

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JULIA CASAGRANDE

**PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E RELAÇÃO CARBONO/NITROGÊNIO DE
PLANTAS DE COBERTURA PRÉ-TRIGO NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

PATO BRANCO

2023

JULIA CASAGRANDE

**PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E RELAÇÃO CARBONO/NITROGÊNIO DE
PLANTAS DE COBERTURA PRÉ-TRIGO NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

**Dry matter production and carbon/nitrogen ratio of pre-wheat cover crops in
southern Brazil**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia do Curso de
Bacharelado em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Betania Brum de Bortolli, Prof.^a Dr.^a

Coorientador: Marcos Antonio de Bortolli, Dr.

PATO BRANCO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JULIA CASAGRANDE

**PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E RELAÇÃO CARBONO/NITROGÊNIO DE
PLANTAS DE COBERTURA PRÉ-TRIGO NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia do Curso de
Bacharelado em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 05/junho/2023

Betania Brum de Bortolli
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Tangriani Simioni Assmann
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcos Antonio de Bortolli
Doutorado
Produtor Rural

**PATO BRANCO
2023**

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus pais - Idacir Casagrande e Elani Fátima Casagrande. Também dedico à um grande amigo que sonhou junto comigo este momento - Luiz Fernando Castro (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da minha vida, por estar sempre me apoiando, sendo o meu suporte nos momentos bons e nos momentos difíceis, por sempre me amparar e não deixar eu desistir, sempre me mostrando uma nova perspectiva de ver as situações e me mostrar um novo caminho a seguir, sempre com perseverança, dedicação, fé e sabedoria.

Agradeço aos meus pais, Elani Fátima Casagrande e Idacir Casagrande, pois sem eles não seria nada. Por me criarem com tanto carinho, me ensinando o caminho certo a seguir na vida, pelos conselhos e puxões de orelha me fizeram ser quem sou hoje e, mesmo com dificuldades, terem me proporcionado a oportunidade de cursar uma faculdade. Também por terem me apresentado o campo desde criança e, com isso, desenvolverem em mim o amor pelo agro. A minha irmã Flavia Casagrande e a minha sobrinha Lívia Casagrande Lopes que são parte da minha motivação diária para vencer e conquistar meus objetivos.

Agradeço a minha orientadora, Prof.(a) Dr.(a) Betania Brum de Bortolli, que me acolheu ainda no início da graduação, abrindo as portas para que eu pudesse fazer parte de seu grupo de pesquisa. Além de toda a sabedoria compartilhada, amizade, paciência e pelos conselhos que me guiaram nessa caminhada da graduação. Não poderia deixar de citar a sua dedicação, preocupação e amor com seus alunos e orientados. És um exemplo de profissional e de pessoa para mim. Me faltam palavras para expressar minha gratidão por ti. Agradeço de coração por tudo.

Ao meu coorientador, Dr. Marcos Antonio de Bortolli, pelo apoio e acompanhamento nas atividades da pesquisa, por ceder seu tempo, seu trabalho, equipamentos e insumos para auxiliar no experimento, pelo conhecimento compartilhado, pelos conselhos e aos seus pais por cederem parte da propriedade para realizar o experimento, de fundamental importância para a pesquisa científica.

Agradeço também ao Prof. Dr. Jorge Jamhour pela sua dedicação ao curso de agronomia, por todo auxílio prestado aos alunos do curso, por não medir esforços para nos ajudar. Reitero que seu trabalho é de fundamental importância para nós, alunos do curso de agronomia. Também agradeço por toda a ajuda com a formatação deste trabalho. Muito obrigada.

Aproveito para estender meu agradecimento a todos os professores que fizeram parte da minha caminhada e que contribuíram para a minha formação pessoal e profissional.

Agradeço aos meus colegas de graduação pelo apoio, pelas memórias construídas nesses anos de graduação, que delas nunca irei esquecer, pela motivação, pelas cuias de mate compartilhadas e pelas conversas, que tanto me auxiliaram nessa caminhada.

Aos membros do grupo GEPEA - Grupo de Estudos e Pesquisa em Experimentação Agrícola, que contribuíram para a coleta de dados e o desenvolvimento da pesquisa. Em especial, a Sabrina Nespolo, Matheus Ruan Panis, Felipe Zandoná Angheben, Lahura Giongo, Fernanda Scheibel Nascimento e Gabriela Pilatti. Minha imensa gratidão.

Agradeço ao LABSOLOS pelo auxílio na construção do conhecimento e nas análises efetuadas para esse trabalho.

À UTFPR, por proporcionar ensino superior público gratuito e de qualidade.

Ao grupo PET Agronomia por todo o conhecimento, aprendizado, desenvolvimento pessoal, profissional e por tudo o que agregou nesses quatro anos que fiz parte do grupo. Muito obrigada.

Enfim, agradeço a todos que de uma ou outra forma contribuíram para a realização deste trabalho.

"Aconteça o que acontecer, não esqueça das vezes que você pensou que não daria conta, e deu. De quando você achou que não teria força, e foi forte. Às vezes, as coisas vão fugir do seu controle, mas você consegue recomeçar, se reerguer e seguir em frente."
(FLORES, 2023)

RESUMO

Atualmente se fala muito em preservação e cuidados com o solo para se atingir elevados patamares produtivos, preservando a microbiota do solo, a fertilidade e a estrutura física. Neste contexto, no Sul do Brasil, há a problemática do que cultivar na época do outono, na entressafra soja/trigo, tanto que muitos produtores optam por deixar a lavoura em pousio neste período, pois é um período muito curto para se produzir alguma cultura até o final do ciclo. Porém, é imprescindível a presença de cobertura verde no solo, uma vez que a mesma dificulta a erosão e, com isso, a perda de solo, fertilizantes e defensivos, também auxilia na prevenção do surgimento de plantas daninhas de difícil controle; além de que, as plantas de cobertura são aliadas na incorporação de matéria orgânica ao solo e algumas espécies também contribuem para aumentar a disponibilidade de nitrogênio e fósforo no solo, por meio da fixação biológica. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar a produção de matéria seca e a relação C/N do mix de cobertura Rx 210[®] + ervilhaca, do nabo forrageiro e do pousio no período do outono. Um experimento, foi implantado em uma propriedade particular no município de Vitorino - PR, com duas coberturas de solo de outono, nabo forrageiro e o mix de cobertura Rx 210[®] + ervilhaca e uma área foi deixada em pousio (resíduos da cultura da soja). Para tal, os tratamentos foram avaliados em três épocas distintas, aos 30 dias após a semeadura (DAS), aos 60 DAS e aos 90 DAS. O experimento foi conduzido no delineamento experimental de blocos ao acaso, com três tratamentos (duas coberturas do solo e o pousio), em seis blocos, totalizando 18 unidades experimentais. Concluiu-se que a melhor opção para o produtor neste período de entressafra, quando se tem um período de até 60 dias, é o nabo forrageiro. Porém, quando se tem um período de até 120 dias de entressafra, a melhor escolha são os mix de cobertura, pela variedade de espécies vegetais, na qual cada uma tem uma composição diferente e poderá trazer um melhor retorno ao produtor. Não é recomendado deixar a área em pousio.

Palavras-chave: cobertura dos solos; proteção do solo; adubação verde.

ABSTRACT

Currently, much is said about soil preservation and care in order to achieve high productive levels, preserving the soil microbiota, fertility and physical structure. In this context, in southern Brazil, there is the problem of what to cultivate in the autumn, in the off-season soy/wheat, so much so that many producers choose to leave the crop fallow during this period, because it is a very short period to produce some culture until the end of the cycle. Although, the presence of green cover on the soil is essential, since it hinders the erosion and, therefore, the loss of soil, fertilizers and pesticides, also helps to prevent emergence of difficult-to-control weeds; in addition, cover crops are allies in the incorporation of organic matter to the soil and some species also contribute to increase the availability of nitrogen and phosphorus in the soil through biological fixation. Thus, the objective of the study was to evaluate the dry matter production and the C/N ratio of the mix coverage Rx 210[®] + vetch, radish and fallow in the autumn period. One experiment, was implanted in a private property in the city of Vitorino - PR, with two fall ground cover crops, radish and Rx 210[®] cover mix + vetch and one area was left fallow (soybean crop residues). For this, the treatments were evaluated at three different times, at 30 days after sowing (DAS), at 60 DAS and at 90 DAS. The experiment was conducted in a randomized block experimental design, with three treatments (two soil covers and fallow), in six blocks, totaling 18 experimental units. It was concluded that the best option for the producer in this period of off-season, when there is a period of up to 60 days, is forage turnip. However, when has a period of up to 120 days between harvests, the best choice is the coverage mix, due to variety of plant species, each of which has a different composition and may bring a better return to the producer. It is not recommended to leave the area fallow.

Keywords: land cover; soil protection; green adubation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Croqui da área experimental com a disposição dos tratamentos em Vitorino - PR, 2022/2023	24
Figura 2 – Matéria seca residual de soja (kg ha^{-1}) no tempo zero (dia da implantação do experimento). Vitorino, PR. 2022	26
Figura 3 – Teor de nitrogênio (g dm^{-3}) na matéria seca residual no tempo zero (dia da implantação do experimento). Vitorino, PR. 2022	27
Figura 4 – Carbono (g dm^{-3}) na matéria seca residual de soja no tempo zero (dia da implantação do experimento). Vitorino, PR. 2022	28
Figura 5 – Relação carbono/nitrogênio na matéria seca residual de soja no tempo zero (dia da implantação do experimento). Vitorino, PR. 2022	29
Figura 6 – Planta voluntária de soja com a presença de oídio, no pousio. Vitorino, PR. 2022	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos químicos do solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm: teor de matéria orgânica (M. O.), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), pH em $CaCl_2$, soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação de bases (V%). Vitorino, PR. 2022	23
Tabela 2 – Resumo da análise de variância das variáveis matéria seca final aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (MS-30, MS-60 e MS-90, em $kg\ ha^{-1}$) de três tratamentos para cobertura do solo (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca). Vitorino- PR, 2022	30
Tabela 3 – Resumo da análise de variância das variáveis carbono aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (C-30, C-60 e C-90, em $kg\ ha^{-1}$) de três tratamentos para cobertura do solo (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca). Vitorino- PR, 2022	30
Tabela 4 – Resumo da análise de variância das variáveis nitrogênio aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (N-30, N-60 e N-90, em $kg\ ha^{-1}$) de três tratamentos para cobertura do solo (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca). Vitorino- PR, 2022	30
Tabela 5 – Resumo da análise de variância das variáveis relação carbono/nitrogênio aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (C/N-30, C/N-60 e C/N-90) de três tratamentos para cobertura do solo (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca). Vitorino- PR, 2022	31
Tabela 6 – Médias de matéria seca aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (MS-30, MS-60 e MS-90, em $kg\ ha^{-1}$) de três tratamentos para cobertura do solo (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca). Vitorino- PR, 2022	32
Tabela 7 – Médias de carbono aos 30 e 90 dias após a semeadura (C-30, C-90, em %) e da relação carbono/nitrogênio aos 30 dias após a semeadura (C/N-30), de três tratamentos para cobertura do solo (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca). Vitorino- PR, 2022	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abreviaturas

C/N	Relação entre carbono e nitrogênio
cm	Centímetro
cmolc	Centimol de carga
<i>et al.</i>	E outros
g	Gramas
ha ⁻¹	Hectares
Kg	Quilogramas
L	Litro

Siglas

CTC	Capacidade de troca de cations
DAS	Dias após a semeadura
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MO	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
SB	Soma de bases trocáveis
SPD	Sistema de plantio direto

LISTA DE SÍMBOLOS

Letras Latinas

C	Carbono
Ca	Cálcio
$H + Al$	Acidez potencial
K	Potássio
Mg	Magnésio
N	Nitrogênio
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
V	Saturação de bases

Letras Gregas

α	Probabilidade de erro tipo I
----------	------------------------------

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
1.2	Justificativa	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Sistema de plantio direto na entressafra soja/trigo	16
2.1.1	Características do SPD na região sul do Brasil	16
2.1.2	Culturas de cobertura do solo	17
2.2	Crítérios importantes para escolha da cultura de cobertura	17
2.2.1	Necessidade da cultura comercial	18
2.2.2	Produção de matéria seca no tempo	18
2.2.3	Características das plantas de cobertura	19
2.2.4	Capacidade de manejo	20
2.2.5	Relação C/N	21
2.3	Produção de matéria seca e relação C/N na soja (pousio), nabo forrageiro e mix de cobertura	21
3	MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1	Local do experimento	23
3.2	Delineamento experimental e condução do experimento	24
3.3	Variáveis respostas	24
3.3.1	Matéria seca da parte aérea	24
3.3.2	Teores de Carbono e Nitrogênio na planta	25
3.4	Análises estatísticas	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5	CONCLUSÕES	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Atualmente se fala muito em preservação e cuidados com o solo para se atingir elevados patamares produtivos, preservando a microbiota do solo, a fertilidade e a estrutura física. Neste contexto, no Sul do Brasil, há a problemática do que plantar na época do outono, na entressafra, entre a cultura de verão e a cultura de inverno. Tanto que muitos produtores optam por deixar a lavoura em pousio neste período, pois é um período muito curto de cerca de 60 dias para se produzir alguma cultura até o final do ciclo, o que levaria cerca de 120 dias.

Porém, já é conhecida no meio científico e por muitos produtores as vantagens da presença de cobertura verde no solo em relação ao solo em pousio ou solo descoberto; uma vez que, a cobertura verde do solo dificulta a erosão e, com isso, a perda de solo, fertilizantes e defensivos, também auxilia na prevenção do surgimento de plantas daninhas de difícil controle; além de que, as plantas de cobertura são aliadas na incorporação de matéria orgânica no solo e algumas espécies também contribuem para aumentar a disponibilidade de nitrogênio e fósforo no solo, através da fixação biológica destes.

Manter o solo coberto com plantas de cobertura que possuem um bom acúmulo de matéria seca (MS) e um rápido estabelecimento, no período do outono é de fundamental importância para a conservação do solo, protegendo contra a erosão e o surgimento de plantas daninhas de difícil controle, as quais tem sido um problema grave na região Sul do Brasil e tem gerado gastos elevados em herbicidas. Plantas de cobertura bem distribuídas sobre o solo dificultam a emergência das plantas daninhas, as quais tentam emergir no solo, mas não obtêm sucesso devido ao sombreamento da área. Quando o produtor rural opta por deixar a área em pousio, a ausência de sombreamento propicia o desenvolvimento das mesmas e, conseqüentemente dificulta e/ou impossibilita o controle destas plantas daninhas, como é o caso de muitas lavouras do Sudoeste do Paraná, com dificuldade no controle de buva (*Conyza bonariensis*) e capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

Outra característica importante é a relação C/N das plantas de cobertura e do pousio, a qual determina a velocidade de decomposição da palhada no solo, uma vez que, plantas com alta relação C/N, como as gramíneas (relação C/N em torno de 35 a 42), demoram para se decompor e liberar os nutrientes que ficam imobilizados nas mesmas. Já plantas com relação C/N baixa (C/N em torno de 14), como é o caso de algumas leguminosas, são rapidamente decompostas e liberam prontamente os nutrientes no solo. Uma relação C/N intermediária (20 a 25), características do nabo forrageiro e dos "Mix (misturas) de plantas de cobertura" seria a ideal para que estes nutrientes estejam disponíveis para a absorção pela cultura subsequente de inverno, por exemplo, o trigo.

Assim, há algumas opções de plantas de cobertura para esse período, de modo a se-mear espécies somente como planta de cobertura, sem realizar a colheita desta, somente efetuando a dessecação para o plantio da safra de inverno, visando aumentar a matéria orgânica do solo por conta dos restos culturais da planta de cobertura; ou, até utilizando para pastejo

de animais em sistema de integração lavoura-pecuária. Uma dessas opções, com uso de uma espécie vegetal apenas, é o nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.), uma planta da família das crucíferas, com grande potencial de fixação de nitrogênio e fósforo para o solo e sistema radicular agressivo, o qual auxilia na descompactação do solo, com isso facilita o estabelecimento da cultura seguinte. É uma ótima opção para rotação de culturas e adubação verde. Também possui uma relação C/N média, em comparação com algumas gramíneas e leguminosas, de cerca de 22,4 e um bom acúmulo de MS de 5530 kg ha⁻¹ (GIACOMINI *et al.*, 2003).

Outra alternativa é o uso de misturas de plantas de cobertura de diferentes famílias vegetais, como por exemplo, crucíferas, gramíneas e leguminosas, de modo a ter uma boa diversidade vegetal, com diferentes velocidades de decomposição, devido a diferença de relação C/N, o que também favorece a microbiota do solo pela diversidade de nutrientes que compõem as diferentes famílias vegetais e espécies, além de aumentar o aporte de nutrientes ao solo. Tendo isso em vista, alguns produtores formulam seus próprios mix de plantas de cobertura, por exemplo, semeiam aveia preta e azevém, aveia preta e nabo-forrageiro, entre outras formulações que podem ser feitas. Mas tem empresas de sementes investindo na oferta de mix de plantas de cobertura, como é o caso da empresa Raix[®], que possui em seu portfólio várias opções de mix de cobertura para que o produtor não precise se preocupar em comprar várias sementes e fazer a mistura.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar qual a melhor cobertura do solo pré-trigo na região Sul do Brasil.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a produção de matéria seca (MS) e a relação C/N do mix de cobertura Rx 210[®] + ervilhaca;
- Avaliar a produção de MS e relação C/N do nabo forrageiro;
- Avaliar a disponibilidade de MS e a relação C/N no pousio;
- Comparar a produção de matéria seca (MS) e a relação C/N do mix de cobertura Rx 210[®] + ervilhaca, do nabo forrageiro e do pousio.

1.2 Justificativa

Embora haja relatos satisfatórios sobre os mix de plantas de coberturas por alguns produtores da região Sudoeste do Paraná, ainda há poucos estudos que evidenciem os benefícios do seu uso, portanto é fundamental que se desenvolvam pesquisas científicas nesta temática, de modo a se ter comprovação da sua eficácia para o solo e para as culturas subsequentes.

Os materiais disponíveis sobre o assunto são poucos e são materiais teóricos, mas que trazem um bom embasamento científico sobre o assunto. Por exemplo, Equipe Mais Soja (2021) afirma que o sucesso do sistema de plantio direto depende da adoção de todos os seus princípios, dos quais a cobertura do solo é um elemento essencial. A produtividade das lavouras de verão depende do adequado planejamento e execução dos tratos culturais, que devem ser iniciados no final da safra. Além de produzir palha de alta qualidade para proteger o solo nos ciclos subsequentes, esse manejo também pode quebrar o ciclo de pragas, doenças e plantas daninhas. Portanto, é necessário considerar a quantidade de resíduos vegetais no sistema (kg ou t ha^{-1}) e a relação C/N visando maior produção de matéria seca, acúmulo e ciclagem de nutrientes e proteção do solo.

Tendo em vista essa deficiência nas pesquisas científicas de cunho prático, com a apresentação de resultados sobre a diferença de manejo do solo no período da entressafra, entre pousio, uso de somente uma espécie vegetal e o uso de mix de plantas de cobertura, essa pesquisa tem fundamental importância para os produtores e para o meio científico, uma vez que trará, números, estatísticas, que resultarão na geração de informações confiáveis, com aplicabilidade prática aos produtores quanto a adoção dessas diferentes práticas de manejo da cobertura vegetal no período do outono na região sudoeste do Paraná.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema de plantio direto na entressafra soja/trigo

O sistema de plantio direto (SPD) começou a ser implantado como alternativa de manejo de solo de forma a preservá-lo e evitar a erosão hídrica, pelo fato de ter como características o revolvimento mínimo do solo (somente na linha de plantio), a manutenção dos resíduos vegetais (palhada) no solo, a qual funciona como um sistema de amortecimento da gota da chuva, diminuindo a desagregação do solo pelo impacto direto da gota nos agregados do solo.

Outra prática fundamental no SPD é a rotação de culturas, como uma forma de alternar as características dos resíduos vegetais presente no solo e também diminuir o ataque de pragas e doenças, com a alternância de plantas suscetíveis e plantas resistentes. Essas técnicas auxiliam na manutenção da qualidade física, biológica e química do solo, trazendo inúmeros benefícios para o solo e para o produtor, o qual economiza tempo e implementos para revolvimento e incorporação de resíduos no solo, resultando em menor custo de produção (EMBRAPA, 2022).

Na região Sul do Brasil, a maioria dos produtores (71%) adotaram o SPD, de acordo com o censo agropecuário do IBGE de 2017, porém há uma problemática que ocorre na entressafra soja/trigo, que se refere ao fato de que neste período, que dura em torno de 30 a 80 dias (dependendo da época de colheita da soja e implantação da cultura do trigo) muitos produtores ainda mantêm a área em pousio (IBGE, 2017).

Assim, sobre o solo permanecem apenas os restos culturais da soja, os quais são rapidamente decompostos, devido a sua elevada concentração de nitrogênio (N) em relação a concentração de carbono (C). Ao decidir manter a área em pousio, a rápida decomposição dos resíduos culturais da soja propicia o estabelecimento de plantas daninhas e faz com que o produtor rural deixe de cultivar alguma outra cultura de cobertura de solo, a qual resultaria em melhoria das características físicas, químicas e biológicas, com incremento na matéria orgânica do solo, uma vez que esse período é curto para produzir uma outra cultura até o final do seu ciclo.

2.1.1 Características do SPD na região sul do Brasil

O plantio direto, como citado anteriormente, é uma excelente alternativa para o produtor maximizar a produtividade da sua lavoura sem trazer prejuízos para o solo, pelo contrário, a sua adoção traz inúmeros benefícios para o solo. Atualmente, o Brasil possui cerca de 20 milhões de hectares de área com a adoção do plantio direto, sendo que na região sul, o SPD compreende uma área, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná de cerca de 3,8 (48,6%); 0,8 (54,4%) e 4,5 milhões de hectares (71,5%), respectivamente (LOPES *et al.*, 2009). E a

região sul é a região mais favorável a adoção do SPD, pois possui o maior número de plantas de cobertura com boa adaptação ao cultivo.

2.1.2 Culturas de cobertura do solo

As culturas de cobertura, na região sul, são geralmente semeadas no outono e são mantidas até a primavera. Elas são chamadas de culturas de cobertura com um ciclo de outono-inverno. Entre as plantas utilizadas para cobertura do solo, a aveia é particularmente predominante nesta região. O uso em larga escala dessa cobertura do solo deve-se principalmente ao fato de sua capacidade de produção de matéria seca (MS) variar de 1532 kg ha⁻¹ a 6000 kg ha⁻¹. Outros pontos favoráveis a adoção da cultura são a facilidade de obtenção de sementes e semeadura, a simplicidade da cobertura do solo e a velocidade de estabelecimento da cultura (SILVA *et al.*, 2007).

No entanto, as gramíneas apresentam alta relação C/N entre 32,5 e 42,9, de forma que o nitrogênio (N) pode ficar imobilizado por bastante tempo nos resíduos da cultura durante a decomposição (GIACOMINI *et al.*, 2003), tornando o nutriente não prontamente disponível para a cultura subsequente.

O nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.), também é utilizado como planta de cobertura. É uma planta da família das brássicas que possui como características, o baixo custo das sementes, ciclo curto, desenvolvimento rápido da cultura, além de grande concentração de nutrientes e alta produção de matéria seca na parte aérea (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002).

Porém, como forma de estabelecer uma cobertura vegetal do solo que possa se aproximar da ideal, é de fundamental importância a mistura de espécies vegetais e famílias botânicas, de modo a unir as características particulares de cada uma, melhorando a qualidade da cobertura e, por consequência, proporcionando grande benefício para o SPD e também para as culturas subsequentes.

Dessa forma, surgiram os mix de plantas de cobertura, os quais reúnem os benefícios das famílias botânicas que compõem o mix. Dentre os benefícios do uso dos mix, estão: relação C/N intermediária; ampla flexibilidade em diferentes áreas de produção; liberação gradual de nutrientes para a cultura subsequente; manter o solo coberto por períodos longos, aumentando a qualidade física do solo; palhada rica e diversificada, proporcionando aumento no teor de matéria orgânica do solo; supressão do surgimento de plantas espontâneas; entre outras (PREVEDEL, 2021).

2.2 Critérios importantes para escolha da cultura de cobertura

Para efetuar a escolha da melhor cultura para cobertura do solo é necessário levar em conta alguns fatores e critérios que são essenciais para tal, dentre os quais destaca-se a neces-

sidade de nutrientes da cultura comercial subsequente, que neste caso será o trigo, bem como, conhecer como ocorre o acúmulo de matéria seca da cultura de cobertura no tempo. Esses fatores, indicam ao produtor rural qual será a cultura que maximiza a produção de matéria seca e a disponibilidade de nutrientes neste curto período de tempo que é a entressafra soja/trigo.

Outro fator importante é conhecer as características das plantas de cobertura, seu tempo de total estabelecimento, o que ela propicia ao solo, entre outras características; também deve-se considerar a capacidade de manejo dos resíduos da cultura de cobertura e a relação C/N da cobertura, pois essa determina o tempo que vai levar para que a palhada seja decomposta e para que os nutrientes estejam em seu estado prontamente disponível para a cultura comercial.

2.2.1 Necessidade da cultura comercial

Sobre as necessidades da cultura comercial, neste caso o trigo (*Triticum aestivum* L.), requer que os solos apresentem textura granular média, sejam bem drenados, profundos, apresentando boa fertilidade, com pH em torno de 6,0, também com saturação de bases de 40 a 60% e que seja cultivado em áreas com relevo plano ou com pequeno declive (FARTRIGO, 2010). Ainda segundo a Fartrigo (2010), o trigo é relativamente exigente e necessita dos seguintes nutrientes minerais: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco; porém, a exigência maior é de nitrogênio e fósforo.

2.2.2 Produção de matéria seca no tempo

A produção de matéria seca é de fundamental importância para manter uma boa quantidade de resíduos vegetais sobre o solo para a cultura subsequente e para o bom estabelecimento do SPD. Para plantas de cobertura, cuja finalidade é a produção de matéria seca pode-se afirmar que quanto maior a produção, em menor tempo, melhor é a qualidade da planta de cobertura.

A quantidade de matéria seca produzida e a uniformidade de distribuição podem ser utilizadas como referência para avaliação preliminar das condições de desenvolvimento do SPD. Pode-se considerar que 6000 kg ha⁻¹ de matéria seca no solo são suficientes para que o SPD alcance uma boa cobertura do solo. No entanto, dependendo da espécie vegetal, região, condições climáticas e do solo, esse valor pode variar muito devido à dificuldade de produção da planta ou à taxa de decomposição (ALVARENGA *et al.*, 2001).

Para diferentes culturas de cobertura do solo de outono/inverno, Redin (2014) relatou que a produção de matéria seca foi de 6810; 7980; 4750; 5480 e 3670 kg ha⁻¹, para as culturas de nabo forrageiro, aveia branca, aveia preta, azevém e ervilhaca, respectivamente, ambas no estágio de florescimento.

Já Doneda *et al.* (2012) observaram as seguintes produções de matéria seca aos 120 dias após a semeadura (momento em que o nabo e a ervilha estavam no estágio de florescimento pleno; o centeio no início do florescimento; a aveia no emborrachamento; e a ervilhaca ainda sem a presença de flores): para a cultura do centeio 4100 kg ha⁻¹; aveia preta 3300 kg ha⁻¹; ervilha forrageira 5500 kg ha⁻¹; nabo forrageiro 8300 kg ha⁻¹. Para as plantas em consórcio os autores relataram produções de MS de 6000 kg ha⁻¹ para o centeio + ervilha forrageira; 7800 kg ha⁻¹ para o centeio + nabo forrageiro; 4800 kg ha⁻¹ para centeio + ervilhaca comum; 7100 kg ha⁻¹, na mistura aveia preta + nabo forrageiro; 3800 kg ha⁻¹ para aveia preta + ervilhaca comum; e, no pousio (resíduo de soja) de 700 kg ha⁻¹ de produção de MS.

2.2.3 Características das plantas de cobertura

A quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais das culturas sobre o solo dependem do sistema de rotação de culturas utilizado e, em grande medida, da espécie, família botânica e do seu manejo. Em primeiro lugar, as espécies com maior potencial para as condições locais devem ser selecionadas com base na velocidade com que se estabelecem e na produção de matéria seca.

Quanto mais rápida for estabelecida a cultura, maiores serão os benefícios físicos da mesma em termos de proteção do solo e controle de plantas daninhas. Quanto maior o rendimento do grupo de plantas, mais matéria seca é disponibilizada no solo e, desde que se conheça o modo de extração de nutrientes das espécies selecionadas, também pode se ter uma ideia de recuperação de nutrientes (ALVARENGA *et al.*, 2001).

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), por exemplo, é uma planta crucífera, muito utilizada como adubo verde, pois suas raízes são pivotantes, contribuindo com a descompactação do solo. Possui alta capacidade de ciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, sendo uma espécie importante para a rotação de culturas como algodão, feijão, milho e soja. Além disso, é muito utilizado na entressafra soja/trigo, devido ao seu rápido estabelecimento e produção de matéria seca. É uma planta muito vigorosa, cobre cerca de 70% do solo em 60 dias. A altura das plantas varia de 1 m a 1,80 m. Podendo produzir de 20000 kg ha⁻¹ a 35000 kg ha⁻¹ de massa verde, e de 3500 kg ha⁻¹ a 8000 kg ha⁻¹ de massa seca (JARDINE; BARROS, 2006).

O nabo forrageiro produziu 2900 kg ha⁻¹ de matéria seca, em um período de 30 dias após a emergência, no município de Marechal Cândido Rondon – PR (CRUSCIOL *et al.*, 2005). Já Viola *et al.* (2013) relataram que, no município de Pato Branco – PR, em um período de 100 dias após a emergência a mesma cultura produziu 4500 kg ha⁻¹.

Sobre o cultivo de espécies consorciadas para cobertura de solo de outono/inverno, Aita e Giacomini (2003), no município de Santa Maria – RS, entre os meses de maio a setembro, relataram produção de matéria seca de 3500 kg ha⁻¹, para o consórcio 32% de aveia preta

+ 68% de ervilhaca comum; e, 4200 kg ha⁻¹ para o consórcio 51% de aveia preta + 49% de ervilhaca comum.

2.2.4 Capacidade de manejo

O manejo de plantas de cobertura é outro fator que pode regular a persistência da palhada na superfície do solo, uma vez que a relação C/N torna-se maior com o desenvolvimento das plantas. O manejo das plantas de cobertura pode ser postergado ao máximo visando maior resistência à degradação, no entanto, se este for executado após a produção de sementes viáveis poderá ocorrer infestação da área e aumento no custo com herbicidas. Quando o objetivo é acumular palha, uma relação C/N de cerca de 40 parece satisfatória (ALVARENGA *et al.*, 2001).

Ainda segundo Alvarenga *et al.* (2001), o manejo das plantas após a dessecação ou sem dessecar também é muito importante, pois pode fornecer condições para uma decomposição mais rápida. O ideal é esperar a queda natural das plantas, a qual evitará operações de trânsito na área. Porém, quando o produtor rural desenvolve um cronograma de atividades em ordem, isso é quase impossível. Portanto, a melhor opção é rolar essas plantas, preferencialmente no mesmo sentido do plantio, o que facilita a operação e reduz a quantidade de palha a ser cortada pelo mecanismo de corte da semeadora.

Ao usar equipamento de trituração de palha, é importante saber que quanto menor o tamanho do material triturado, maior será a superfície vulnerável ao ataque microbiano e maior será a taxa de decomposição. Portanto somente deverá ser triturada a palhada em últimos casos, quando não houver outra alternativa, deixando-a com o maior tamanho possível (ALVARENGA *et al.*, 2001).

Nesse sentido, o nabo forrageiro é, frequentemente manejado com o uso de rolo-faca no estágio de desenvolvimento próximo ao florescimento da cultura, onde ocorre o pico de maior produção de matéria seca, como foi o caso do experimento, conduzido no município de Marechal Cândido Rondon – PR, em que Crusciol *et al.* (2005) manejaram o nabo forrageiro 30 dias após a emergência, no estágio de pré-florescimento, com uso de rolo-faca e também efetuaram aplicação de 4 L ha⁻¹ de herbicida a base de glifosato.

Geralmente o manejo dos consórcios de plantas de cobertura ocorre com o uso de grades niveladoras para efetuar o acamamento das plantas e interromper o ciclo produtivo destas, no momento em que elas estão no estágio de florescimento, como é o caso do experimento conduzido por Heinrichs *et al.* (2001), os quais manejaram o consórcio de plantas de aveia + ervilhaca com o uso de grade niveladora, com o mínimo de revolvimento de solo, somente para efetuar o acamamento das plantas e interromper seu ciclo, no estágio de florescimento.

2.2.5 Relação C/N

A relação C/N é inerente à espécie e reflete a taxa na qual o material se decompõe. Por essa característica, as plantas podem ser divididas em duas categorias, uma rápida (leguminosas) e outra lenta (gramíneas), cujo índice C/N é próximo a 25 e tem sido amplamente aceito como referência para sua diferenciação. As leguminosas fixam nitrogênio devido ao efeito de fixação biológica produzido pelos rizóbios relacionados em seus tecidos, de modo que sua proporção C/N é próxima a 20 e a taxa de decomposição é mais rápida, enquanto a taxa de decomposição das gramíneas é mais lenta pois a quantidade de nitrogênio na palhada é menor, ou seja, possui uma alta relação C/N (ALVARENGA *et al.*, 2001).

Apesar de cada espécie vegetal apresentar sua própria relação C/N, esta também pode variar de acordo com a adubação, tipo de solo e clima no qual se desenvolveu. Doneda *et al.* (2012) observaram os seguintes valores de relação C/N em diferentes espécies vegetais de plantas de cobertura de outono/inverno, em cultivo isolado e em consórcio: cultura do centeio, 34; aveia preta, 27; ervilha forrageira, 14; e, nabo forrageiro, 17. Em consórcio, os autores observaram: para o centeio + ervilha forrageira, 17; centeio + nabo forrageiro, 18; centeio + ervilhaca comum, 18; aveia preta + nabo forrageiro, 18; aveia preta + ervilhaca comum, 15; e, no pousio, 22.

Portanto, na escolha da(s) espécie(s) ideal(ais) para cobertura do solo no outono/inverno, é importante que o produtor esteja atento às necessidades nutricionais da cultura subsequente. Os consórcios ou misturas de espécies vegetais de diferentes famílias botânicas em pré cultivo de trigo costumam ser uma boa opção por apresentar relação C/N intermediária, disponibilizando os nutrientes de maneira gradual ao longo do ciclo da cultura.

2.3 Produção de matéria seca e relação C/N na soja (pousio), nabo forrageiro e mix de cobertura

Para o nabo forrageiro, Giacomini *et al.* (2003), relataram que a produção de matéria seca em Santa Maria (RS), localizada a 29 ° 45' S e 53 ° 42' W e altitude de 95 m, apresentando clima da região subtropical úmido, tipo Cfa2, conforme classificação de Köppen, foi de 5530 kg ha⁻¹. Neste mesmo local, entre os meses de maio a setembro, Aita e Giacomini (2003), também observaram produção de matéria seca da cultura do nabo forrageiro de 3700 kg ha⁻¹. Em Eldorado do Sul – RS, entre os meses de maio a outubro, Silva *et al.* (2007) relataram produção de matéria seca de 5900 kg ha⁻¹ para a referida cultura.

Para a cultura da soja (pousio), Torres *et al.* (2005), observaram que a produção de matéria seca no município de Uberaba, MG, localizado a 19 ° 39 ' 19 " S, 47 ° 57 ' 27 " W, a cerca de 795 m de altitude, apresentando clima classificado como Aw, tropical quente, segundo a classificação de Köppen, foi de 2100 kg ha⁻¹. Já a relação C/N foi de cerca de 9,5.

Sobre a produção de matéria seca de plantas de cobertura consorciadas, Silva *et al.* (2007), relataram que, no consórcio de aveia preta (50%) + ervilhaca comum (50%) a produção foi de 3100 kg ha⁻¹, para aveia preta (50%) + nabo forrageiro (50%) 4700 kg ha⁻¹, para ervilhaca comum (50%) + nabo forrageiro (50%) 3200 kg ha⁻¹ e para aveia (34%) + ervilhaca (33%) + nabo (33%) 3600 kg ha⁻¹.

A relação C/N do nabo forrageiro foi de 17,0 (DONEDA *et al.*, 2012). Porém, Lima *et al.* (2007), observaram relação C/N de 29,2. Já Giacomini *et al.* (2003), apresentaram relação C/N de 25,5.

No cultivo de plantas de cobertura em consórcio, Heinrichs *et al.* (2001) observaram que a relação C/N dos seguintes consórcios de espécies: 90% de ervilhaca + 10% de aveia; 75% de ervilhaca + 25% de aveia; 50% de ervilhaca + 50% de aveia; 25% de ervilhaca + 75% de aveia, foi de 18,6; 19,6; 24,0 e 27,2 respectivamente. Doneda *et al.* (2012) relataram os seguintes valores de relação C/N para os consórcios de plantas de cobertura: 15,5, centeio + ervilha forrageira; 18,9, centeio + nabo forrageiro; 17,2, centeio + ervilhaca comum; 15,7, aveia preta + nabo forrageiro; e, 14,4, aveia preta + ervilhaca comum.

Há alguns anos, o produtor rural que tivesse interesse em cultivar misturas de plantas de cobertura, precisava comprar as sementes separadamente e efetuar a mistura no momento da semeadura. Esse procedimento associado a dificuldade de obtenção de sementes das espécies de cobertura e às poucas evidências científicas do benefício dessa prática, muitas vezes levava o produtor a optar por manter a área em pousio no período de outono (CONCEIÇÃO, 2021).

Atualmente, estão disponíveis no mercado, “mix” (misturas) de sementes de plantas de cobertura de diversas empresas, espécies e para todos os períodos do ano. No entanto, ainda existem poucas pesquisas científicas sobre esses materiais cultivados na entressafra de outono, principalmente a respeito das diferenças do manejo de solo neste período, com uso de “mix” de plantas, uso de somente uma espécie vegetal e o pousio.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi implantado, em 18 de março de 2022, após a colheita da soja, em uma propriedade rural particular localizada no município de Vitorino - PR, nas coordenadas 26°17'39.4"S e 52°40'24.8"W. O clima da região é classificado como Cfb (subtropical úmido), segundo classificação de Köppen (NITSCHKE *et al.*, 2019). O solo do local, por sua vez, é um Latossolo Vermelho Distroférico (SANTOS *et al.*, 2018), com relevo ondulado.

Antecedendo a realização do experimento, no dia 16 de março de 2022, efetuou-se a coleta de solo para a obtenção da análise química da área, a qual serviu de base para caracterização química e física do solo na área de cultivo. Os valores apresentados dos atributos químicos da área estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos do solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm: teor de matéria orgânica (M. O.), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), pH em $CaCl_2$, soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação de bases (V%). Vitorino, PR. 2022

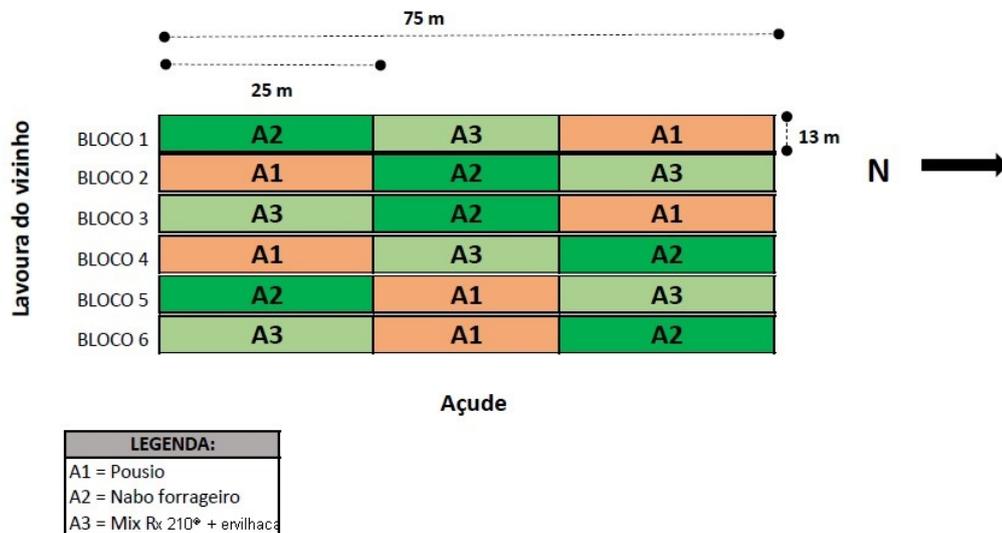
Bloco	Profundidade (cm)	pH ($CaCl_2$)	M. O. (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	K Ca Mg H+Al ($Cmol_cdm^{-3}$)					SB	CTC	V (%)
					K	Ca	Mg	H+Al	SB			
1	00-05	5,90	50,93	13,27	0,28	7,30	3,50	3,52	11,08	14,60	75,89	
	05-10	5,20	52,27	13,27	0,13	5,70	3,70	5,47	9,53	15,00	63,53	
	10-20	5,30	53,61	4,08	0,11	6,00	3,10	5,47	9,21	14,68	62,74	
	20-40	5,40	48,25	1,64	0,07	4,60	2,30	3,97	6,97	10,94	63,71	
2	00-05	5,70	41,55	5,19	0,21	5,70	3,90	3,42	9,81	13,23	74,15	
	05-10	5,30	37,53	2,66	0,08	5,90	3,40	4,28	9,38	13,66	68,67	
	10-20	5,10	32,17	1,98	0,05	4,10	3,20	4,61	7,35	11,96	61,45	
	20-40	5,10	33,51	0,97	0,04	4,20	2,50	4,28	6,74	11,02	61,16	
3	00-05	5,90	50,93	6,34	0,43	7,20	3,20	2,70	10,83	13,53	80,04	
	05-10	5,50	40,21	5,19	0,15	5,90	3,10	3,97	9,15	13,12	69,74	
	10-20	5,00	26,80	1,64	0,09	4,10	3,30	5,76	7,49	13,25	56,53	
	20-40	5,10	41,55	0,65	0,05	3,30	2,40	5,35	5,75	11,10	51,80	
4	00-05	6,20	45,57	6,34	0,77	6,70	4,40	3,18	11,87	15,05	78,87	
	05-10	5,20	37,53	7,13	0,18	4,40	2,30	5,35	6,88	12,23	56,26	
	10-20	5,00	33,51	3,72	0,14	3,30	2,20	5,76	5,64	11,40	49,47	
	20-40	5,10	30,83	2,66	0,05	3,00	2,00	5,35	5,05	10,40	48,56	
5	00-05	5,40	42,89	11,85	0,51	4,90	2,60	4,28	8,01	12,29	65,17	
	05-10	4,90	34,85	5,57	0,14	3,30	2,70	6,21	6,14	12,35	49,72	
	10-20	4,70	29,48	1,98	0,07	2,40	2,00	7,20	4,47	11,67	38,30	
	20-40	4,80	21,44	1,98	0,05	2,90	1,90	6,69	4,85	11,54	42,03	
6	00-05	5,50	52,27	9,19	0,94	5,50	3,20	4,20	9,64	13,84	69,65	
	05-10	5,10	40,21	5,19	0,44	4,90	2,40	5,35	7,74	13,09	59,13	
	10-20	4,70	33,51	3,36	0,19	2,80	2,40	6,69	5,39	12,08	44,62	
	20-40	4,70	22,78	1,98	0,06	2,30	2,10	6,21	4,46	10,67	41,80	

Fonte: Autoria própria (2023).

3.2 Delineamento experimental e condução do experimento

Os três tratamentos (coberturas do solo), Nabo forrageiro, pousio e Mix Rx 210[®] + ervilhaca foram alocados em campo no delineamento blocos ao acaso com seis repetições (Figura 1). Os tratamentos foram avaliados em três épocas distintas (Época 1: 30 DAS (18/04/2022); Época 2: 60 DAS (20/05/2022); Época 3: 90 DAS (18/06/2022)). As parcelas experimentais apresentaram a dimensão de 13 m de largura e 25 m de comprimento, totalizando 325 m². A área total do experimento foi de 5850 m². O croqui experimental está representado na Figura 1.

Figura 1 – Croqui da área experimental com a disposição dos tratamentos em Vitorino - PR, 2022/2023



Fonte: Autoria própria (2023).

A semeadura das culturas de cobertura foram feitas em 18 de março de 2022, após a colheita da soja, utilizando-se uma semeadora de grãos de fluxo contínuo de 19 linhas para plantio direto, com espaçamento de 34 cm entre linhas e profundidade de semeadura de 2 cm, sem adubação. Foi utilizada taxa de semeadura de 8 kg ha⁻¹ e 30 kg ha⁻¹ para o nabo forrageiro e para o Mix Rx 210[®] + ervilhaca, respectivamente. Não foi realizado a dessecação da área antecedendo a semeadura das culturas de cobertura.

3.3 Variáveis respostas

3.3.1 Matéria seca da parte aérea

Para avaliar a produção de matéria seca da parte aérea, coletou-se duas subamostras de 0,25 m² das plantas que estavam vegetando, por parcela. Posteriormente, essas amostras foram secadas em estufa a 40 °C até peso contínuo, pesadas e moídas em um moinho tipo

Wiley, com peneira de malha 0,33 mm para realizar as análises de Carbono e Nitrogênio na planta.

3.3.2 Teores de Carbono e Nitrogênio na planta

Para a determinação de Carbono na planta foi utilizado o método Walkley Black descrito em Tedesco *et al.* (1995). E para a determinação de Nitrogênio na planta foi utilizado o método de Tedesco *et al.* (1995). A relação C/N foi obtida pela razão entre o teor de Carbono e o teor de Nitrogênio obtido nas análises.

3.4 Análises estatísticas

Para todas as variáveis analisadas, realizou-se a verificação dos pressupostos da análise de variância do modelo matemático do delineamento blocos ao acaso.

O efeito dos tratamentos (Resíduos vegetais da cultura da soja, denominado de Pousio e as culturas de cobertura do solo: Nabo forrageiro e o Mix Rx 210[®]) sobre as variáveis carbono, nitrogênio e C/N aos 30, 60 e 90 DAS (Dias Após a Semeadura) foram analisados utilizando-se o modelo de análise de variância no delineamento blocos ao acaso ($\alpha = 5\%$)

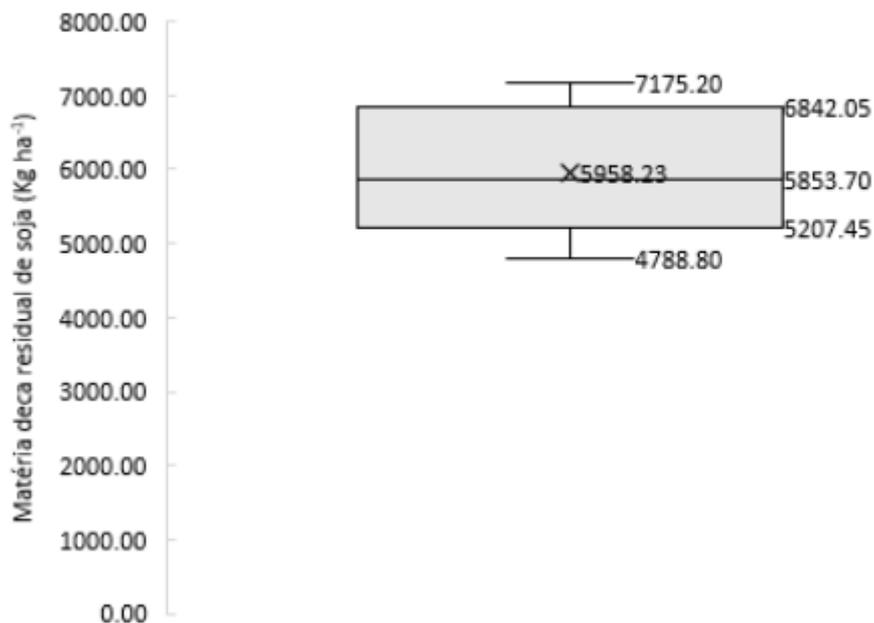
Em caso de diferença significativa entre, pelo menos, dois tratamentos na análise de variância, utilizou-se o teste de Tukey para comparação de médias ($\alpha = 5\%$).

Para as análises de pressupostos e anova foram utilizados os softwares R (R Core Team, 2019) e GENES (CRUZ, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável matéria seca residual no dia da implantação do experimento observa-se valores de produção (Figura 2), entre 4789 a 7175 kg ha⁻¹, sendo que 50% dos valores ficaram entre 5207,45 a 6842,05 kg ha⁻¹. A média foi de 5958 kg ha⁻¹.

Figura 2 – Matéria seca residual de soja (kg ha⁻¹) no tempo zero (dia da implantação do experimento). Vitorino, PR. 2022



Fonte: Bortolli (2023).

A produção de matéria seca residual do pousio no dia da implantação do experimento resultou em valor da média próximo da mediana, ou seja, a maioria dos valores de produção observados desta variável estiveram em torno da média. Não se observou a ocorrência de valores discrepantes.

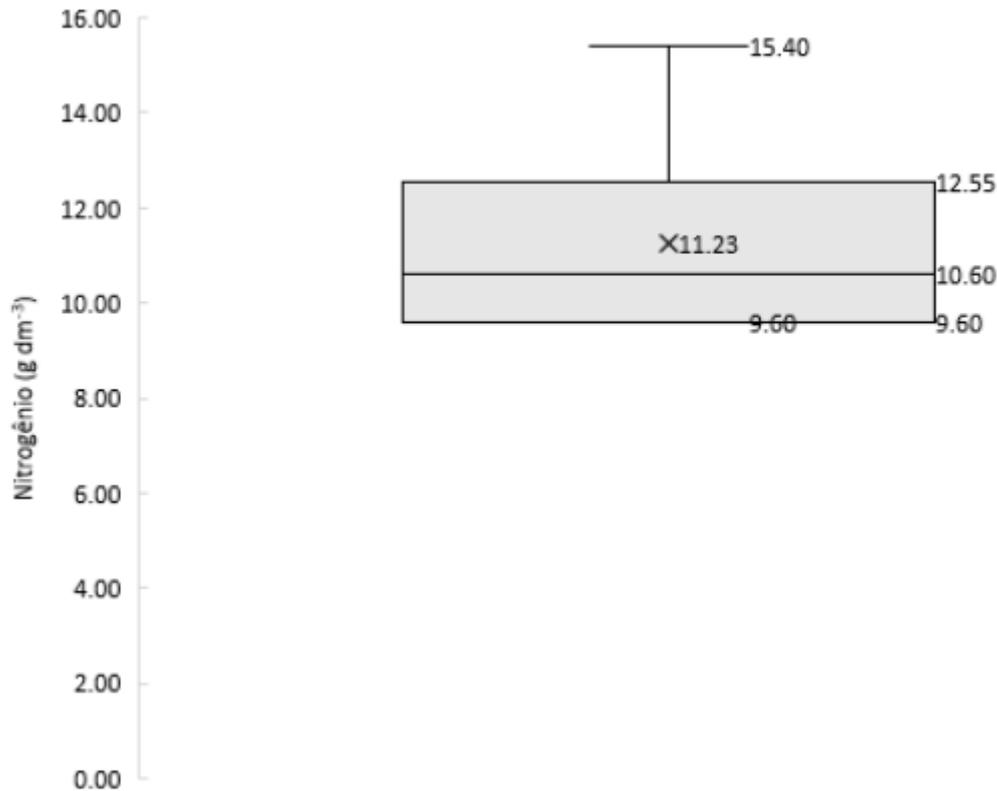
Em experimento conduzido no município de Cândido Godói, no ano agrícola de 2019/2020, com avaliação da distribuição horizontal dos resíduos da soja após a colheita Marshall (2021), observou grande variabilidade na produção de matéria seca residual na cultura da soja que variou de 2.540 nas entressafras de plataforma de corte a 9.600 kg ha⁻¹ nas áreas de eixo central da plataforma de corte.

Já Marcelo, Corá e Fernandes (2012), em experimento conduzido no município de Jaboticabal – SP, nos anos agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009, observaram uma produção de matéria seca residual na cultura da soja de 3.100 kg ha⁻¹ e 5.800 kg ha⁻¹, respectivamente.

O teor de nitrogênio no dia da implantação do experimento no pousio, (Figura 3), variou de 9,6 a 15,4 g dm⁻³, sendo que 50% dos valores ficaram próximos a 10,6 g dm⁻³. Não se

observou a ocorrência de valores discrepantes, com distribuição dos dados aproximadamente normal.

Figura 3 – Teor de nitrogênio (g dm^{-3}) na matéria seca residual no tempo zero (dia da implantação do experimento). Vitorino, PR. 2022



Fonte: Bortolli (2023).

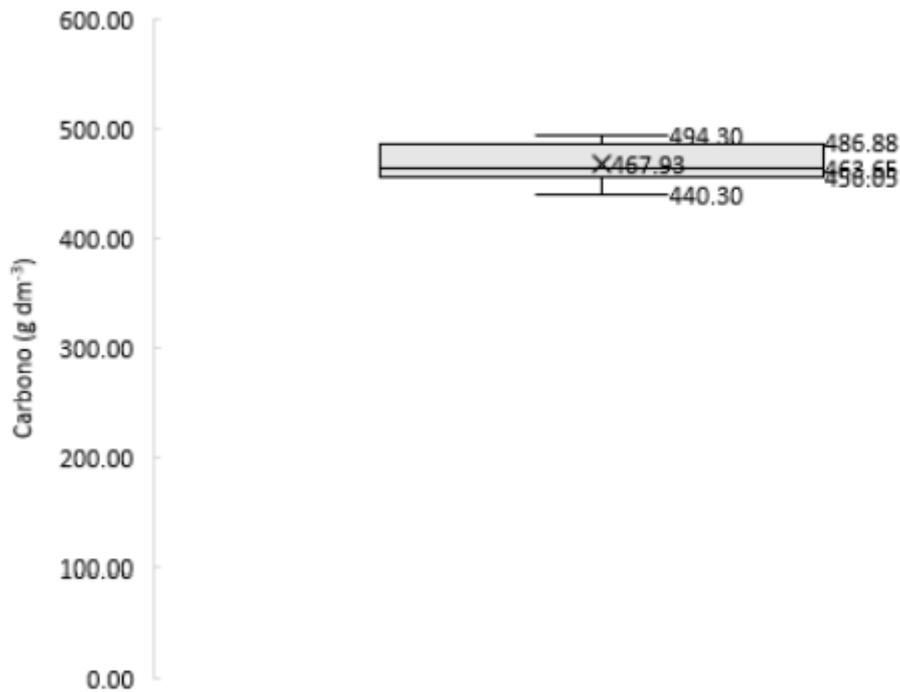
Utilizando como base, o valor da mediana e transformando esse teor em kg ha^{-1} de N presente neste resíduo da cultura da soja, temos um valor mediano de $62,05 \text{ kg ha}^{-1}$ acumulado, que voltarão para o solo para serem utilizados pela cultura subsequente, podendo reduzir o custo com adubação nitrogenada na cultura do trigo, por exemplo. Essa economia, trará ao produtor uma maior lucratividade, pelo fato de poder aproveitar este N ciclado pela palhada.

Em experimento conduzido no município de Cândido Godói, no ano agrícola de 2019/2020, Marschall (2021), observou teor de nitrogênio na palhada da soja de $7,4 \text{ g dm}^{-3}$. Valor este menor do que o observado neste experimento. Neste mesmo experimento, o autor relata disponibilidade de 72 kg ha^{-1} de N na faixa de alta deposição de resíduos da soja, para aproximadamente $25,5$ e $22,5 \text{ ha}^{-1}$ de N nas faixas de média deposição e de $18,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de N na faixa de baixa deposição.

Já Marcelo, Corá e Fernandes (2012), em experimento conduzido no município de Jaboticabal – SP, nos anos agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009, observaram um teor de nitrogênio na palhada da soja de $7,4$ e $8,7 \text{ g dm}^{-3}$, respectivamente.

Os teores de carbono no dia da implantação do experimento no pousio (Figura 4), ficaram entre 440,3 e 494,3 g dm⁻³, sendo que 50% dos valores ficaram entre 456,1 e 486,9 g dm⁻³. Não se observou a ocorrência de valores discrepantes e a amplitude dos dados foi pequena, com distribuição dos dados aproximadamente normal.

Figura 4 – Carbono (g dm⁻³) na matéria seca residual de soja no tempo zero (dia da implantação do experimento). Vitorino, PR. 2022



Fonte: Bortolli (2023).

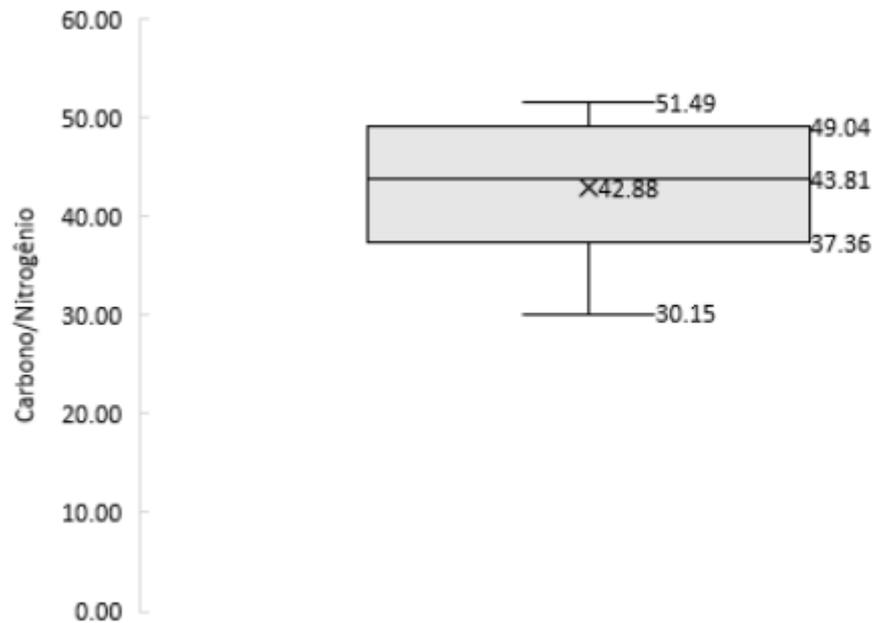
Utilizando como base, o valor da mediana e transformando este teor em kg ha⁻¹ de C presente no resíduo da cultura da soja, temos um valor mediano de 2714 kg de C ha⁻¹ acumulados, o qual possivelmente retornará para o solo podendo aumentar o teor de matéria orgânica do mesmo.

Marcelo, Corá e Fernandes (2012), em experimento conduzido no município de Jaboticabal – SP, nos anos agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009, observaram teores de carbono semelhantes ao deste experimento, sendo de 370,9 e 418,4 g dm⁻³, respectivamente.

Para a variável relação carbono/nitrogênio no dia da implantação do experimento (tempo zero), no pousio, os valores (Figura 5), variaram entre 30 e 51, com 50% dos valores entre 37 e 49. Não se observou a ocorrência de valores discrepantes, com distribuição dos dados aproximadamente normal.

A alta relação C/N apresentada no resíduo cultural da soja se explica pelo fato de, na palhada, estar presente somente o caule da planta, que apresenta em sua composição um alto teor de lignina e, por consequência, um alto teor de C e um baixo teor de N. O que acarreta em uma baixa liberação de N para a cultura subsequente, no caso, o trigo.

Figura 5 – Relação carbono/nitrogênio na matéria seca residual de soja no tempo zero (dia da implantação do experimento). Vitorino, PR. 2022



Fonte: Bortolli (2023).

Quanto maior a relação C/N, mais carbono e, por consequência, menos nitrogênio tem na palhada. Isso reflete no tempo em que essa palhada irá permanecer sobre o solo, pois, quanto mais carbono estiver presente na mesma, maior será a sua persistência no solo, uma vez que o processo de decomposição é mais demorado. Isso significa que o solo ficará coberto pela palhada por um período de tempo maior.

Em experimento conduzido no município de Jaboticabal – SP, nos anos agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009, Marcelo, Corá e Fernandes (2012) observaram relações C/N de 50 e 48, respectivamente, semelhantes às relatadas neste experimento.

Para as variáveis resposta: matéria seca aos 30 dias após a semeadura (MS-30), matéria seca aos 60 dias após a semeadura (MS-60) e matéria seca aos 90 dias após a semeadura (MS-90) observou-se diferenças significativas entre os três tratamentos (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca, Tabela 2). Para as referidas variáveis, o efeito de blocos não foi significativo, indicando homogeneidade entre os blocos.

A variabilidade percentual em torno da média no experimento variou de 2,49% (para a variável C-30, Tabela 3) a 20,64% (para a variável MS-60, Tabela 2). Indicando que os resultados do experimento têm boa precisão.

Houve diferenças significativas entre os tratamentos (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca) também no teor de carbono aos 30 e 90 dias após a semeadura (C-30 e C-90, respectivamente), bem como o efeito de blocos foi significativo, ou seja, os blocos não são homogêneos (Tabela 3).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância das variáveis matéria seca final aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (MS-30, MS-60 e MS-90, em kg ha⁻¹) de três tratamentos para cobertura do solo (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca). Vitorino- PR, 2022

Causas de variação	Graus de liberdade	MS-30			MS-60			MS-90		
		kg ha ⁻¹								
Blocos	5	3830,1547	ns	215534,1227	ns	14,1882	ns			
Tratamentos	2	1118097,1467	*	7238185,2800	*	4966,1193	*			
Resíduo	10	2959,9813		214712,5867		32,4039				
Média geral	-	446,4000		2244,6700		2912,4800				
Coeficiente de variação (%)	-	12,1900		20,6400		11,7700				

*Significativo; ^{ns}não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Fonte: Bortolli (2023).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância das variáveis carbono aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (C-30, C-60 e C-90, em kg ha⁻¹) de três tratamentos para cobertura do solo (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca). Vitorino- PR, 2022

Causas de variação	Graus de liberdade	C-30			C-60			C-90		
		%								
Blocos	5	27,0880	*	123,7410	ns	206,2100	*			
Tratamentos	2	27,2978	*	16,5210	ns	27,6860	*			
Resíduo	10	1,2290		101,1910		37,0650				
Média geral	-	44,4900		44,0900		45,0100				
Coeficiente de variação (%)	-	2,4900		7,2100		4,2800				

*Significativo; ^{ns}não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Fonte: Bortolli (2023).

Para teor de nitrogênio aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (N-30, N-60 e N-90, respectivamente) (Tabela 4) não houve diferenças significativas entre os tratamentos, bem como o efeito de blocos foi significativo apenas para a variável N-30, ou seja, para esta variável os blocos não são homogêneos.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância das variáveis nitrogênio aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (N-30, N-60 e N-90, em kg ha⁻¹) de três tratamentos para cobertura do solo (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca). Vitorino- PR, 2022

Causas de variação	Graus de liberdade	N-30 ¹			N-60 ²			N-90		
		%								
Blocos	5	234,6240	*	0,1249	ns	0,3423	ns			
Tratamentos	2	15,1394	ns	0,3353	ns	1,2150	ns			
Resíduo	10	4,3860		0,1252		0,3686				
Média geral	-	4,0500		3,4600		2,9900				
Coeficiente de variação (%)	-	12,6500		16,2900		20,3100				

Significativo; ^{ns}não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F. ¹Variável transformada: $Y_{ij}^ = y_{ij}^2$, sendo Y_{ij} , o valor observado na unidade experimental que recebeu o tratamento i na repetição j. ²Variável transformada: $Y_{ij}^* = (Y_{ij}^\lambda - 1) / \lambda \text{com} \lambda = 0,8333...$

Fonte: Bortolli (2023).

Para C/N-30 (Tabela 5) houve diferença significativa ($\alpha = 5\%$) entre os tratamentos. Já para C/N-60 e C/N-90 não houve diferença entre os tratamentos.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância das variáveis relação carbono/nitrogênio aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (C/N-30, C/N-60 e C/N-90) de três tratamentos para cobertura do solo (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca). Vitorino- PR, 2022

Causas de variação	Graus de liberdade	C/N-30	C/N-60	C/N-90
Blocos	5	0,7256	17,3870	172,0690
Tratamentos	2	6,3681 *	3,4179 ^{ns}	150,4210 ^{ns}
Resíduo	10	0,3976	48,9210	78,5540
Média geral	-	11,0600	12,9600	15,7000
Coeficiente de variação (%)	-	5,7000	17,0700	17,8500

*Significativo; ^{ns}não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Fonte: Bortolli (2023).

O tratamento com maior média de produção de MS-30 e MS-60 foi o nabo forrageiro (Tabela 6), com uma produção de 910,20 e 3254,40 kg ha⁻¹, respectivamente; na sequência, o Mix Rx 210[®] + ervilhaca, produziu 372,67 e 2404,40 kg ha⁻¹, respectivamente. Sendo o tratamento com menor média de produção dessas mesmas variáveis foi o pousio, apresentando uma produção de 56,33 e 1075,20 kg ha⁻¹, aos 30 e 60 DAS, respectivamente.

A produção de matéria seca aos 90 dias após a semeadura (MS-90) foi maior no nabo forrageiro (4727,20 kg ha⁻¹), porém não diferiu estatisticamente do Mix Rx 210[®] + ervilhaca, o qual apresentou uma produção de 3763,83 kg ha⁻¹. Já o pousio foi o tratamento que apresentou o menor valor para esta variável, o qual produziu somente 246,40 kg ha⁻¹ (Tabela 6).

Sendo que, em todos os tratamentos, havia a presença da palhada da soja sobre o solo, a qual estava se decompondo. A mesma apresentava, no dia da implantação do experimento, uma média de 5958 kg ha⁻¹ de matéria seca.

Um dos critérios utilizados como referência para avaliar as condições de cultivo do SPD é a quantidade de matéria seca produzida. No qual, uma produção de 6000 kg ha⁻¹ de matéria seca é suficiente para uma boa cobertura do solo no SPD. Porém, dependendo do tipo de cultivo, região, condições climáticas e de solo, a quantidade pode variar muito devido à dificuldade do cultivo ou a taxa de decomposição (ALVARENGA *et al.*, 2001).

A quantidade de matéria seca produzida pelo pousio é insuficiente para manter a qualidade do solo, tendo como referência a quantidade de matéria seca preconizada para se ter um bom SPD. Enquanto os demais tratamentos apresentaram valores mais próximos do valor de referência para ter uma boa cobertura do solo no SPD, mesmo que ainda abaixo dos 6000 kg ha⁻¹.

Os resultados observados neste experimento para o nabo forrageiro aos 90 DAS corroboram com os reportados por Viola *et al.* (2013), em experimento conduzido no município de Pato Branco – PR, o qual relata produção de 4500 kg ha⁻¹ de matéria seca aos 100 dias (pleno florescimento) do nabo forrageiro, resultado semelhante ao obtido neste experimento (4727,20 kg ha⁻¹).

Tabela 6 – Médias de matéria seca aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (MS-30, MS-60 e MS-90, em kg ha⁻¹) de três tratamentos para cobertura do solo (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca). Vitorino- PR, 2022

Tratamento	kg ha ⁻¹					
	MS-30		MS-60		MS-90*	
Pousio	56,33	c*	1075,20	c	246,40	b
Nabo forrageiro	910,20	a	3254,40	a	4727,20	a
Mix Rx 210 [®] + ervilhaca	372,67	b	2404,40	b	3763,83	a

*Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Bortolli (2023).

Em experimento conduzido em Salvador das Missões – RS, a produção de matéria seca no pousio (resíduo de soja) aos 60 dias após a semeadura foi de 1400 kg ha⁻¹; e, para o nabo forrageiro 2950 kg ha⁻¹, ambas superiores às observadas neste experimento (WENZEL, 2022),

Porém, no município de Cerro Largo – RS, Gatzke (2017) obteve médias de MS-60 de 1870 kg ha⁻¹ para o Nabo forrageiro e de 500 kg ha⁻¹ para o pousio, o que representa menos da metade do resultado obtido neste trabalho. Os autores explicam o resultado devido à ocorrência de precipitação elevada no período, a qual prejudicou o desenvolvimento das plantas de cobertura.

Em Não-Me-Toque – RS, Doneda *et al.* (2012), obteve produção de matéria seca de 8300 kg ha⁻¹ no estágio de pleno florescimento do nabo forrageiro, que ocorreu aos 120 dias após a semeadura. Este valor é muito superior ao observado neste experimento. Além do solo e clima distintos, essa diferença pode ser explicada pelo fato do nabo forrageiro em Não-me-Toque ter atingido o pleno florescimento apenas aos 120 dias, enquanto neste experimento, a mesma cultura levou 90 dias para atingir o pleno florescimento. Dessa forma, naquele experimento as plantas tiveram 30 dias a mais para acumular matéria seca.

O tratamento com maior média de carbono aos 30 dias após a semeadura foi o pousio, apresentando um valor médio de 46,25%, não diferindo estatisticamente do Mix Rx 210[®] + ervilhaca, o qual teve um teor de C de 45,10%. Sendo que o tratamento que apresentou o menor teor de C foi o nabo com 42,12% (Tabela 7).

Tabela 7 – Médias de carbono aos 30 e 90 dias após a semeadura (C-30, C-90, em %) e da relação carbono/nitrogênio aos 30 dias após a semeadura (C/N-30), de três tratamentos para cobertura do solo (Pousio, nabo forrageiro e Mix Rx 210[®] + ervilhaca). Vitorino- PR, 2022

Tratamentos	C-30		C-90		C/N-30	
	%					
Pousio (Resíduo soja)	46,25	a	46,51	a	11,63	a
Nabo forrageiro	42,12	b	42,55	b	9,87	b
Mix Rx 210 [®] + ervilhaca	45,10	a	45,96	a	11,68	a

*Médias não seguidas por mesma letra diferem entre si, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Bortolli (2023).

Na sequência, o tratamento com maior média de carbono aos 90 dias após a semeadura também foi o pousio, apresentando um valor de 46,51%, não diferindo estatisticamente do Mix Rx 210[®] + ervilhaca, o qual teve um teor de C de 45,96%. Sendo que o tratamento que apresentou o menor teor de C foi o nabo com 42,55% (Tabela 7).

Mesmo o pousio tendo o maior teor de C em percentual, quando se transforma este percentual em kg ha⁻¹ de C acumulado (tendo como referência o teor de C-90 e a MS-90), temos um valor de 114,60 kg ha⁻¹ (46,51% de 246,40 kg ha⁻¹ de MS 90) de C acumulado neste período, para o nabo forrageiro temos um valor de 466,57 kg ha⁻¹ (9,87% de 4727,20 kg ha⁻¹ de MS 90) e para o mix Rx 210[®] + ervilhaca temos um valor de 439,62 kg ha⁻¹ (11,68% de 3763,83 kg ha⁻¹ de MS 90) de C acumulado. Ou seja, mesmo apresentando o menor teor de C em percentual, o nabo forrageiro se torna o tratamento que apresenta o maior acúmulo de C em kg ha⁻¹.

A maior relação carbono/nitrogênio aos 30 dias após a semeadura foi observada no Mix Rx 210[®] + ervilhaca, apresentando um valor de 11,63, não diferindo estatisticamente do pousio, o qual teve uma relação C/N de 11,63. Sendo que o tratamento que apresentou a menor relação C/N foi o nabo forrageiro com 9,87 (Tabela 7). A menor relação C/N do Nabo forrageiro se deve ao fato de o Nabo ser uma Crucífera e também pela elevada capacidade desta planta na extração do N mineral do solo até nas camadas mais profundas do solo, aumentando assim o teor de N em sua matéria seca. Já no pousio, houve presença de plantas daninhas, em grande parte, gramíneas (principalmente azevém de ressemeadura natural) que possuem em sua composição mais C do que N. No caso do Mix Rx 210[®] + ervilhaca, a relação C/N do mesmo é explicada pelo fato de em sua composição ter o maior percentual de gramíneas e menor percentual de leguminosas e crucíferas.

Para a cultura da soja (pousio), Torres *et al.* (2005), observaram que a relação C/N no município de Uberaba, MG, localizado a 19 ° 39 ' 19 " S, 47 ° 57 ' 27 " W, a cerca de 795 m de altitude, apresentando clima classificado como Aw, tropical quente, segundo a classificação de Köppen, foi de cerca de 9,5.

Para o nabo forrageiro, a relação C/N foi de 17,0 (DONEDA *et al.*, 2012). enquanto que Lima *et al.* (2007), observaram relação C/N de 29,2. Já Giacomini *et al.* (2003), apresentaram relação C/N de 25,5.

Ter uma baixa relação C/N, indica que, em sua composição, há um teor elevado de N e um baixo teor de C. Nesses casos a mineralização tende a ser superior à imobilização dos nutrientes contidos nos resíduos vegetais, com maior disponibilização de nitrogênio, por exemplo, durante o processo de decomposição da palhada, o que é benéfico ao trigo, cultivado em sucessão. Sendo que, uma relação C/N ideal para a cultura do trigo, seria entre 15 a 25 (VIOLA *et al.*, 2013).

A diferença no percentual de carbono presente nas plantas de cobertura e no pousio não foi muito acentuada, porém, quanto às médias de MS, em todos os períodos avaliados, o pousio foi o tratamento que obteve o pior desempenho. Ressaltando a importância de implantar

culturas de cobertura na entressafra soja/trigo, para o solo não ficar descoberto e também para haver a ciclagem e incorporação dos nutrientes pela palhada da cultura de cobertura.

É importante destacar que em relação a ocorrência de plantas daninhas de difícil controle, caso da buva (*Conyza bonariensis*), do capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e do azevém (*Lolium multiflorum* L.) dentre outras, verificou-se a presença das mesmas no pousio, o que se deve à ausência de competição das plantas daninhas por luz solar e nutrientes que ocorre quando o solo fica em pousio. No caso dos tratamentos com as plantas de cobertura, não foi constatado a presença de plantas daninhas de difícil controle, devido à supressão vegetal das plantas de cobertura, sem deixar o solo exposto.

Com relação ao pousio, também foi observado a presença de plantas voluntárias de soja (Figura 6), com presença de oídio. Nos demais tratamentos não houve a presença de plantas de soja voluntárias. É importante destacar que a presença de plantas voluntárias na lavoura pode aumentar a probabilidade do desenvolvimento de doenças de difícil controle, as quais aumentam o custo de produção, podendo causar prejuízos ao produtor. A ausência de plantas voluntárias da cultura de grãos antecessora ao cultivo das plantas de cobertura, neste caso a soja, evita que as mesmas sejam hospedeiras de doenças, por que causa a quebra do ciclo das doenças, e poderá permitir ao produtor, posteriormente, reduzir gastos com aplicações de fungicidas.

Figura 6 – Planta voluntária de soja com a presença de oídio, no pousio. Vitorino, PR. 2022



Fonte: Autoria própria (2023).

5 CONCLUSÕES

O nabo forrageiro é a planta de cobertura mais eficiente na produção de matéria seca no período do outono, mesmo quando o produtor tiver uma janela estreita de entressafra, cerca de 60 dias.

O Mix de plantas de cobertura Rx 210[®] + ervilhaca, deve ser inserido na área quando se tem uma janela maior de entressafra, cerca de 90 a 120 dias, pois têm estabelecimento mais lento.

O pousio, não é indicado, pois propicia o desenvolvimento de plantas daninhas, de difícil controle e de plantas voluntárias hospedeiras de doenças.

O nabo forrageiro acumulou maior quantidade (kg ha^{-1}) de carbono. O pousio apresentou o menor valor de C acumulado.

Maior relação C/N ocorreu no mix Rx 210[®] + ervilhaca. O nabo forrageiro apresentou a menor relação C/N.

A melhor opção para o produtor neste período de entressafra outonal, quando se tem um período de até 60 dias, é o nabo forrageiro. Porém, quando se tem um período de até 120 dias de entressafra, a melhor escolha é o mix de cobertura. Não é recomendado manter a área em pousio.

REFERÊNCIAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, p. 601–612, 2003. ISSN 1806-9657. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/nm8Bx48nWB3HvxNdQcq4vWz/?lang=pt>. Acesso em: 02 dez. 2021.
- ALVARENGA, R. C. *et al.* Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 25–36, 2001.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no rs e sc adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista brasileira de ciência do solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, p. 241–248, 2002. ISSN 1806-9657. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/tKDcydr6PVW6MVJf3j8p4Bs/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 30 nov. 2021.
- BORTOLLI, B. B. d. **Análise estatística, tabelas e gráficos do experimento com plantas de cobertura outonais**. Pato Branco: [s.n.], 2023. Elaborado com auxílio de pacotes Genes, R (não publicado).
- CONCEIÇÃO, P. F. A. L. L. V. V. B. K. F. O. P. C. Uso e manejo de plantas de cobertura na entressafra soja-trigo. **Revista Plantio Direto**, v. 1, p. 24–29, 2021. Disponível em: <https://www.plantiodireto.com.br/artigos/15>. Acesso em: 06 maio 2023.
- CRUSCIOL, C. A. C. *et al.* Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 161–168, 2005. ISSN 0100-204X. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2005000200009&lng=pt&tling=pt. Acesso em: 02 dez. 2021.
- CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, SciELO Brasil, v. 35, n. 3, p. 271–276, 2013. Acesso em: 21 ago. 2013.
- DONEDA, A. *et al.* Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1714–1723, 2012. ISSN 1806-9657. Publisher: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbcs/a/QPF8jdNnNzVkgCw6xJfbMvw/?format=html>. Acesso em: 02 dez. 2021.
- EMBRAPA. **Sistema plantio direto**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto>. Acesso em: 02 maio 2023.
- Equipe Mais Soja. **Mix de cobertura como alternativa no inverno**. 2021. Disponível em: <https://maissoja.com.br/mix-de-cobertura-como-alternativa-no-inverno/>. Acesso em: 30 out. 2021.
- FARTRIGO. **Fartrigo - Trigo e seus aspectos**. 2010. Disponível em: <http://www.fartrigo.com.br/fartrigo/trigo/trigo-e-seus-aspectos>. Acesso em: 25 nov. 2021.

FLORES, B. **Aconteça o que acontecer, não...** 2023. Disponível em: <https://www.pensador.com/frase/MzI5MzgZMg/>. Acesso em: 14 maio 2023.

GATZKE, V. **Uso de aveia preta e nabo forrageiro no período outonal sobre atributos físicos do solo e produtividade do trigo.** 2017. Dissertação (Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso)) — UFFS, Cerro Largo - RS, 2017. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br:8443/handle/prefix/1897>. Acesso em: 21 abr. 2023.

GIACOMINI, S. J. *et al.* Matéria seca, relação c/n e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 325–334, 2003. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000200012&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 30 out. 2021.

HEINRICH, R. *et al.* Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação c/n da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 331–340, 2001. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832001000200010&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 02 dez. 2021.

IBGE. **IBGE - Censo Agro 2017.** 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 01 dez. 2021.

JARDINE, T. D.; BARROS, J. G. **Nabo-forrageiro.** 2006. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn002wx5eo0sawqe38tspejq.html>. Acesso em: 25 nov. 2021.

LIMA, J. D. *et al.* Comportamento do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, v. 37, n. 1, p. 60–63, 2007. ISSN 1517-6398. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2530/253020279011.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2021.

LOPES, A. S. *et al.* Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo. **Associação Nacional para Difusão de Adubos**, p. 115, 2009. Disponível em: http://anda.org.br/wp-content/uploads/2018/10/Sistema_Plantio_Direto.pdf. Acesso em: 30 nov. 2021.

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta: I - produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, FapUNIFESP (SciELO), v. 36, n. 5, p. 1553–1567, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/v95pVsmxGCqHGdFyXYJQRFD/?lang=pt#>. Acesso em: 06 maio 2023.

MARSCHALL, L. S. **Variabilidade na distribuição de resíduo da soja durante a colheita e seu efeito sobre a produção de matéria seca do nabo forrageiro em sucessão.** 2021. Dissertação (Monografia - Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal da Fronteira Sul, 2021. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/4306>. Acesso em: 06 maio 2023.

NITSCHKE, P. R. *et al.* **Atlas climático do estado do Paraná.** Londrina (PR): Instituto Agrônomo do Paraná, 2019. Disponível em: <http://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf>. Acesso em: 29 out. 2021.

PREVEDEL, D. **Por que o mix de plantas de cobertura é uma boa opção para sua lavoura?** 2021. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/mix-de-plantas-de-cobertura/>. Acesso em: 03 maio 2023.

R Core Team. **A language and environment for statistical computing**. 2019. Disponível em: <https://www.rproject.org/>. Acesso em: 20 nov. 2021.

REDIN, M. **Produção de biomassa, composição química e decomposição de resíduos culturais da parte aérea e raízes no solo**. 2014. Tese (Tese) — Universidade Federal de Santa Maria, 2014. Accepted: 2019-02-13T14:42:18Z Journal Abbreviation: Biomass production, chemical composition and decomposition of crop residues from shoot and roots in soil. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/15629>. Acesso em: 02 dez. 2021.

SANTOS, H. G. d. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, A. A. d. *et al.* Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v. 37, p. 928–935, 2007. ISSN 0103-8478, 1678-4596. Publisher: Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/cr/a/R9VYVwbr8zGNhkfMzT6CXZC/?lang=pt>. Acesso em: 02 dez. 2021.

TEDESCO, M. J. *et al.* **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS: UFRGS, 1995. v. 5.

TORRES, J. L. R. *et al.* Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 609–618, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/3QSGJYKdF9G3TjDwmWZ5LNF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 nov. 2021.

VIOLA, R. *et al.* Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p. 90–100, 2013. ISSN 1678-4499, 0006-8705. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052013000100012&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 02 dez. 2021.

WENZEL, B. J. Indicadores físicos do solo e desempenho da cultura do trigo sob diferentes plantas de cobertura. Universidade Federal da Fronteira Sul, 2022. Disponível em: <https://rd.ufes.edu.br:8443/handle/prefix/5600>. Acesso em: 21 abr. 2023.