Diego Nicolau Follmann^{1*}

RESUMO

O milho é o cereal mais produzido a nível de Brasil e no mundo, apresentando importância econômica e social. As boas práticas agronômicas, como o uso de plantas de cobertura potencializam a produtividade de grãos e viabilidade econômica do cultivo. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agronômico do cultivo de milho em sucessão a plantas e mix de plantas de cobertura em anos com a presença do fenômeno La Niña em ambiente subtropical de baixa altitude. Este estudo foi conduzido em Santa Maria-RS, nos anos agrícolas 2019/2020 e 2021/2022. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições. O experimento foi conduzido com quatro plantas de cobertura de inverno: aveia branca, aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca em cultivo estreme e na forma de mix de plantas de cobertura, após o período de florescimento pleno/enchimento de grãos, foi mensurada a produção de fitomassa de matéria seca. A semeadura foi realizada em espaçamento reduzido de 0,5 m entre linhas e população ajustada para 70000 plantas ha⁻¹ do híbrido simples DKB290, para avaliação do desempenho agronômico. Portanto, em ano com a presença de La Niña em ambiente tropical de baixa altitude não ocorreu diferença para produtividade de grãos em função do uso de plantas de cobertura e mix de plantas no ano e entre anos agrícolas. O experimento apresentou média geral de produtividade de grãos de 8035 e 7315 kg ha⁻¹, respectivamente, para os anos agrícolas de 2019/2020 e 2021/2022.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; sistema de plantio direto; produção de grãos, correlações de Pearson.

ABSTRACT

Corn is the most produced cereal in Brazil and in the world, presenting economic and social importance. Good agronomic practices, such as the use of cover crops, enhance grain yield and economic viability of cultivation. Thus, the objective of this work was to evaluate the agronomic performance of corn cultivation in succession to plants and mix of cover crops in years with the presence of the La Niña phenomenon in a low-altitude subtropical environment. This study was conducted in Santa Maria-RS, in the agricultural years 2019/2020 and 2021/2022. The experimental design used was randomized blocks, with ten treatments and four replications. The experiment was carried out with four winter cover crops: white oat, black oat,

forage radish and vetch in their own cultivation and in the form of a mix of cover crops, after the full flowering/grain filling period, the yield was measured. of dry matter phytomass. Sowing was carried out in a reduced spacing of 0.5 m between rows and population adjusted to 70000 plants ha⁻¹ of the single hybrid DKB290, to evaluate agronomic performance. Therefore, in a year with the presence of La Niña in a low-altitude tropical environment, there was no difference in grain yield as a function of the use of cover crops and plant mix in the year and between crop years. The experiment showed a general average grain yield of 8035 and 7315 kg ha⁻¹, respectively, for the 2019/2020 and 2021/2022 crop years.

Key words: *Zea mays* L.; no-tillage system; grain yield, Pearson correlations.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais produzido a nível de Brasil e no mundo, apresentando grande importância econômica e social, onde o Brasil encontra-se consolidado como 3º maior produtor mundial de milho (USDA, 2020). Isso destaca a importância, no ajuste de manejos para maior eficiência do uso dos recursos do ambiente de cultivo. Em virtude da ocorrência de fenômenos climáticos como El Niño e La Niña, que apresentam influência no regime hídrico do estado, onde temos em condições de El Niño, maiores volumes de precipitação, e La Niña menores volumes de chuvas (JUNGES; BREEM; FONTANA, 2019). Para tanto além da ocorrência de fenômenos ENOS, outros fatores como a redução da altitude influenciam o potencial de produtividade de grãos em milho.

Quando o milho é cultivado em ambientes de baixa altitude, segundo Körner (2007), existem algumas mudanças atmosféricas associadas à baixa altitude, quando comparadas a ambientes de alta altitude, como o aumento da temperatura do ar, alteração da umidade do ambiente e menor radiação solar sob céu sem nebulosidade. Este ambiente proporciona noites com temperatura médias altas e maior gasto de energia da planta pelo processo de respiração (TAIZ et al., 2017), enquanto que a fotossíntese líquida apresenta aumento acentuado em baixas temperaturas (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014). Fatores estes que interferem negativamente na produtividade final de grãos da cultura do milho, e que não são passíveis de alteração pelo ambiente de cultivo. E assim devem ser tomadas decisões que atribuam melhores condições de cultivo, a fim de possibilitar ganhos de produtividade de grãos, como a utilização de plantas de cobertura.

As espécies utilizadas como plantas de cobertura, que contribuem ativamente para o recobrimento da superfície do solo, trazendo benefícios como a redução de perda de água por evaporação e a diminuição de erosão do solo (DONAGEMMA et al., 2016). Água esta que, desempenha fator crucial para o desenvolvimento da planta de milho, cujo déficit é um causador

de redução da produtividade de grãos de milho (SOUSA et al., 2015). As plantas de cobertura contribuem também para a menor lixiviação de nutrientes, e na ciclagem de nutrientes, além de auxiliar na manutenção e melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013; SURDI; CAMPOS; NÓBREGA, 2011;), possibilitando melhores condições ao crescimento e desenvolvimento dos cultivos subsequentes (PACHECO et al., 2017). Além disso, as culturas de cobertura auxiliam no controle de plantas daninhas, reduzindo as infestações no cultivo de verão (CORREIA; LEITE; FUZITA, 2013).

Esses benefícios podem ser ainda maiores quando se utiliza o consórcio, ou mix de plantas de cobertura, principalmente quando se combina espécies com características contrastantes (ZIECH et al., 2015). O consórcio de plantas de cobertura, potencializa a eficiência da cobertura do solo e satisfatória produção de fitomassa (RIBEIRO et al., 2017). Diversos trabalhos da literatura têm evidenciado a importância das plantas de cobertura em cultivo que antecede o cultivo de milho em ambientes de maiores altitudes no sul do Brasil, como destacado por Michelin et al. (2019), Ziech et al. (2016), entre outros.

No entanto, há uma demanda por informações científicas na linha de pesquisa para o cultivo do milho em baixa altitude, quando ocorre a presença do fenômeno La Niña. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico do cultivo de milho em sucessão a plantas e mix de plantas de cobertura em anos com a presença do fenômeno La Niña em ambiente subtropical de baixa altitude

Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizada na região fisiográfica da Depressão Central (29° 43' 28" S, 53° 43' 41" W e altitude 130 m). O clima é caracterizado como subtropical úmido Cfa, sem estação seca definida, e com precipitação média de 1.616 mm ao ano (ALVARES et al., 2013). E solo característico do local, classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (SANTOS, 2018).

O presente estudo foi conduzido em duas safras agrícolas (2019/20 e 2021/22), com semeadura das plantas de cobertura em 5 de junho e 12 de abril respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com quatro repetições de cada tratamento. As parcelas experimentais constituídas por 1,8 m de largura e 5,0 m de comprimento, contendo uma área útil de 9,0 m², com um espaçamento entre blocos de 3 metros, constituindo as bordaduras das parcelas.

O experimento com o uso de plantas de cobertura foi organizado com quatro plantas de cobertura em cultivo extreme e em consórcios (mix de plantas de cobertura), totalizando dez tratamentos, sendo : em cultivo extreme T1=Aveia Preta (AP), T2=Aveia Branca (AB), T3=Ervilhaca (EC), T4=Nabo Forrageiro (NB) e os mix de plantas de cobertura com %D (percentual de densidade ajustada, como referência ao cultivo extreme) T5 = Aveia Preta (50%D) + Ervilhaca (50%D), T6= Aveia Preta(50%D) + Nabo Forrageiro (50%D), T7 = Aveia Preta (50%D) + Nabo Forrageiro (25%D) + Ervilhaca (25%D), T8= Aveia Branca (50%D) + Ervilhaca (50%D), T9= Aveia Branca (50%D) + Nabo Forrageiro (50%D), T10= Aveia Branca (50%D) + Nabo Forrageiro (25%D) + Ervilhaca (25%D). A densidade de semeadura utilizada para as plantas de cobertura foi: Aveia preta = 80 kg ha⁻¹, Aveia Branca = 80 kg ha⁻¹, Ervilhaca = 50 kg ha⁻¹, Nabo Forrageiro = 30 kg ha⁻¹. Para os tratamentos que caracterizam os mix de plantas de cobertura, os valores de sementes de cada espécie a serem utilizadas obedecem ao percentual de participação de cada espécie, tendo a densidade do cultivo extreme como referência.

Quando as espécies atingiram a floração plena/início do enchimento de grãos, foram retiradas amostras de fitomassa em 2 m² de cada parcela, para aferição da fitomassa de matéria seca total (MS) e individual, dentro dos mix de plantas de cobertura. Após a dessecação da parcela e mensuração da produção de fitomassa de matéria seca, foi realizado a semeadura da cultura do milho, utilizando o híbrido simples DKB 290 PRO3.

A semeadura do milho, para o ano de 2019 foi em 23 de setembro, e para 2021, 1 de setembro, utilizando uma semeadora de cinco linhas, em espaçamento reduzido de 0,5m entre linhas e população de plantas ajustada para 70000 plantas ha⁻¹. As adubações utilizadas na área experimental foram realizadas de acordo com a interpretação da análise de solo coletadas na área de cultivo, para expectativa de rendimento de grãos de 10 ton ha⁻¹. Foram realizadas duas aplicações de nitrogênio em cobertura, nos estádios de desenvolvimento de V4 e V6 (CQFS-RS/SC, 2016), onde a dosagem aplicada foi de 70 kg ha⁻¹ de nitrogênio, dividindo em 50% da dose em cada aplicação. Os demais tratos culturais foram realizados adotados conforme as indicações técnicas para a cultura do milho no estado do Rio Grande do Sul.

Os dados e informações para o cálculo do balanço hídrico da cultura do milho, como dados de temperatura e precipitação foram coletados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), registrados na estação meteorológica de superfície automática de Santa Maria-RS, localizada na UFSM, com distância de 500m da área.

Para a cultura do milho foram realizadas as avaliações dos componentes de rendimento e caracteres de plantas após a colheita, sendo eles: número de fileiras (NF), comprimento da

espiga (CE em cm), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro da espiga (DE em mm), diâmetro do sabugo (DS em mm), comprimento do grão (CG em mm), massa de mil grãos (MMG em g) e produtividade de grãos (PROD em kg ha⁻¹). No CG foi utilizado $(DE-DS) / 2$. Para a MMG foi efetuada a média da pesagem de cinco amostras de 100 grãos cada e posteriormente corrigindo a proporção para 1000 grãos. Onde estes componentes foram estimados a partir da coleta dos dados em uma amostra de oito espigas de cada parcela, visto que a literatura apresenta indicação de Toebe et al. (2014), para amostragem mínima de 4 espigas por parcela. Para a produtividade de grãos foi realizada a pesagem de grãos da área útil da parcela que foi considerado as três linhas centrais por três metros de comprimento, perfazendo 4,5 m² e posteriormente realizado a correção de umidade dos grãos, para a umidade padrão de 13% a fim de determinar a produtividade de grãos.

As variáveis PROD, MMG, NF, NGF e CE foram submetidas a análise de variância (ANOVA), a fim de determinar a existência de diferenças entre os tratamentos, posteriormente os dados foram submetidos ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. E análise da correlação linear de Pearson, em conjunto com as demais variáveis coletadas por meio do uso do software R versão 4.2.1 (R CORE TEAM, 2022). A produção gráfica foi realizada com a utilização do software Sigma Plot.

Resultados e Discussão

O experimento foi instalado sem o uso de irrigação e durante a condução do experimento ocorreram precipitações de 922,8 e 512,2 mm (Figura 1), respectivamente, para as safras 2019/20 e 2021/22. Onde um dos indicadores climáticos que possui maior potencial de alteração da produtividade do milho, é a precipitação, devido à necessidade hídrica para a cultura do milho ser de 400 a 600 mm por ciclo produtivo (BORÉM; GALVÃO; PIMENTEL, 2017). Para tanto os volumes de necessidade hídrica foram adequados, entretanto, a distribuição desses volumes não foi adequada, pois o período crítico da cultura engloba o período de 15 dias antes e após o aparecimento da inflorescência masculina (BORÉM; GALVÃO; PIMENTEL, 2017). Neste período, ocorreram precipitações de 56 mm na safra 2019/20, e na safra 2021/22 o volume de 45 mm, caracterizando um déficit hídrico acentuado, em ambos os anos de cultivo do milho. Onde na safra 2019/20 apresentou-se déficit hídrico durante um período de 62 dias que englobou o período crítico da cultura (Figura 1A). Já na safra 2021/22 apresentou um período de déficit hídrico de 100 dias, englobando o período anterior ao florescimento até a maturidade fisiológica (Figura 1B). Indicando nessa fase crítica o comportamento de um

período de La Niña, período este em que o déficit hídrico tem maior impacto sobre o rendimento de grãos de milho (BERGAMASCHI et al., 2006). Para minimizar os efeitos da ocorrência de déficits hídricos, uma alternativa é a utilização de plantas de cobertura. As quais aportam inúmeros benefícios ao sistema produtivo, podendo gerar interação com aspectos produtivos do milho,

O desempenho agrônômico da cultura do milho, expresso pelos componentes de rendimento e caracteres associados aos componentes produtivos da cultura do milho, podemos observar que em relação ao comprimento de espiga (CE), não se apresentou diferença entre os tratamentos para o primeiro ano de estudo (Figura 3A). Já em relação ao segundo ano (Figura 3B), obteve-se resultados diferenciais entre os tratamentos, onde se teve resultados superiores para os tratamentos AP, AB, NB, AP + EC, AP + NB, AP + NB + EC e AB + EC. Já quando observamos a comparativa entre os diferentes anos experimentais, é possível determinar que não existiu influência dos tratamentos de plantas de cobertura, sobre o comprimento de espiga. Porém, os tratamentos AP+NB, AB+NB e AB+NB+EC apresentaram resultado superior para a safra 2019/20 em relação à safra seguinte. E dessa forma podemos observar que assim como representado na literatura, onde é apresentada uma ambiguidade de resultados, o presente estudo aponta resultados similares. Pois pesquisadores como Lázaro et al. (2013), sugerem a não ocorrência de diferenças para a variável descrita acima. E em contraponto, Ziech et al (2016), demonstra resultados contrários ao autor anterior.

Um componente de rendimento que tem relação direta na produtividade de grãos da cultura do milho é a MMG, onde foi possível observar que para as análises dos tratamentos dentro de cada ano em, não se apresentou diferença significativa entre tratamentos (ZIECH et al., 2015; ROCHA et al., 2014). E quando se faz a análise entre os diferentes anos experimentais para cada um dos tratamentos, temos que somente o AB+EC apresentou diferença entre safras, com resultado superior para a safra 2021/22.

Para os caracteres NF e NGF, existiu um comportamento diferente entre safras agrícolas. Onde para o NF, não houve respostas entre tratamentos para a safra 2019/20 (Figura 4A), como demonstrado por Rocha et al. (2014). Na safra 2021/22 (Figura 4B), um conjunto de oito dos tratamentos (AP, AB, NB, AP + EC, AP + NB + EC, AB + EC, AB+ NB, AB+ NB + EC) foram superiores aos demais, e o restante dos tratamentos não diferiram entre si. E quando da comparação entre anos para cada tratamento, os tratamentos AB e NB apresentaram médias de NF mais elevadas para a safra 2021/22 e o tratamentos AB+NB apresentou número de fileiras mais elevado na safra 2019/20.

Em relação ao NGF, para a safra 2019/20 (Figura 4D), ocorreu a formação de 2 grupos de tratamentos de plantas de cobertura, onde AB, EC, AP+EC, AP+NB e AB+EC, apresentaram médias superiores aos demais tratamentos, ocorrendo diferença entre tratamentos como determinado por Ziech et al. (2016), em seu estudo. E para a safra 2021/22 (Figura 4E), não apresentou diferença entre plantas de cobertura para o componente NGF, similar ao encontrado por Rocha et al. (2014), e Lázaro et al. (2013). Na comparação entre anos para a NGF (Figura 4F), ocorreram diferenças para os tratamentos EC e AP+EC, onde em ambos os casos, a safra 2019/20 foi superior ao ano seguinte. Ou seja, os resultados obtidos no presente experimento corroboram com a literatura, onde se apresenta certa ambiguidade em relação ao efeito das plantas de cobertura para a variável NGF. Entretanto esta resposta pode ser devida ao efeito genético do cultivar, de modo que se tem interação entre o genótipo e os caracteres produtivos (NARDINO et al., 2016), pois as demais pesquisas utilizam-se de base genética de híbridos de milho diferentes.

Quanto a PROD não se apresentou diferença entre os tratamentos para cada uma das safras dentro de cada ano (Figura 5A, 5B). Entretanto, apresentou-se como destaque o tratamento AP+ NB, que obteve produtividades superiores a 8.000 kg ha^{-1} , em ambos anos experimentais, entretanto sem diferença entre os tratamentos. Onde o tratamento em questão também foi um dos que apresentou maiores volumes de palhada produzidos no sistema, em ambos os anos experimentais. Já Michelon et al. (2019), obteve em seu experimento conduzido durante 3 safras, que em anos de déficit hídrico os tratamentos utilizados não obtiveram produtividade de grãos superiores a 4.500 kg ha^{-1} , utilizando tratamentos similares. Da mesma forma que Ziech et al. (2016), trabalhando com tratamento similares, não obteve produtividades iguais ou superiores a 8.000 kg ha^{-1} . E quando se observa, o comparativo entre as diferentes safras para cada tratamento de plantas de cobertura, somente ocorreu diferença estatística para o tratamento AB+NB.

Salienta-se que as médias de PROD, para o estado do Rio Grande do Sul, foram de 5476 kg ha^{-1} para a safra 2019/20, e 3621 kg ha^{-1} na safra 2021/22 (CONAB, 2022). Onde, em comparação com o experimento, foram obtidas médias de 8035 e 7315 kg ha^{-1} , respectivamente, nas safras 2019/20 e 2021/22. Obtendo produtividades de grãos superiores de grãos de milho na ordem de 46,73% para a primeira safra experimental, e de 102% para a segunda safra do estudo, em relação as médias do estado. Indicando a importância do uso de plantas de cobertura, para a manutenção do potencial de produtividade da cultura do milho, pois conforme Berlato, Farenzema e Fontana (2005), em anos de La Niña ocorre diminuição da produtividade de milho. E assim, podemos destacar que a utilização das plantas de cobertura independente da espécie

utilizada, e aliada a boas práticas agronômicas potencializam o cultivo do milho em ambiente subtropical em anos de ocorrência de La Niña.

Outro aspecto importante para a compreensão das produtividades de grão de milho, é a análise de como se relacionam os diferentes componentes e caracteres de plantas com a PROD auxiliando na compreensão da ecofisiologia da cultura e melhorias nas estratégias futuras de manejo. E para esta compreensão foi realizado a análise de correlação entre os diferentes componentes produtivos do milho e a produção de fitomassa seca dos tratamentos de plantas de cobertura.

Observa-se que foram estabelecidas correlações positivas da PROD, com a MMG, nos diferentes anos experimentais (Figura 5.). Onde para a safra 2019/20 obteve-se o valor de 0,47 e para 2021/22 de 0,48, corroborando com diversos autores como Besen et al, (2020); Souza (2014); Casarotto (2013); Lopes et al. (2007) e Lourente et al. (2007). Obteve-se também correlações positivas com a PROD, por parte do CE, com valor de 0,55 e 0,56 para as safras 2019/20 e 2021/22, respectivamente. Correlação está relatada por Besen et al. (2020) e Casarotto (2013). E de PROD com DE, apresentando valor de 0,76 e 0,55 para as safras 2019/20 e 2021/22, respectivamente, sendo esta correlação relatada também por Casarotto (2013), em seu trabalho.

Foram identificadas outras correlações que envolvem a componente de rendimento MMG, que estabeleceu correlações positivas com CE (de 0,46 e 0,48, para as safras 2019/20 e para 2021/22) e DE (de 0,48 e 0,42, para as safras 2019/20 e para 2021/22), correlações estas também encontradas por Casarotto (2013). Entre as correlações significativas também é observada a correlação positiva entre NF e DE, apresentando valor de 0,35 e 0,42, para os diferentes anos respectivamente, a qual corrobora com resultados encontrados por Lopes et al. (2007) e Casarotto (2013).

Algumas divergências em relação a literatura foram observadas para esse ambiente de cultivo, como NGF, que apresentou correlações positivas de 0,32 e 0,62 para os diferentes anos com DS e de 0,33 e 0,48 para os diferentes anos com CG, sendo que estas correlações são indicadas como não significativas em trabalhos conduzidos por Entringer et al. (2014). Já para a relação estabelecida entre CE e DE, onde foram obtidos valores de correlação de 0,64 e 0,84. A literatura reporta correlações não significativas, encontradas por Entringer et al., (2014), Casarotto (2013) e Lopes et al. (2007). Da mesma forma, ocorre com os componentes DS e CG, que são atribuídos como negativa e não significativa por Entringer et al., (2014) e Lopes et al (2007) ao passo que Casarotto (2013), encontrou essa correlação como positiva em seu trabalho, entretanto a mesma não é significativa. E no presente trabalho se apresentaram de diferentes

formas nos diferentes anos, embora ambas significativas com valores de -0,64 e 0,34, na safra 2019/20 e na safra 2021/22, respectivamente. Também foram estabelecidas também correlações entre a MS, e DS na safra 2021/22 com valor de 0,40, além de MS e DE 0,40, ambas positivas e significativas.

De forma geral, foi possível verificar as respostas dos diferentes tratamentos de plantas de cobertura em relação a PROD, em ambientes com ocorrência do fenômeno La Niña durante os períodos críticos da cultura do milho. Foram observadas também as respostas dos componentes produtivos CE, MMG, NF e NFG nas condições de déficit hídrico extenso, ocorridas nos anos de estudo. E da mesma forma das correlações entre as variáveis ligadas a produtividade final de grãos da cultura do milho, cultivado em sucessão a diferentes espécies e mix de plantas de cobertura.

Conclusão

Para a produtividade de grãos, em anos com o comportamento La Niña nos períodos críticos de florescimento e enchimento de grãos, não houve diferença entre plantas e mix de plantas de cobertura em ambos os anos.

Ocorreram diferenças de resposta estatística para os componentes produtivos avaliados comprimento de espiga, número de fileiras e número de grãos por fileira, nos diferentes anos de estudo, obtendo resposta ambígua, visto que em uma safra se tem diferença entre os tratamentos, e em outra não.

Houve correlações positivas entre produtividade de grãos CE, DE e MMG em ambos os anos agrícolas. CE também apresentou alta correlação positiva com DE e devido a fácil mensuração, pode ser adotado como caractere para a seleção indireta em anos com comportamento de La Niña.

REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde et al. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Stuttgart: Meteorologische Zeitschrift, v. 22, No. 6, p 711- 728, 2013. Disponível em: <https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078>> Acesso em: 16 jul. 2022.

BERGAMASCHI, Homero, et al. **Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho**. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, n.2, p.243-249, fev. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/GtwYt6SSLWgzsZFKgHbt36P/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 de jul. de 2022.

BERGAMASCHI, Homero; MATZENAUER, Ronaldo. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. Disponível em: http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/20140923150828livro_o_milho_e_o_clima.pdf. Acesso em: 7 de jul. de 2022.

BERLATO, Moacir Antonio; FARENZEMA, Homero; FONTANA, Denise Cybis. **Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Brasília; Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, n.5, p.423-432, maio, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/Z7zMJwvFK7RgWghWkyN5WMw/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 de jul. de 2022.

BESSEN, Marcos Renan et al. **Produtividade de milho e retorno econômico em sistema integrado de produção com doses de nitrogênio**. Lages: Revista de Ciências Agroveterinárias, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/14311> Acesso em: 16 jul. 2022.

BORÉM, Aluísio; GALVÃO, João Carlos Cardoso; PIMENTEL, Marco Aurélio (ed.). **Milho: do plantio a colheita**. 2 ed. atual. ampli. Viçosa: Ed. UFV, 2017.

CASAROTTO, Gabriele. **Relações lineares entre caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos em milho**. 2013. 77 p. Dissertação (Mestrado)- Curso de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5084> Acesso em: 16 jul. 2022.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira. Safra 2021/22 - N.10, julho, 2022**. Brasília: CONAB, 2022. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 21 de jul. de 2022.

CORREIA, Núbia Maria; LEITE Marcela Basile; FUZITA Welder Eduardo. **Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* e os efeitos na cultura da soja em rotação**. Uberlândia: Bioscience Journal, v. 29, n. 1, p. 65-76, jan./fev. 2013 Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/74333> Acesso em: 15 de jul. de 2022.

COSTA, Elaine Martins da; SILVA, Helane França; RIBEIRO, Paula Rose de Almeida. **Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas**. Jandaia: Enciclopédia Biosfera, v. 9, n. 17, p. 142-186, 2013. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/materia%20organica.pdf>. Acesso em: 10 de jul. de 2022.

DONAGEMMA, Guilherme Kangussu et al. **Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil**. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.51, n.9, p.1003-1020, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/HQcWhPqMBK43vSgQdgctnBc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 de jul. de 2022.

ENTRINGER, Geovana Cremonini et al. **Correlação e análise de trilha para componentes de produção de milho superdoce**. Viçosa: Revista Ceres, v. 61, n.3, p. 356-361, mai/jun, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/TrbV6TR4j9wYmHfR3VYD9gR/>

format=pdf&lang=pt. Acesso em: 11 de jul. de 2022.

JUNGES, Amanda H.; BREMM, Carolina; FONTANA, Denise C. **Rainfall climatology, variability, and trends in Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brazil.** Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.23, n.3, p.160-166, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/KyG3ZXvhrqmqrw5vqTbk3Wn/abstract/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 15 de jul. 2022.

KÖRNER, Christian. **The use of 'altitude' in ecological research.** Trends in ecology & evolution. v.22, n.11, p.569-574, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/5857465_Korner_C_The_use_of_'altitude'in_ecological_research_Trends_Ecol_Evol_22_569-574. Acesso em: 05 de jul. 2022.

LÁZARO, Rafael de Lima et al. **Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde.** Goiânia: Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 43, n. 1, p. 10-17, jan./mar, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/YzmWkcJj6c4b5XFkHqsb9GF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 de jul. de 2022.

LOPES, Sidinei José et al. **Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos.** Santa Maria: Ciência Rural, v.37, n.6, p.1536-1542, nov-dez, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/8vceyzV8GjqZhR87xbRtcPTM/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12 de jul. de 2022.

LOURENTE, Elaine Reis Pinheiro et al. **Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho.** Maringá: Acta Scientiarum, v. 29, n. 1, p. 55-61, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3030/303026572008.pdf>. Acesso em: 10 de jul. de 2022.

MICHELON, Cleudson José et al. **Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno.** Lages: Revista de Ciências Agroveterinárias, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/9872>. Acesso em: 10 de jul. de 2022.

NARDINO, Maicon et al. **Correlações fenotípica, genética e de ambiente entre caracteres de milho híbrido da região sul do Brasil.** Lavras: Revista Brasileira de Biometria, v.34, n.3, p.379-394, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Maicon-Nardino/publication/308801259_CORRELACOES_FENOTIPICA_GENETICA_E_DE_AMBIENTE/links/57f33ce908ae886b897c0325/CORRELACOES-FENOTIPICA-GENETICA-E-DE-AMBIENTE.pdf. Acesso em: 31 de jul. de 2022.

PACHECO, Leandro Pereira et al. **Biomass yield in production systems of soybean sown in succession to annual crops and cover crops.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.52, n.8, p.582-591, ago., 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/ZH7hNyFFstNgXBzMnJkbtCQ/abstract/?lang=em>. Acesso em: 10 de jul. de 2022.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022.

RIBEIRO, Ricardo Henrique et al. **Efeito da adubação nitrogenada na cobertura do solo e produção de fitomassa de espécies de inverno.** Cascavel: Revista Varia Scientia Agrárias, v. 04, n.01, p. 41-53, 2017. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/>

variascientiaagraria/article/view/14779. Acesso em: 9 de jul. de 2022.

ROCHA, Kassiano Felipe et al. **Caracteres morfológicos e componentes de rendimento de milho sob diferentes sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura de inverno**. Pato Branco: Synergismus scyentifica U T F P R, v. 9, n. 1, 2014.

SANTOS, Humberto Gonçalves et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2018.

SOUSA, Ricardo Silva de et al. **Desempenho produtivo de genótipos de milho sob déficit hídrico**. Sete Lagoas: Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.14, n.1, p. 49-60, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/103234>. Acesso em: 15 de jul. de 2022.

SOUZA, Tadeu Vilela de et al. **Relações entre componentes de rendimento e características morfológicas de milho**. Cruz das Almas: Magistra, v. 26, n. 4, p. 495 - 506, out./dez., 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1010039/1/cnpc2014Relacoes.pdf>. Acesso em: 10 de jul. de 2022.

SURDI, Rosilene Zanette; CAMPOS, Rubya Vieira Mello; NÓBREGA Lúcia Helena Pereira. **Plantas de Cobertura e/ou Adubos Verdes**. Revista Varia Scientia Agrárias, Cascavel, v. 2, n. 2, p.165-175, 2011. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientiaagraria/article/view/4014/5055>. Acesso em: 11 de jul. de 2022.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Agricultural statistics 2020**. Washington: USDA, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos>. Acesso em: 11 de jul. de 2022.

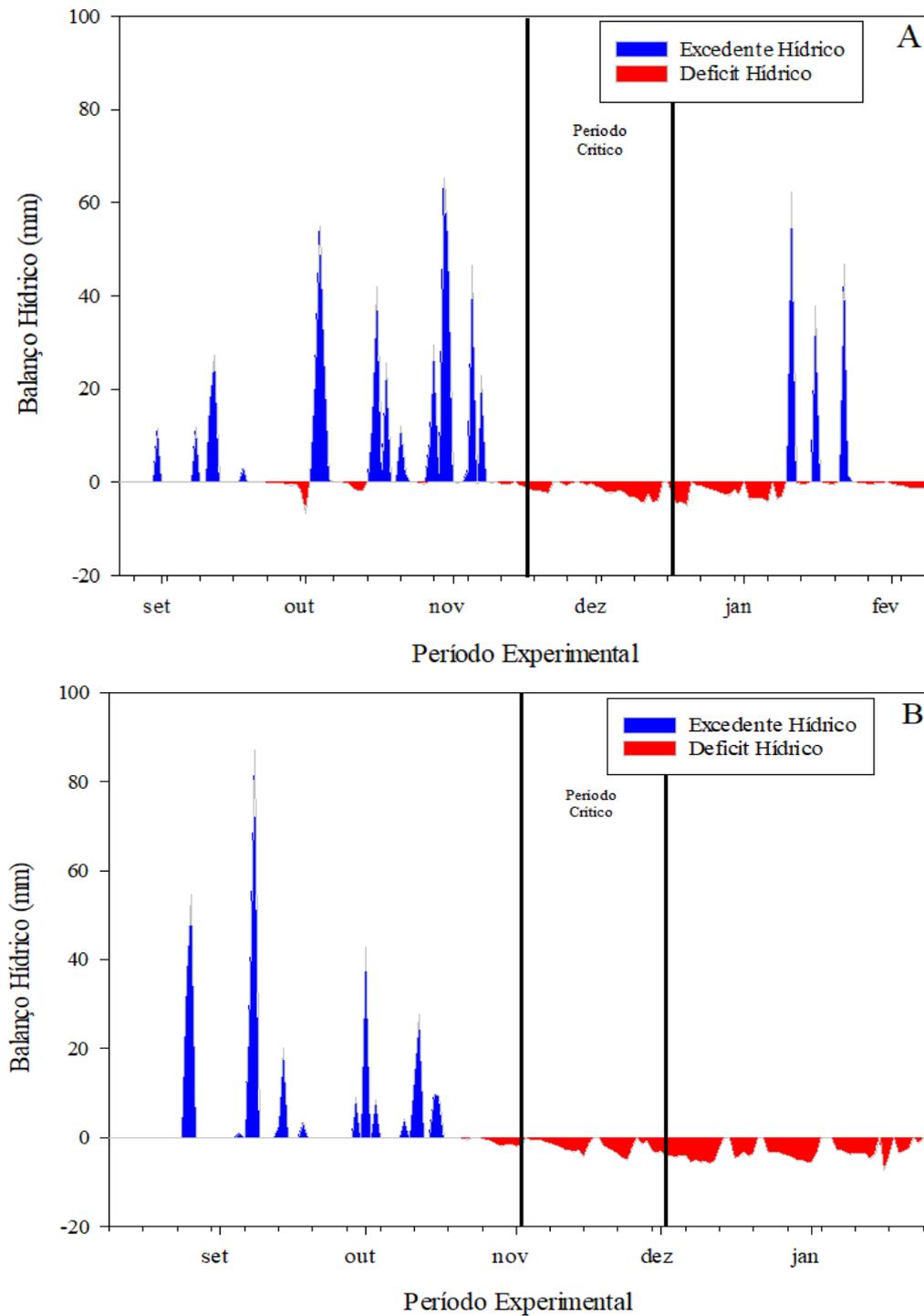
TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TOEBE, Marcos et al. **Tamanho de amostra para estimação da média e do coeficiente de variação em milho**. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.49, n.11, p.860-871, nov. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/783V8RncCwdQCh9Z3RRxrKd/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 de set. de 2022.

ZIECH, Ana Regina Dahlem et al. **Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.50, n.5, p.374-382, maio, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/TFfLPPFK6y744c5BqRWW3Rcz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 de jul. de 2022.

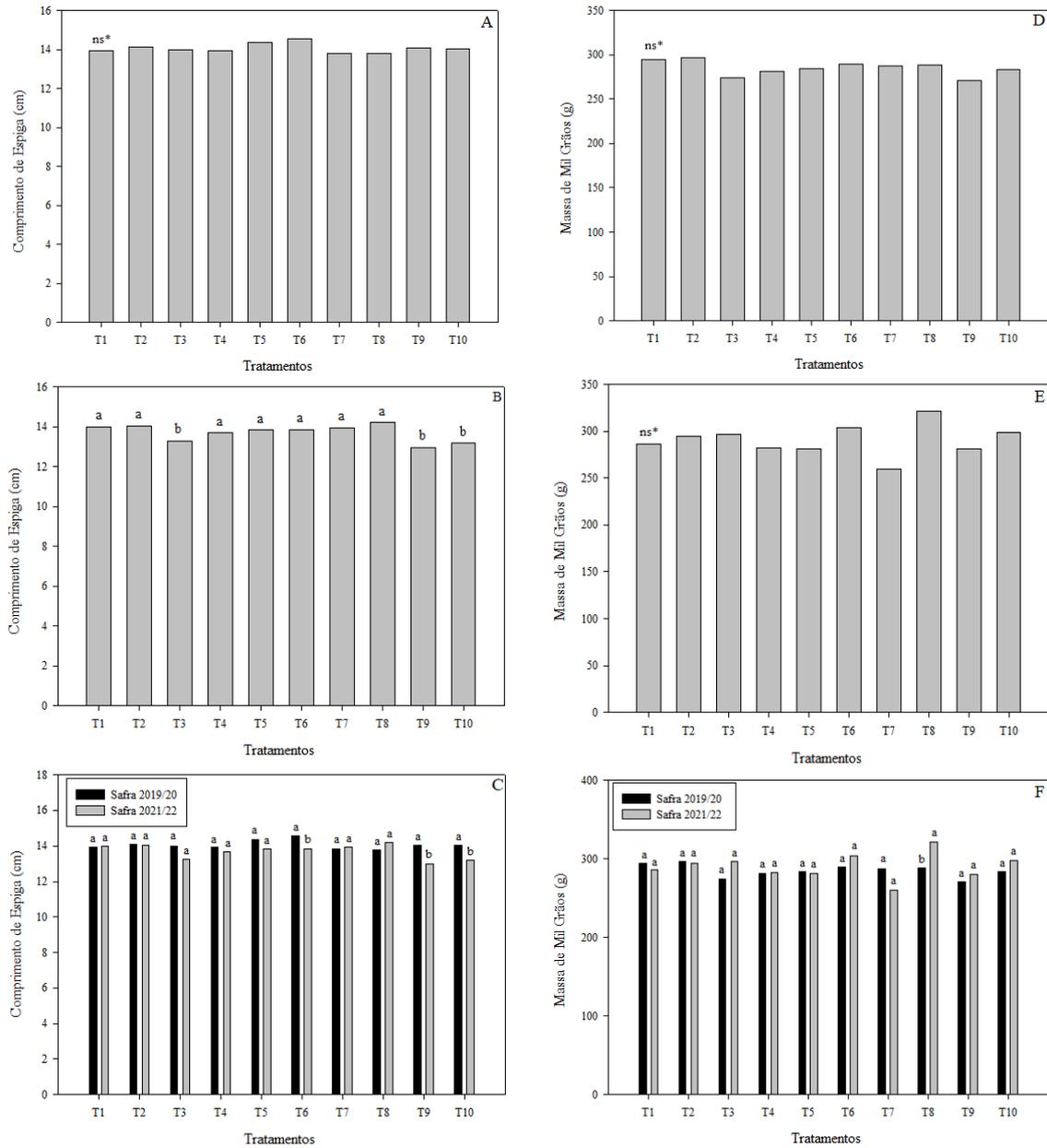
ZIECH, Ana Regina Dahlem et al. **Produtividade e componentes de rendimento de milho em função de plantas de cobertura e doses de nitrogênio**. Sete Lagoas: Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.15, n.2, p. 195-201, 2016. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/616/1216>. Acesso em: 11 de jul. de 2022.

Figura 1. Balanço hídrico do milho cultivado em sucessão a tratamentos de plantas de cobertura em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura, na safra 2019/20 (A), e na safra 2021/22 (B). Santa Maria, 2022.



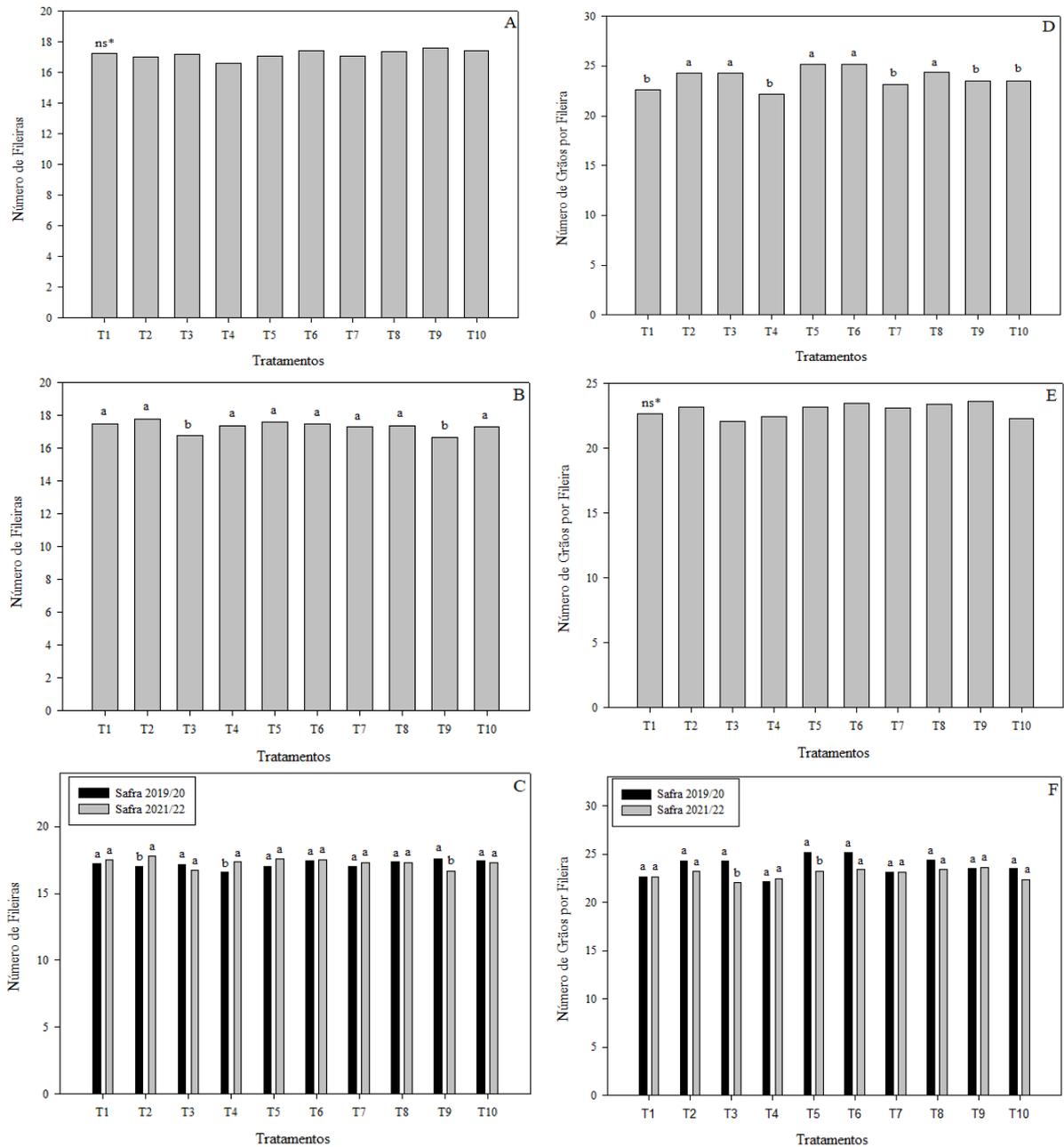
Fonte: Autor.

Figura 2. Componentes produtivos comprimento de espiga (CE) e massa de mil grãos (MMG) de milho cultivado em sucessão a tratamentos de plantas de cobertura em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura, na safra 2019/20 (A; D), na safra 2021/22 (B; E), e entre safras (C; F). Santa Maria, RS, 2022. Descrição dos tratamentos: T1 = AP; T2 = AB; T3 = EC; T4 = NB; T5 = AP + EC; T6 = AP + NB; T7 = AP + NB + EC; T8 = AB + EC; T9 = AB + NB; T10 = AB + NB + EC. *ns = diferença estatística não significativa; *médias seguidas por mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância ($P > 0,05$).



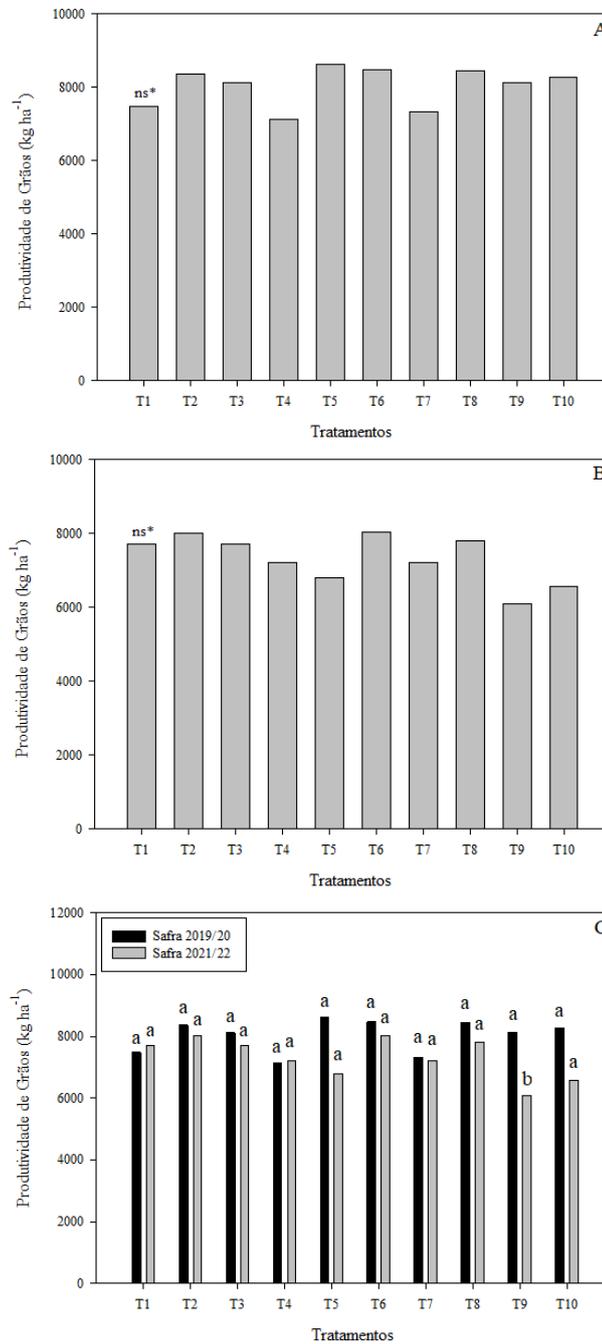
Fonte: Autor.

Figura 3. Componentes produtivos número de fileiras (NF) e número de grãos por fileira (NGF) de milho cultivado em sucessão a tratamentos de plantas de cobertura em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura, na safra 2019/20 (A; D), na safra 2021/22 (B; E), e entre safras (C; F). Santa Maria, 2022. Descrição dos tratamentos: T1 = AP; T2 = AB; T3 = EC; T4 = NB; T5 = AP + EC; T6 = AP + NB; T7 = AP + NB + EC; T8 = AB + EC; T9 = AB + NB; T10 = AB + NB + EC. *ns = diferença estatística não significativa; *médias seguidas por mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância ($P > 0,05$).



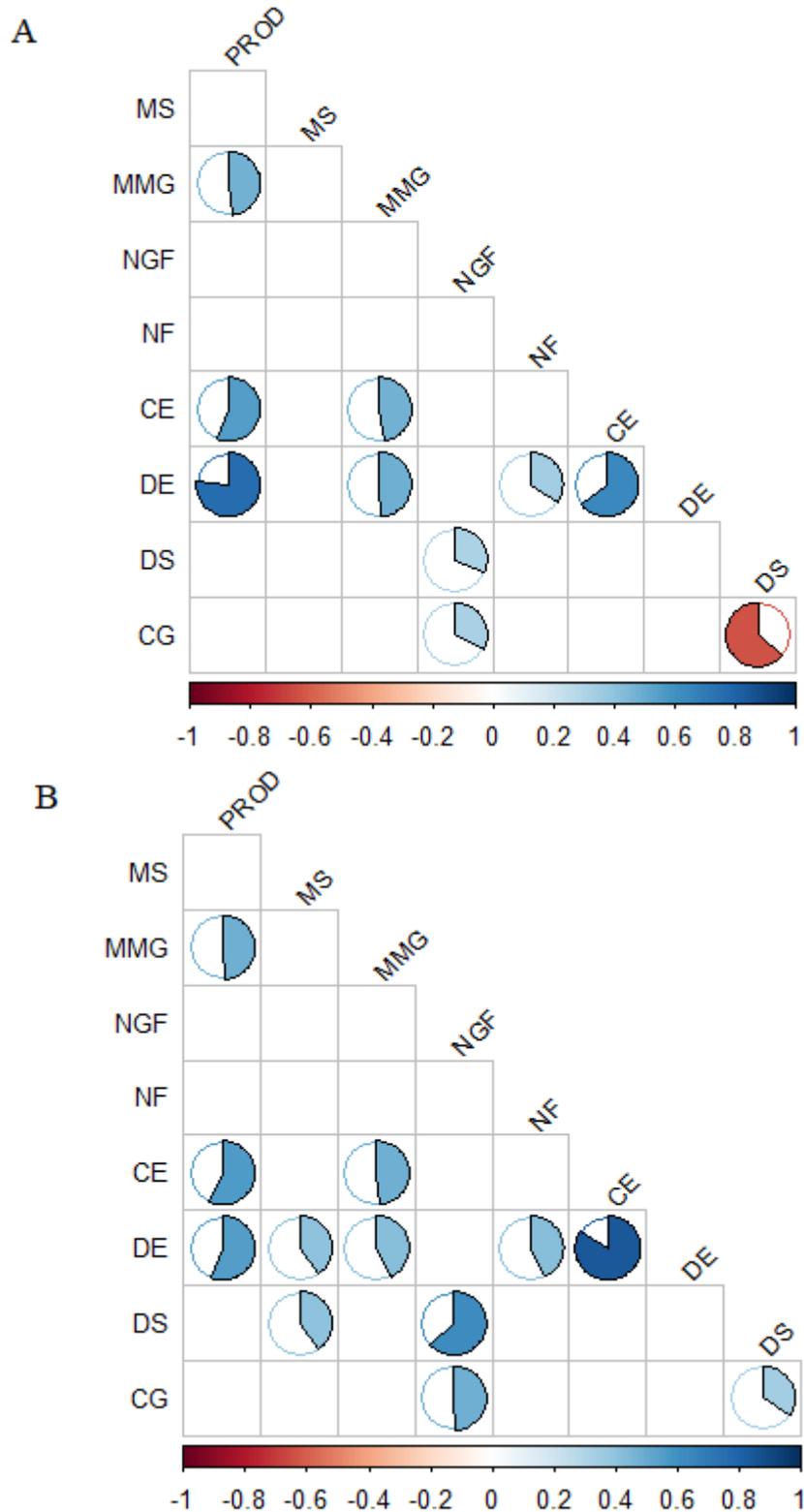
Fonte: Autor.

Figura 4. Produtividade de milho cultivado em sucessão a tratamentos de plantas de cobertura em cultivo estreme e mix de plantas de cobertura, na safra 2019/20 (A), na safra 2021/22 (B), e entre safras (C). Santa Maria, RS, 2022. Descrição dos tratamentos: T1 = AP; T2 = AB; T3 = EC; T4 = NB; T5 = AP + EC; T6 = AP + NB; T7 = AP + NB + EC; T8= AB + EC; T9 = AB+ NB; T10 = AB+ NB + EC. *ns = diferença estatística não significativa; *médias seguidas por mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância ($P>0,05$).



Fonte: Autor.

Figura 5. Correlação de Pearson para os diferentes componentes produtivos da cultura do milho e produção de fitomassa seca das plantas de cobertura para a safra 2019/20 (A) e safra 2021/22 (B). Santa Maria, 2022. Descrição das variáveis: produtividade de grãos (PROD), fitomassa de matéria seca total (MS), massa de mil grãos (MMG), número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras (NF), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), e comprimento do grão (CG).



Fonte: Autor.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Portanto, pode ser destacado que o uso das plantas de cobertura é importante, visto as diferentes características que podem ser influenciadas positivamente pelas plantas de cobertura. Sendo tanto características químicas, físicas e biológicas de solo, bem como a redução da incidência de plantas daninhas, e menor perda de água do solo, além da possibilidade de redução dos custos de produção de lavouras de milho.

Em ambiente subtropical de baixa altitude as aveias preta e branca apresentaram percentuais de degradação da fitomassa seca menores em relação ao nabo forrageiro e a ervilhaca, proporcionando maior proteção da superfície da área de cultivo no período avaliado de 150 dias. Foi possível determinar que o NB em cultivo estreme apresenta elevado potencial de recobrimento do solo no período inicial de desenvolvimento, embora quando utilizado na composição dos mix de plantas de cobertura, tenha uma redução do recobrimento a partir dos 70 DAS.

Para a produtividade de grãos, em anos com o comportamento La Niña nos períodos críticos de florescimento e enchimento de grãos, não houve diferença entre plantas e mix de plantas de cobertura em ambos os anos. Ocorreram diferenças de resposta estatística para os componentes produtivos avaliados comprimento de espiga, número de fileiras e número de grãos por fileira, nos diferentes anos de estudo, obtendo resposta ambígua, visto que em uma safra se tem diferença entre os tratamentos, e em outra não. Houve correlações positivas entre produtividade de grãos com as variáveis comprimento de espiga, diâmetro de espiga e massa de mil grãos em ambos os anos agrícolas. Comprimento de espiga também apresentou alta correlação positiva com diâmetro de espiga e devido a fácil mensuração, pode ser adotado como caractere para a seleção indireta em anos com comportamento de La Niña.

Por fim, devemos levar em consideração as condições climáticas de cultivo do milho, onde em ambos os anos se teve ocorrência do fenômeno La Niña, destacando a importância do uso de plantas de cobertura no período de inverno, pois a média do experimento foi 2559 kg ha⁻¹ superior à média estadual no ano 2019/20 e 3694 kg ha⁻¹ ao ano 2021/22.

REFERÊNCIAS

- AITA, Celso *et al.* **Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho.** Viçosa: Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/BZQcV9WcnqJVK53MbZRL3ZF/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 20 de jul. de 2022.
- AITA, Celso *et al.* **Consortiação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I - dinâmica do nitrogênio no solo.** Viçosa: Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/N4RHfmSZqJDkS45d4VyQW8v/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 de jul. de 2022.
- ALBERTO, Cléber Maus *et al.* **Água no solo e rendimento do trigo, soja e milho associados ao El Niño Oscilação Sul.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, n.7, p.1067-1075, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/5Tt5YnYQJHNJzQDsdhMnHtp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 de jul. de 2022.
- ALMEIDA, Denice de Oliveira, BAYER, Cimelio & ALMEIDA, Henrique Cesar. **Fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil.** Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.51, n.9, p.1140-1147, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/VTzwLZw5QDLCX4qqThp9dLC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 de jul. de 2022
- ALMEIDA Mirella Figueiró de; REIS, Erlei Melo; **Comparação da sensibilidade de métodos para a detecção de fungos patogênicos em sementes de aveia branca e preta no Rio Grande do Sul.** Brasília: Tropical Plant Pathology, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tpp/a/S4Dj6QG65mLXqVz9SkFFDrb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 de jul. de 2022
- ALVARENGA, Ramon Costa *et al.* **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto.** Belo Horizonte: Informe Agropecuário, v.22, n.208, p.25-36, 2001. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/485005>. Acesso em: 18 de jul. de 2022.
- AMADO, Telmo Jorge Carneiro; MIELNICZUK, João; AITA, Celso. **Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptado ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto.** Campinas: Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/tKDcydr6PVW6MVJf3j8p4Bs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 de jul. de 2022.
- ARAÚJO, Fernando Couto de *et al.* **Cultivo de plantas de cobertura na produção de biomassa de plantas daninhas.** In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2019. Balneário Camboriú, SC. Epagri: Sosbai, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1111824/1/CNPAF2019cbaias2.pdf>. Acesso em: 25 de jul. de 2022.
- BASSEGIO, Douglas *et al.* **Efeitos de curto prazo da rotação de culturas nas propriedades químicas do solo sob plantio direto.** Australian Journal of Crop Science, v.9, p.49-54, 2015. Disponível em: < http://www.cropj.com/bassegio_9_1_2015_49_54.pdf >. Acesso em: 20 de jul. de 2022.

BARRADAS, Carlos Antonio de Almeida. **Adubação Verde**. Manual Técnico, 25. Niterói: Rio Rural, 2010. Disponível em: https://ciorganicos.com.br/wp-content/uploads/2013/09/Adubacao-verde-Pesagro-manual25_completo.pdf. Acesso em: 25 de jul. de 2022.

BELAN, Leônidas Leoni *et al.* **Dinâmica entre temperaturas do ar e do solo sob duas condições de cobertura**. Curitiba: Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais, v. 11, Supl. 1, p. S147-S154, 2013. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/11438>. Acesso em: 21 de jul. de 2022.

BERLATO, Moacir Antonio; FARENZENA, Homero; FONTANA, Denise Cybis. **Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Brasília: Pesquisa Agropecuária brasileira, v.40, n.5, p.423-432, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/Z7zMJwvFK7RgWghWkyN5WMw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 de jul. de 2022.

BONJORNO Ivan Iuri *et al.* **Efeito de plantas de cobertura de inverno sobre cultivo de milho em sistema de plantio direto**. Rio de Janeiro: Revista Brasileira de Agroecologia, 2010. Disponível em: https://orgprints.org/id/eprint/24514/1/Bonjorno_Efeito.pdf. Acesso em: 23 de jul. de 2022.

BORGES, Wander Luis Barbosa *et al.* **Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo**. Viçosa: Planta Daninha, v. 32, n. 4, p. 755-763, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/XRyBGbYvYZsTJRdwMhyLz9b/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 21 de jul. de 2022.

BORTOLINI, Clayton Giani; SILVA, Paulo Regis Ferreira; ARGENTA, Gilber. **Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão**. Viçosa: Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, p.897-903, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/sLyNBsc783PK7m66YxJrs7d/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 de jul. de 2022.

BUENO, Jeferson Belmiro; RODRIGUES, Gilberto Aparecido. **Palha sobre o solo no crescimento da cultura do nabo forrageiro em área degradada**. Taquaritinga: Revista Interface Tecnológica, v.16, n.1, p.370-377, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/548>. Acesso em; 23 de jul. de 2022.

CABEZAS, Waldo Alejandro Rubén Lara *et al.* **Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado**. Santa Maria: Ciência Rural, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/ZF7mCG35RkYjqQHRxW5GQDJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 de jul. de 2022.

CAMARGO, Reginaldo de; PIZA, Renato José. **Produção de biomassa de plantas de cobertura e efeitos na cultura do milho sob sistema plantio direto no município de passos, MG**. Uberlândia: Bioscience Journal, v. 23, n. 3, p. 76-80, jul./set, 2007. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6710>. Acesso em: 21 de jul. de 2022.

CARDOSO, Elke Jurandy Bran Nogueira *et al.* **Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health**. Piracicaba: Scientia Agricola, v.70, n.4, p.274-289, 2013. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/sa/a/WDK9YhnxmxXGbKK3rzWJ6Qm/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 22 de jul. de 2022.

CASTRO, Gustavo Spadotti Amaral; COSTA Claudio Hideo Martins da; FERRARI NETO, Jayme. **Ecofisiologia da aveia branca**. Marechal Cândido Rondon: Scientia Agraria Paranaensis, v.11, n.3, p.1-15, 2012. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/4808>. Acesso em: 24 de jul. de 2022.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Perspectivas para a Agropecuária**. Volume 7 – Safra 2019/2020. Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252>. Acesso em: 20 de jul. de 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira. Safra 2021/22** - N.10, julho, 2022. Brasília: CONAB, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos>. Acesso em: 21 de jul. de 2022.

CORDEIRO, Ana Paula Assumpção; BERLATO Moacir Antonio; ALVES, Rita de Cássia Marques **Tendência do Índice Hídrico Sazonal do Rio Grande do Sul e Sua Relação com El Niño e La Niña**. Rio de Janeiro: Anuário do Instituto de Geociências, v. 41, n.3, p. 216-226, 2018. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=CORDEIRO%2C+A.P.A.%3B+BERLATO%2C+M.A.%3B+ALVES%2C+R.C.M.+Tend%C3%Aancia+do+%C3%8Dndice+H%C3%ADdrico+Sazonal+do+Rio+Grande+do+Sul+e+Sua+Rela%C3%A7%C3%A3o+com+El+Ni%C3%B1o+e+La+Ni%C3%B1a.+Rio+de+Janeiro%3A+Anu%C3%A1rio+do+Instituto+de+Geoci%C3%Aancias%2C+v.+41%2C+n.3%2C+p.+216-226%2C2018.&btnG=. Acesso em: 22 de jul. de 2022.

CORDEIRO, Ana Paula Assumpção. **Tendências climáticas das temperaturas do ar no estado do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. Recife**: Revista Brasileira de Geografia Física, v.09, n.03, p.868-880, 2016. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=CORDEIRO%2C+A.P.A.+Tend%C3%Aancias+clim%C3%A1tic+as+das+temperaturas+do+ar+no+estado+do+Rio+Grande+do+Sul%2C+Sul+do+Brasil.+Recife%3A+Revista+Brasileira+de+Geografia+F%C3%ADsica%2C+v.09%2C+n.03%2C+p.868-880%2C+2016.&btnG=. Acesso em: 21 de jul. de 2022.

CROCHEMORE, Maria Lúcia; PIZA, Solange Monteiro de Toledo. **Germinação e sanidade de sementes de nabo forrageiro conservadas em diferentes embalagens**. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1994. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4102>. Acesso em: 18 de jul. de 2022.

CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa *et al.* **Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto**. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, n.2, p.161-168, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/74D7J4CYbJtmCkqbSyJN9Cj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 de jul. de 2022.

CUSTÓDIO, Maria de Souza. **Índice de nebulosidade diurna do estado do Rio Grande do Sul: climatologia e impactos do El Niño Oscilação Sul**. Santa Maria: Ciência e Natura, v.38 n.1, p. 382 – 392, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4675/467546196035.pdf>. Acesso em: 23 de jul. de 2022.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, p. 80, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e pratica**. V. 1 Brasília: EMBRAPA, 2014.

FAO. **Green Adubo/ Culturas de cobertura e rotação em agricultura de conservação em pequenas fazendas**. Roma: FAO,2010.

FAVARATO, Luiz Fernando, *et al.* **Atributos químicos do solo com diferentes plantas de cobertura em sistema de plantio direto orgânico**. Viçosa: Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.5, n.2., p.19-28, 2015. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/1875>. Acesso em: 24 de jul. de 2022.

FERREIRA, Enderson P. de B. *et al.* **Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo**. Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.7, p.695–701, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/NzzfbvYzD4Pfsg6YvCPbmxp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 de jul. de 2022.

FERREIRA, Alberto Gui; AQUILA, Maria Estefânia Alves. **Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia**. Campinas: Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v. 11, p.175-204, 2005. Disponível em: <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Gui-y-Alvez-19991.pdf>. Acso em: 25 de jul. de 2022.

FLOSS, Elmar Luiz. **Fisiologia das plantas cultivadas: O estudo do que está por trás do que se vê**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 5. Ed, p. 734, 2011.

FONTANELI, Renato Serena; SANTOS, Henrique Pereira dos; FONTANELI, Roberto Serena. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. Brasília: Embrapa, 2. Ed., p. 544, 2012.

FONTOURA, Sandra Mara Vieira; BAYER, Cimélio. **Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região Centro-Sul do Paraná**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/nG9JHwSXdzW3rqpQM3Z7bDN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 de jul. de 2022.

FRITZSONS, Elenice; MANTOVANI, Luiz Eduardo; WREGGE, Marcos Silveira. **Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil**. Curitiba: Revista Brasileira de Climatologia, v.18, 2016. Disponível em: <s://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13870>. Acesso em: 23 de jul. de 2022.

FRITZSONS, Elenice; MANTOVANI, Luiz Eduardo; AGUIAR, Ananda Virgínia. **Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do**

Paraná. Blumenau: Revista de Estudos Ambientais, v.10, n. 1, p. 49-64, 2008. Disponível em: <https://bu.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/902>. Acesso em: 23 de jul. de 2022.

GIACOMINI, Sandro José *et al.* **Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura do solo.** Viçosa: Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/3FdpLJMjPH9HR7J5gzwWCmt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 de jul. de 2022.

GIACOMINI Sandro José, *et al.* **Consortiação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto: II - Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos.** Viçosa: Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/Gq3rsMgCy5fNwYvCpSVZhr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 de jul. de 2022.

GRASSINI, Patricio *et al.* **Soybean yield gaps and water productivity in the western U.S. Corn Belt.** Netherlands: Field Crops Research, v. 179, p. 150-163, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429015001392?casa_token=oFOUCu0Rf4QAAAAA:2wTh7BfFdTgyKlruUkbHL8LXzIk4RE6CKAsiAUdY0JrqpeihMoJn9IXkLZHmzTUgk4dq5pG15v4. Acesso em: 20 de jul. de 2022.

HEINRICHS Reges, *et al.* **Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C / N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão.** Viçosa: Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/PdFt5M6wTqcZp7FfbScJwcc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 de jul. de 2022.

HELMING, John *et al.* **Legume futures report 4.5 impacts of legume-related policy cenários.** [s.l.]: [s.n], 2014. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/29210844.pdf>. Acesso em: 23 de jul. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** Brasília: IBGE, 2021 Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 20 de mai. de 2021.

KÖRNER, Christian. **The use of ‘altitude’ in ecological research.** Maryland: Trends in ecology & evolution, v. 22, n. 11, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/5857465_Korner_C_The_use_of_'altitude'in_ecological_research_Trends_Ecol_Evol_22_569-574. Acesso em: 25 de jul. 2022.

LÂNGARO, Nadia Canali; CARVALHO, Igor Quirrenbach. (Orgs). **Indicações técnicas para a cultura da aveia: XXXIV Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia.** Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014.

LÁZARO, Rafael de Lima *et al.* **Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde.** Goiânia: Pesquisa brasileira tropical, v. 43, n. 1, p. 10-17, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/YzmWkcJj6c4b5XFkHqsb9GF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 de jul. de 2022.

MICHELON, Cleudson José *et al.* **Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno.** Revista de Ciências Agroveterinárias: Florianópolis, v. 18, n. 2, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/>

agroveterinaria/article/view/9872. Acesso em: 22 de jul. de 2022

MORAES, Moacir Tuzzin de *et al.* **Benefícios das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo.** In: TIECHER, Tales(org). Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre: UFRGS, p. 34-48, 2016.

OHLAND, Regiani Aparecida Alexandre *et al.* **Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto.** Lavras: Ciência e Agrotecnologia, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/y7PTDprdwZ3JjTqg6dV35rM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 de jul. de 2022.

OLIVEIRA, Rodolfo Assis de *et al.* **Efeitos das culturas de cobertura nas propriedades químicas do solo e na produção de cebola.** Viçosa: Revista Brasileira Ciência do Solo, V. 40, e0150099, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbcS20150099>>. Acesso em: 22 de jul. 2022.

ORTIZ, Sidney *et al.* **Densidade de sementeira de duas espécies de ervilhaca sobre caracteres agrônômicos e composição bromatológica.** Santa Maria: Ciência Rural, v.45, n.2, p.245-251, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/DGmc74Vmt8VPQj6hvrMzWxk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 25 de jul. de 2022.

PARTELLI, Fábio Luiz *et al.* **Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic Conilon coffee.** Londrina: Semina: Ciências Agrárias, v. 32, n. 3, p. 995-1006, 2011. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/bitstream/ri/14150/5/Artigo%20-%20F%3%a1bio%20Luiz%20Partelli%20-%202011.pdf>. Acesso em: 24 de jul. de 2022

PAULA, Gizelli M. de *et al.* **Série histórica secular de brilho solar e suas relações com os modos de variabilidades ENOS e ODP em Santa Maria- RS.** Jaboticabal: Engenharia Agrícola, v.35, n.3, p.494-505,2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/PL75V5LRyJY4Y4VQgBcw9yJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 de jul. de 2022.

PERIN, Adriano *et al.* **Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado.** Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, n.1, p.35-40, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/hF8p3kDYvvxgcnXtKdMBSf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 de jul. de 2022.

PESSOTTO, Patrícia Pretto *et al.* **Influência de diferentes plantas de cobertura nas propriedades físicas de um latossolo vermelho.** Dourados: Agrarian, v.9, n.34, p.348-356, 2016. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/4519/3682>. Acesso em: 24 de jul. de 2022.

RODRIGUES, Graciela Bassan *et al.* **Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivos e consorciado.** Viçosa: Revista Ceres, v. 59, n.3, p. 380-385, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/Dtzmqxv534t3WGxBq6KkPqn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 de jul. de 2022.

ROSSETTI, Karina V. de, **Atributos físicos do solo em diferentes condições de cobertura vegetal em área de plantio direto**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.7, n.3, p.427-433, 2012. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v7i3a1681>. Acesso em: 26 de jul. 2022.

SILVA, Mariana Aguiar *et al.* **Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e da culturas comerciais no Cerrado**. Vargem Grande Paulista: Research, Society and Development, v.10, n.12, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20008/17916>. Acesso em: 26 de jul. de 2022.

SILVA Vagner Lopes da *et al.* **Melhoria da Estrutura de um Latossolo por Sistemas de Culturas em Plantio Direto nos Campos Gerais do Paraná**. Viçosa: Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.36, p. 983-992, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/VZb8ndBNp96zr9GC7cHW65S/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 de jul. de 2022.

SILVA, Rogério Ferreira da, *et al.* **Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária**. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, n.10, p.1277-1283,2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/Ndhf4TF8N4fxjqJTmhRM3pq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 de jul. de 2022.

SILVA, Adriano Alves *et al.* **Produtividade do milho irrigado em sucessão a espécies inverniais para produção de palha e grãos**. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, n.8, p.987-993, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/szhTtbt3d68Gvr4jpJDffXn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em. 23 de jul. de 2022.

SILVA, Paulo Regis Ferreira *et al.* **Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta**. Santa Maria: Ciência Rural, v.36, n.3, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/Jg5xc6wqF8WZYyL7BxdJm6f/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 de jul. de 2022.

SILVA, Denis Augusto da *et al.* **Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto**. Sete Lagoas: Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2006. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/172>. Acesso em: 24 de jul. de 2022.

SKOUFOGIANNI, Elpiniki, *et al.* **Effects of Pea Cultivation as Cover Crop on Nitrogen-Use Efficiency and Nitrogen Uptake by Subsequent Maize and Sunflower Crops in a Sandy Soil in Central Greece**. Londres: Communications in Soil Science and plant Analysis, 2013. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103624.2013.749446>. Acesso em: 25 de jul. de 2022.

SOUZA, Monique *et al.* **Compostos fenólicos com potencial alelopático de *Secale cereale* L. e *Raphanus sativus* L. cultivados em sistema de plantio direto agroecológico**. Viçosa: Planta Daninha, v37, e019193842, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pd/v37/0100-8358-PD-37-e019193842.pdf>. Acesso em 26 jul. 2022.

TAIZ, Lincoln. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VIOLA, Ricardo *et al.* **Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto.** Campinas: Bragantia, v. 72, n. 1, p.90-100, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/frnxPqs8mxN4ZpsKpr5fN4w/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 de jul. de 2022.

ZIECH, Ana Regina Dahlem *et al.* **Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil.** Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.50, n.5, p.374-382, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/TFfLPPFK6y744c5BqRW/W3Rcz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 de jul. de 2022.

ZIECH, Ana Regina Dahlem *et al.* **Produtividade e componentes de rendimento de milho em função de plantas de cobertura e doses de nitrogênio.** Sete Lagoas: Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.15, n.2, p. 195-201, 2016. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/616>. Acesso em: 22 de jul. de 2022.