

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

FELIPE LUNARDELLI SANDRIN

**BIOMASSA, TEOR DE NITROGÊNIO E RELAÇÃO C/N DE
MIXES DE PLANTAS DE COBERTURA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DOIS VIZINHOS
2022**

FELIPE LUNARDELLI SANDRIN

**BIOMASSA, TEOR DE NITROGÊNIO E RELAÇÃO C/N DE
MIXES DE PLANTAS DE COBERTURA**

Biomass, nitrogen content and c/n ratio of ground cover plants mixes

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação pelo curso de Bacharelado em Agronomia, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Conceição.

Co-orientador: Me. Cidimar Cassol.

**DOIS VIZINHOS
2022**



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

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

FELIPE LUNARDELLI SANDRIN

**BIOMASSA, TEOR DE NITROGÊNIO E RELAÇÃO C/N DE
MIXES DE PLANTAS DE COBERTURA**

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

Data de aprovação: 23/Junho/2022

Paulo Cesar Conceição
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos

Laercio Ricardo Sartor
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos

Maicon Reginatto
Mestrado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos

DOIS VIZINHOS

2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida.

À minha família por todo o apoio e incentivo nesta longa jornada.

À UTFPR pela oportunidade além de sua excelente estrutura.

Ao professor orientador, Dr. Paulo Cesar Conceição por toda a orientação e confiança empregada desde o início da iniciação científica.

Ao meu Co-orientador Me. Cidimar Cassol pelo aceite do convite e por toda a orientação e críticas construtivas, além do auxílio nas atividades à campo.

Ao Grupo de Pesquisa em Manejo e Conservação do Solo por todo o carisma e auxílio nas atividades à campo e laboratoriais. Em especial aos colegas Angela Tomazoni, Caroline Aparecida Dresch, Ezequiel Dal Bosco, Édina Batista, Érica Batista, Leandro Minatti, Maiara Karini Haskell, Maicon Reginato.

À Raix Sementes pela parceria para a realização do presente estudo.

Aos funcionários da UTFPR-DV, em especial aos tratoristas e amigos Sidinei Kurkievicz e Domingos dos Reis.

Enfim, meu muito obrigado a todos que direta ou indiretamente auxiliaram neste trabalho.

A rentabilidade da lavoura é proporcional ao conhecimento aplicado por hectare.
Dirceu Gassen

RESUMO

SANDRIN, Felipe Lunardelli. **Biomassa, teor de nitrogênio e relação c/n de mixes de plantas de cobertura.** 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, Paraná, 2022.

A agricultura tradicional com práticas voltada para o cultivo intensivo, monocultura e com áreas sob pousio pode acarretar em degradação ambiental comprometendo a segurança alimentar. O emprego de plantas de cobertura promove diversos benefícios ao sistema de cultivo gerando melhorias nas condições químicas físicas e biológicas do solo aumentando a eficiência do uso dos insumos agrícolas, o qual misturas de espécies em consórcios/mixes podem fornecer multifuncionalidade ao sistema almejando a sustentabilidade ambiental. Diante disto, objetivou-se avaliar a produção de biomassa e acúmulo de nitrogênio (N) de mixes de plantas de cobertura e aveia solteira ao longo do seu ciclo de cultivo. O experimento foi conduzido na área orgânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos. Composto por oito tratamentos, sendo dois tratamentos com duas cultivares de Aveia Preta (*Avena strigosa Schreb* cv. IPR 61 e cv. BRS 139) de forma solteira e seis mixes comerciais (Rx 110; Rx 210; Rx 220; Rx 330; Rx 520; Rx 610) com diferentes combinações de espécies: Aveia Branca (*Avena sativa*); Aveia Preta (*Avena strigosa Schreb*); Centeio (*Secale cereale L.*); Ervilhaca (*Vicia sativa L.*); Ervilha Forrageira (*Pisum sativum L. subespécie arvense*); Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus L.*) e Nabo pivotante (*Raphanus sativus var. oleiformis Pers.*). O delineamento experimental foi em faixas, contendo três blocos, totalizando 24 parcelas com dimensões de 5x40 m, com área total experimental de 4.800 m². Foram avaliados a taxa de cobertura do solo dos 24 aos 69 dias após o plantio (DAP) e a produção de biomassa verde, massa seca (MS), teor de nitrogênio (TN), acúmulo de N e relação C/N quinzenalmente dos 15 aos 120 DAP. Aveia BRS 139 de forma solteira aos 39 e 54 DAP e juntamente com os mixes Rx 110 e Rx 210 aos 24 DAP, obtiveram as maiores taxas de cobertura de solo. Aos 69 DAP a taxa de cobertura do solo foi maior para as aveias solteiras e para os mixes comerciais Rx 220, Rx 330 e Rx 610. A produção de biomassa e massa seca obteve-se diferenças em seu comportamento a partir dos 60 DAP obtendo-se os maiores acúmulos aos 90 e 105 DAP para biomassa verde e aos 105 e 120 DAP para massa seca. As misturas comerciais Rx 330, Rx 520 e Rx 610 se destacaram para a variável TN dos 60 aos 120 DAP, com excessão do Rx 520 aos 120 DAP. O N acumulado apresentou maiores valores aos 90, 105 e 120 DAP, tendo destaque para os mixes Rx 210, Rx 520 e Rx 610 na média geral e aos 105 DAP. A relação C/N dos materiais foram maiores para os tratamentos com aveia solteira e Rx 110 aos 90 e 105 DAP. Os mixes com plantas de cobertura permitiram uma relação C/N mais equilibrada, possibilitando uma melhor qualidade do resíduo.

Palavras- chave: cobertura de solo; consórcio de espécies; culturas de inverno; matéria seca; nutriente;

ABSTRACT

SANDRIN, Felipe Lunardelli. **Biomass, nitrogen content and c/n ratio of ground cover crops mixes.** 44 f. Course Conclusion Work I (Agronomy Course). Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos, Paraná, 2022.

Traditional agriculture with practices aimed at intensive cultivation, monoculture and with areas under fallow can lead to environmental degradation, compromising food security. The use of cover crops promotes several benefits to the cropping system, generating improvements in the physical and biological chemical conditions of the soil, increasing the efficiency of the use of agricultural inputs, which mixtures of species in consortia/mixes can provide multifunctionality to the system aiming at environmental sustainability. Therefore, the objective was to evaluate the biomass production and nitrogen (N) accumulation of cover crops and single oat mixes throughout their cultivation cycle. The experiment was carried out in the organic area of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos. Composed of eight treatments, two treatments with two cultivars of Black Oat (*Avena strigosa Schereb* cv. IPR 61 and cv. BRS 139) in a single form and six commercial mixes (Rx 110; Rx 210; Rx 220; Rx 330; Rx 520 ; Rx 610) with different species combinations: White Oat (*Avena sativa*); Black Oat (*Avena strigosa Schereb*); Rye (*Secale cereale L.*); Vetch (*Vicia sativa L.*); Fodder pea (*Pisum sativum L.* arvense subspecies); Forage Turnip (*Raphanus sativus L.*) and Spinning Turnip (*Raphanus sativus* var. oleiformis Pers.). The experimental design was in strips, containing three blocks, totaling 24 plots with dimensions of 5x40 m, with a total experimental area of 4,800 m². The soil cover rate from 24 to 69 days after planting (DAP), green biomass production, dry mass (DM), nitrogen content (TN), N accumulation and C/N ratio were evaluated fortnightly from 15 at 120 DAP. Oats BRS 139 in single form at 39 and 54 DAP and together with the mixes Rx 110 and Rx 210 at 24 DAP, they obtained the highest soil cover rates. At 69 DAP, the soil cover rate was higher for single oats and for commercial mixes Rx 220, Rx 330 and Rx 610. The production of biomass and dry mass showed differences in their behavior from 60 DAP, obtaining the highest accumulations were found at 90 and 105 DAP for green biomass and at 105 and 120 DAP for dry mass. The commercial mixtures Rx 330, Rx 520 and Rx 610 stood out for the variable TN from 60 to 120 DAP, with the exception of Rx 520 to 120 DAP. The accumulated N presented higher values at 90, 105 and 120 DAP, with emphasis on the mixes Rx 210, Rx 520 and Rx 610 in the general average and at 105 DAP. The C/N ratio of the materials was higher for the treatments with single oat and Rx 110 at 90 and 105 DAP. The mixes with cover plants allowed a more balanced C/N ratio, allowing for a better quality of the residue.

Keywords: ground cover; species consortium; winter crops; dry matter; nutrient;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Vista aérea da área experimental de condução do experimento	22
Figura 2 - Precipitação acumulada e temperatura média quinzenais durante o período de execução do experimento (2020). UTFPR, Dois Vizinhos - PR, 2022.	23
Figura 3 - Taxa de cobertura do solo (%) pelos mixes aos 24, 39, 54 e 69 dias após o plantio (DAP)	26
Figura 4 - Biomassa verde de mixes de plantas de cobertura ao longo do tempo de cultivo ...	28
Figura 5 - Massa seca de mixes de plantas de cobertura ao longo do tempo de cultivo	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição dos tratamentos e densidade de semeadura	24
Tabela 2 - Teor de nitrogênio (TN), nitrogênio acumulado e relação C/N de mixes de planta de cobertura	32

LISTA DE ABREVIATURAS

C- Carbono

C/N- Relação carbono/nitrogênio

Ca- Cálcio

DAP- Dias após o plantio

Ha⁻¹- Hectare

m- Metros

m²- Metros quadrados

Mg- Megagrama

mm- Milímetros

MOS- Matéria Orgânica do Solo

N- Nitrogênio

N₂O- Óxido nitroso

PD- Plantio Direto

SPD- Sistema Plantio Direto

TN – Teor de nitrogênio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 Sistema plantio direto	15
3.2 Plantas de cobertura do solo	16
3.2.1 Aveia (<i>Avena spp.</i>)	19
3.2.2 Centeio (<i>Secale cereale L.</i>).....	19
3.2.3 Ervilhaca (<i>Vicia spp.</i>)	20
3.2.4 Ervilha Forrageira (<i>Pisum sativum L. subespécie arvense</i>).....	20
3.2.5 Nabo Forrageiro (<i>Raphanus sativus L.</i>).....	21
3.2.6 Nabo pivotante (<i>Raphanus sativus var. oleiformis Pers.</i>).....	21
4.1 Localização e caracterização da área experimental	22
4.2 Tratamentos e delineamento experimental	23
4.3 Parâmetros avaliados	24
4.4 Análises estatísticas	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 Taxa de cobertura do solo.....	26
5.2 Produção de biomassa verde e massa seca	27
5.3 Teor de nitrogênio, nitrogênio acumulado e relação C/N	31
6 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
APÊNDICES	42

1 INTRODUÇÃO

O Plantio Direto (PD) surgiu no Brasil na década de 70 com o principal objetivo de amenizar os problemas com a erosão pelo fato de anular o revolvimento e preparo do solo para a semeadura. Embasando-se em três premissas primordiais, a nomenclatura passou a ser chamada de Sistema Plantio Direto (SPD), que para seu sucesso necessita da prática do “Mínimo revolvimento do solo; Rotação de culturas; e Cobertura permanente do solo”. Atualmente temos uma grande área sob PD no Brasil, porém a porcentagem do emprego do verdadeiro SPD é baixa.

Apesar de inúmeras políticas estaduais e nacionais a respeito da adoção das técnicas de conservação, ainda se observa falhas na adoção, como a ausência de cobertura do solo, rotação de culturas e terraceamento bem como áreas em pousio com grande carga de insumos externos o que acarreta diversos malefícios para o sistema de produção, como o aumento da susceptibilidade a erosão, perda de matéria orgânica (MO) que leva a degradação das propriedades do solo.

Visto que a região Sul possui alto potencial para a melhoria do solo no período de inverno pelo fato das condições climáticas e do sistema de cultivo serem favoráveis, pois ocorre a diminuição das áreas por culturas de interesse econômico (CALEGARI; DONIZETI, 2014) além de áreas sob pousio, acaba possibilitando a inserção de plantas de cobertura no sistema, cultivadas de forma solteira ou em mixes (consorciadas).

Conforme Faleiros (2020), a soja tem sido a cultura mais empregada na primeira safra na maior parte dos estados pelo menor risco e maior retorno a curto prazo. No Sudoeste do Paraná tem-se diferentes sistemas produtivos possibilitando o uso de plantas de cobertura no período de entressafra bem como na rotação. Os principais arranjos produtivos compreende-se os sistemas soja/milho e ou feijão/aveia preta, milho/feijão/aveia preta ou ainda, soja/feijão/trigo, com ênfase na sucessão soja/trigo e também soja/milho, que são as mais utilizadas (ALVES, 2021).

Com soja safra, é possível sua colheita em início a final de fevereiro dependendo do ciclo, logo, tendo como opção milho safrinha onde este é colhido em Junho/Julho, onde é possível a inserção de plantas de cobertura após milho safrinha, porém depende da janela de semeadura para a próxima cultura e das condições climáticas. Também, tem a adoção do feijão na safrinha ao invés do milho safrinha, onde após a sua colheita possibilita a inserção de das culturas de cobertura em áreas ausentes de trigo.

Para o produtor que implanta o trigo no inverno, tem uma janela de implantação para culturas de cobertura estivais (verão) por conta das condições climáticas na janela pós-soja safra e pré-trigo. Já para os produtores que a semeadura mais tardia na safra e que suas áreas não recebem trigo, torna-se uma ótima opção a inserção das plantas de cobertura, onde dependendo o ciclo das espécies e sua composição nos mixes, pode ser implantada em áreas pré-milho ou em pré-soja.

Dentre estes diversos sistemas de produção que englobam as propriedades, para a utilização dos mixes nas janelas de entressafra, devemos levar em consideração o ciclo e a cultura sucessora, a fim de que estas plantas entreguem o máximo do potencial produtivo e com isso maximizando os benéficos ao sistema. Em semeadura de soja na safra (semeadura em outubro), podemos inserir mixes com alta produção de biomassa e com ciclo mais tardio, possibilitando alta quantidade de palhada. Já mixes pré-milho (semeadura em setembro), torna-se interessante o emprego de mixes com leguminosas, visto a necessidade de N da cultura do milho, e com relação C/N mediana, para que não ocorra imobilização de N pelos microrganismos na fase inicial de desenvolvimento da cultura.

O emprego de plantas de cobertura hibernais (inverno), em forma de mixes, geram melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, fornecendo vantagens econômicas ao sistema. Possuem potencial de produção de biomassa que permite a cobertura do solo, bem como acumular nutrientes em seus tecidos, resultando na sua disponibilização para a cultura sucessora. Além disto, em função da diversidade de raízes permite estruturar o solo aumentando os bioporos, possibilitando maior infiltração de água para o perfil, obtendo-se assim uma estabilidade em períodos com escassez hídrica.

Por conta da diversidade de espécies nos mixes em comparação ao cultivo solteiro, é possível a ocupação de diferentes nichos pelas plantas pelo fato de uma única espécie deixar recursos não explorados para que as demais espécies sejam capazes de explorar. Podemos exemplificar com espécies de diferentes sistemas radiculares, o que permite um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis fornecendo as multifuncionalidades ao agroecossistema. Também pode ocorrer passagem do nitrogênio das fabáceas para as demais espécies do consórcio, evento este denominado de simbiose tripartite, o qual fungos micorrízicos arbusculares (FMA) colonizam em paralelo raízes de diferentes espécies acarretando na formação de uma rede, onde as hifas podem formar conexões quando as malhas fúngicas das diversas espécies se encontram no solo, possibilitando que os nutrientes sejam transferidos entre diferentes espécies de plantas (CRUZ; MARTINS, 1997).

Assim, possibilita obter uma agricultura mais sustentável, reduzindo a entrada de fertilizantes externos, promovendo boa cobertura do solo que durante o desenvolvimento das culturas comerciais, aumenta a capacidade do solo armazenar água acarretando no aumento da eficiência do uso de nutrientes.

Para alcançar a eficiência do uso das diversas espécies de plantas de cobertura devemos nos atentar para o posicionamento correto sob condições edafoclimáticas ideais para o cultivo de cada espécie, bem como o diagnóstico correto de sua utilização acarretando no fornecimento de todo o potencial de produção e entrega de melhorias para o sistema e incremento na produtividade das culturas sucessora.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a produção de biomassa e o acúmulo de nitrogênio de mixes de plantas de cobertura hibernais e aveia solteira, ao longo do seu ciclo de cultivo.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar ao longo do ciclo de cultivo o comportamento da produção de biomassa dos mixes de plantas de cobertura.

Determinar o acúmulo de Nitrogênio (N) presentes na biomassa das plantas de cobertura ao longo do ciclo.

Determinar a relação carbono/nitrogênio da biomassa.

Avaliar a taxa de cobertura do solo provenientes das plantas de cobertura.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sistema plantio direto

Na década de 70 surge a maior inovação na agricultura brasileira, o início do Plantio Direto (PD), pelo pioneiro Brasileiro Hebert Bartz no estado do Paraná. Tal técnica já era estudada na década de 50 pelos Ingleses e Norte-Americanos, na qual visava o cultivo sobre a palhada sem a necessidade de revolvimento do solo, minimizando principalmente os problemas de erosão (MOTTER; ALMEIDA, 2015).

Após houve uma evolução em sua nomenclatura, passando a ser chamado de Sistema Plantio Direto (SPD). Técnica mais complexa contendo três pilares: mínimo revolvimento do solo (apenas na linha da sementeira), diversificação de espécies pela rotação de culturas e a manutenção permanente da palhada sob a superfície do solo (CASSOL; DENARDIN; KOCHHANN, 2007; KASSAM; FRIEDRICH; DERPSCH, 2019).

No entanto, apesar de ser empregado o termo SPD, este não ocorre na sua essência nas propriedades. Por isso é sugerido uma separação entre PD e SPD para que seja adequado ao que, de fato, tem sido empregado pelos produtores e mensurado pelos órgãos de pesquisa. O termo PD nessa nova definição se refere a prática de manejo no qual o solo não sofre perturbação mecânica de base permanente, e a sementeira nas lavouras ocorre em sulcos abertos por uma semeadora diretamente na superfície coberta com biomassa de cultura, de safras anteriores, de safras de cobertura e safras semeadas e que estas permanecem na superfície do solo (LLANILLO et al., 2021).

Segundo Llanillo et al. (2021), o Brasil cresceu cerca de 84,9% de área no período de 2006 a 2017 onde atualmente emprega-se 33 milhões de hectares sob PD, porém a falta de rotação de culturas persiste e como consequência a degradação do solo tendo pouca adoção das premissas que rege o verdadeiro SPD, mesmo com inúmeros programas fomentados para a difusão das estratégias de conservação, a ocorrência de degradação ocasionada pela erosão possui alto potencial de perdas, podendo chegar a 600 milhões de toneladas de solo custando aproximadamente 1,3 bilhões de dólares anuais (DECHEN et al., 2015).

Em um estudo entrevistando agricultores na região do Paraná, Telles et al. (2022) verificaram que a maioria dos produtores entrevistados não compreendem adequadamente os pilares do SPD, onde tem-se uma baixa diversidade na rotação de culturas, além de que, o solo ainda sofre algum tipo de preparo, o que ocorre um desencontro com a sustentabilidade do sistema produtivo. Com isto, da área cultivada no estado do Paraná, estima-se que 10% pode

ser caracterizada como SPD por adotar técnicas de rotação de cultura ao invés da sucessão de culturas (POSSAMAI et al., 2022).

Dentro das premissas básicas a rotação de culturas, dada pela alternância de espécies no espaço e no tempo, possibilita o incremento de produtividade e auxilia na estabilidade frente os fatores abióticos e bióticos bem como na diminuição de insumos externos (FRANCHINI; COSTA; DEBIASI, 2011).

De fato, o uso das plantas de cobertura possibilita obter o êxito em duas premissas básicas do SPD, porém corriqueiramente ocorre a ausência de sua utilização onde comumente está interligada à falta de conhecimento das mesmas e na sua utilização, bem como na dificuldade enfrentada pelos produtores para a aquisição de sementes (REDIN et al., 2016).

Visto que a sustentabilidade do sistema de produção é dependente de resíduos na superfície do solo, especialmente advindo das plantas de cobertura do solo (REDIN et al., 2016) se faz necessário para uma adequada manutenção da cobertura do solo no período anual de no mínimo a adição de 6 Mg ha⁻¹ de resíduos (ALVARENGA et al., 2001). Pois apenas a prática isolada de PD não garante a sustentabilidade (FUENTES-LLANILLO et al., 2021).

3.2 Plantas de cobertura do solo

A adubação verde é considerada uma técnica milenar, onde foi comprovada no final do século XIX em que as fabáceas continham bactérias em suas nodosidades presentes nas raízes e dispunham da capacidade de fixação do N do ar (ROSSI; CARLOS, 2014). Porém, diante dos diversos benefícios, seu uso foi retraído principalmente nos anos 60 e 70 em decorrência da revolução verde tendo uma forte adoção pelos fertilizantes químicos, considerados como insumos modernos (WUTKE, 2007).

As plantas de cobertura possuem alta capacidade de efetuar serviços ecossistêmicos para o solo, protegendo-o e melhorando a sua qualidade. Tais benefícios de uso estão associados ao aumento de matéria orgânica do solo (MOS), sequestro de carbono (C); ciclagem de nutrientes; supressão de plantas invasoras; diversidade de espécies; quebra de ciclo de pragas e doenças; controle da erosão do solo; regulagem da temperatura do solo, que resultam na melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (ADETUNJI et al., 2020).

Além disto, quando passamos a adotar o uso das plantas de cobertura podemos atuar na diminuição da lixiviação de N para as águas subterrâneas e obter incremento no sequestro de C sem ocorrer efeitos significativos relacionados as emissões diretas de N₂O (ABDALLA et al., 2019).

Dentre as plantas de cobertura, as fabáceas se destacam pelo processo de fixação biológica do N_2 atmosférico, possibilitando seu acúmulo nos tecidos e posteriormente o fornecimento de N para a cultura sucessora (THILAKARATHNA et al., 2015) podendo substituir parcialmente a entrada de fertilizantes externos (WITTWER; VAN DER HEIJDEN, 2020). Estas, possuem baixa relação C/N ocasionando a rápida degradação de sua biomassa e mineralização de N quando se compara com espécies de poáceas (ABBASI et al., 2015), diminuindo assim sua persistência na superfície do solo.

Esta relação C/N das fabáceas fica na faixa de 20:1 possibilitando a maior disponibilização de nutrientes para a cultura sucessora, porém possíveis perdas de nitratos por lixiviação podem ocorrer. As poáceas possuem sua relação C/N por volta de 30:1, decompõem-se mais lentamente e possuem menor quantidade de N a ser disponibilizado, logo ocorre a busca de N do solo pelos microrganismos decompositores da biomassa podendo limitar à cultura sucessora (WUTKE, 2007).

Corriqueiramente as plantas de cobertura são empregadas de forma solteira (isolada) e recentemente têm-se buscado a utilização em misturas (mixes). A junção destas espécies promovem a combinação de benefícios, possibilitando um maior arranque e crescimento por parte das poáceas, agindo na proteção do solo, no mesmo tempo em que as fabáceas atuam na fixação do N (BLANCO-CANQUI et al., 2015). Isto permite uma relação C/N intermediária obtendo-se equilíbrio de sua decomposição (ZIECH et al., 2015).

Logo, para alcançarmos o êxito dos benefícios nos sistemas de cultivo, é necessário o emprego da diversidade de espécies pelas plantas de cobertura ao longo do tempo, podendo ser de grande valia para o aumento da MOS (JONES et al., 2020), pois ocorre o aumento anual de raízes, interações entre plantas-microrganismos da rizosfera e estabilização do C e N do solo (KALLENBACH et al., 2015). Além disto, os consórcios permitem que ocorra a liberação de N em menor tempo bem como a proteção do solo por período maior (MICHELON et al., 2019).

O emprego dos mixes proporciona uma diversidade de parte aérea em superfície e de raízes abaixo do solo, onde raízes profundas possibilitam uma maior eficiência no uso de N e diminuição de lixiviação do mesmo, bem como um maior incremento de C no perfil de solo (ABDALLA et al., 2019; DE NOTARIS et al., 2018). Também atuam no aumento da porosidade do solo e na estabilização dos agregados (RESTOVICH et al., 2019). Assim, a diversidade de espécies permite o fornecimento ao sistema de benefícios múltiplos (KRAMBERGER et al., 2014).

Com as misturas de plantas de cobertura no agroecossistema é possível combinar características funcionais de cada espécie, possibilitando que, em um único período de cultivo, possa ocorrer otimização de várias funções de cada espécie ao sistema, ou seja, que ocorra a multifuncionalidade provida pelas diversas espécies (BLESCH, 2018), proporcionando assim diversos benefícios nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SILVA et al., 2021).

Ocorrências da diminuição de produtividades no rendimento de grãos foram observadas, possivelmente ligados a imobilização de nutrientes (principalmente o N) que ocorre corriqueiramente pelo uso de gramínea antecessora da cultura principal. Para mitigar estes efeitos podemos estar implementando mixes com misturas de fabáceas e poáceas (ABDALLA et al., 2019), possibilitando uma relação C/N e disponibilidade de nutrientes numa forma mais equilibrada.

CHU et al., (2017) estudando espécies solteiras e consorciadas, obtiveram após 3 anos sob a mistura de fabáceas, poácea e brássicas incrementos na produtividade da soja, no teor de água do solo e do N inorgânico do solo quando comparado aos demais tratamentos com menor diversidade e ausência de cobertura.

A inclusão do uso das plantas de cobertura hibernais pode ser empregada nas épocas em que o produtor rural não faz o uso das culturas principais, com isso diminuindo as áreas de pousio e permitindo o retorno econômico positivo. Aliado a isto, temos uma grande diversidade de espécies com diferentes funções e benefícios ao sistema, onde podemos utiliza-las consorciadas no mesmo espaço bem como em rotações, permitindo ganhos na cultura sucessora principal, bem como na manutenção da fertilidade e sequestro de C para o sistema (REDIN et al., 2018).

A incidência de plantas invasoras é um dos principais entraves na área orgânica, mas a utilização de plantas de cobertura possibilita alcançar quantidades suficientes de biomassa bem como permite sua competição com as ervas daninhas (BÜCHI et al., 2018).

A produção de biomassa pelas culturas de cobertura podem sofrer variações por diversos fatores, tais como condições edafoclimáticas, espécies utilizadas, taxa de semeadura, sistema de cultivo, uso ou não da adubação nitrogenada se diferindo entre espécies (RUIS et al., 2019). Por exemplo, em um mesmo local, Redin et al. (2018) estudando diversos adubos verdes de inverno encontrou a menor produção de biomassa para a ervilhaca ($3,67 \text{ Mg ha}^{-1}$) e a maior quantidade de biomassa seca para a aveia preta ($7,98 \text{ Mg ha}^{-1}$) em cultivo solteiro de ambas, se diferindo conforme a espécie utilizada.

O potencial de acúmulo da biomassa se difere também conforme os estádios em que a planta se encontra, obtendo-se maior acúmulo entre o florescimento e o estágio de grão leitoso, onde o manejo permite a viabilização desta biomassa bem como de nutrientes para o solo (PADOVAN et al., 2012).

Dentre as principais espécies com potencial de cultivo no período outono/inverno, podemos destacar: Aveia Branca (*Avena sativa*); Aveia Preta (*Avena strigosa Schreb*); Centeio (*Secale cereale L.*); Ervilhaca (*Vicia sativa L.*); Ervilha Forrageira (*Pisum sativum L. subespécie arvense*); Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus L.*); Nabo pivotante (*Raphanus sativus var. oleiformis Pers.*).

3.2.1 Aveia (*Avena spp.*)

Pertencentes ao gênero *Avena*, encontram-se a Aveia preta (*Avena strigosa Schreb*) e Aveia branca (*Avena sativa*), no qual possui centro de origem na Ásia e Oriente Médio. Poácea amplamente utilizada no período de outono/inverno na região sul do Brasil, tanto na alimentação humana como para animais na forma de pastagens ou corte e ensilagem, bem como para a proteção do solo. Planta anual, autógama com inflorescência tipo panícula. Potencial de obter até 1,20 m de altura no florescimento, plantas eretas com sistema radicular fasciculado, além de apresentar baixa exigência a fertilidade (SORDI, 2019).

Em áreas sob PD comumente empregada com finalidade de cobertura de solo e adubo verde almejando a sustentabilidade do sistema, fornecendo quantidades significativas de palha, com alta relação C/N e lenta decomposição (FEDERIZZI et al., 2014). Além da rusticidade e resistência, possui ótima capacidade de perfilhar e produção de forragem, bem como a produção de silagem e feno (PEREIRA et al., 2016).

Ziech et al., (2015) estudando plantas de cobertura hibernais, encontrou valores médios nas safras estudadas para biomassa seca de 3,85 Mg ha⁻¹, acumulando cerca de 15 g kg⁻¹ de N e relação C/N de 29:1. Redin et al., (2018) encontrou valores para a biomassa seca em torno de 7,98 Mg ha⁻¹, com acúmulo de 13,1 g kg⁻¹ de N em seu tecido e relação C/N de 37:1. Além disto possui potencial de acúmulo de P e K (ZANELLA; LIPPSTEIN; CASSOL, 2019).

3.2.2 Centeio (*Secale cereale L.*)

Pertencente à família das poáceas, possui um sistema radicular fasciculado, possui hábito de crescimento ereto chegando a um ciclo de 140 a 150 dias com florescimento entre 60 a 90

dias. Potencial de produzir cerca de 20 a 30 Mg ha⁻¹ de massa verde e cerca de 2 a 5 Mg ha⁻¹ de biomassa seca (CALEGARI, 2016).

Possui crescimento inicial vigoroso, boa rusticidade, folhas lineares com coloração variando à verde-azuladas. Colmo ereto, glabro e cilíndrico além de possuir sua lígula membranosa com a presença da aurícula pequena (BAIER, 1994).

Segundo Calegari (2016), o centeio fornece algumas vantagens ao sistema, tais como alta capacidade recicladora de P e demais nutrientes, além de conter boa persistência da cobertura na superfície do solo e redução de inóculos de doenças presentes no solo.

3.2.3 Ervilhaca (*Vicia spp.*)

A ervilhaca comum (*Vicia sativa L.*) apresenta folíolos glabros, largos e arredondados. Flores solitárias azuladas, violácea ou arroxeadas que florescem entre 100 a 130 dias. Já a ervilhaca peluda (*Vicia villosa*) possui folíolos estreitos e pubescentes com inflorescência em forma de cacho, flores avermelhada-escura ou violáceas, florescendo dos 140 aos 160 dias. Ambas são espécie anual, herbácea com caule fino e flexível com hábito trepador sarmentoso (HERLING; TECHIO, 2016).

Possibilita alcançar 20 a 30 ton. de biomassa verde e 4 a 6 ton. de biomassa seca por ciclo, fixando cerca de 120 a 180 kg/ha de N (FORMENTINI, 2008). Redin et al. (2018) estudando diversos adubos verdes, obteve-se cerca de 3,7 Mg ha⁻¹ de biomassa seca com acúmulo de 38,3 g kg⁻¹ de N e uma relação C/N de 13:1.

Segundo Calegari (2006), são recomendadas antecedendo a cultura do milho chegando a acumular cerca de 80 a 100 kg de N/ha⁻¹. Isto vai de encontro com (VALICHESKI et al., 2020) no qual a ervilhaca proporcionou ganhos no sistema produtivo pelo suprimento de N para o milho.

Além da sua qualidade para alimentação animal em forma de forragem, seu uso torna-se especial na adubação verde, sendo periodicamente adotado em agroecossistemas em formato consorciado com aveia preta e nabo forrageiro (REDIN et al., 2016). Assim, é uma espécie com alto potencial de fixação de N e reciclagem de nutrientes (ORTIZ et al., 2014).

3.2.4 Ervilha Forrageira (*Pisum sativum L. subespécie arvense*)

Espécie fabácea pouco difundida pela falta de informações, na qual compreende-se uma planta anual de clima temperado com hábito trepador, empregada na adubação verde pela

rusticidade, crescimento rápido permitindo boa capacidade de cobrir o solo chegando em média a 5,0 Mg ha⁻¹ de biomassa seca bem como na fixação de N acumulando até 200 kg ha⁻¹ de N (REDIN et al., 2016). Planta herbácea, rápido crescimento auxiliando na cobertura de solo com ciclo variando de 70 a 120 dias (WUTKE, 2007).

Redin et al., (2018) encontrou uma produção de 5,4 Mg ha⁻¹ de biomassa seca, acumulando cerca de 43,2 g kg⁻¹ de N com relação C/N de 11:1.

3.2.5 Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus L.*)

Pertencente à família das Brassicaceae (antiga Crucífera), anual, herbácea, bastante ramificada e ereta podendo chegar até 1,8m de altura (DERPSCH; CALEGARI, 1992).

Grande uso na adubação verde por proporcionar através de seu sistema radicular a descompactação de camadas adensadas presentes no solo além do potencial de produção de biomassa seca alta de 3,5 a 8,0 Mg ha⁻¹ (REDIN et al., 2016). Além disto, possui alta taxa de crescimento e ciclo curto com baixo custo de implantação (AMADO et al., 2002).

Possui relação C/N mediana disponibilizando mais rapidamente os nutrientes a cultura sucessora, visto que possui papel importante na reciclagem de nutrientes acumulando altos teores de P, K, Ca e Mg (ROSSI; CASTRO, 2012).

Conforme Redin et al., (2018) observou valores, respectivamente, para a produção de biomassa seca, acúmulo de N e relação C/N de 6,81 Mg ha⁻¹, 17,4 g kg⁻¹ e 26:1. Haskel (2017) verificou uma produção média de biomassa seca para o nabo forrageiro de 3,8 Mg ha⁻¹.

3.2.6 Nabo pivotante (*Raphanus sativus var. oleiformis Pers.*)

Espécie anuária de inverno, pertencente à família das Brassicaceae possuindo na base das folhas pelos rígidos e retos, sendo também utilizado na alimentação (Radford et al., 1987). Em comparação ao nabo forrageiro, o pivotante possui uma raiz mais espessa e ramificada, além de um maior grau de resistência ao período de inverno porém não toleram sombra, condições alagadas e solos pobres em N (WEIL et al., 2006).

Pelo fato de possuir um enraizamento profundo, esta cultura permite algumas vantagens, tais como: a descompactação biológica do solo, absorção de N em maiores profundidades, maior cobertura e sombreamento em ervas daninhas, amenizam pragas do solo (como nematoides), potencial para produção de óleo (JACOBS, 2012). Winger et al. (2012) encontrou cerca de 3,8% de N acumulado na biomassa nas folhas e aproximadamente 2,5% em suas raízes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O presente estudo foi conduzido na Estação Experimental Unepe Orgânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Dois Vizinhos (**Figura 1**), a qual se encontra na latitude de 25° 42' 52" S e longitude de 53° 03' 94" O, à 520 metros acima do nível do mar. O solo do local, segundo Cabreira (2015) é classificado como Latossolo Vermelho. O clima da região segundo Köppen é do tipo Cfa (C: subtropical úmido, com mês mais frio entre 18 e +/-3°C; f: sempre úmido, com chuva todos os meses do ano; a: verão quente com temperaturas do mês mais quente superior a 22°C) (ALVARES et al., 2013), com aproximadamente 2010 mm de precipitação média anual (VIEIRA et al., 2018).

A área de implantação do estudo era conduzida para a produção de grãos na forma convencional, com manejo específico de produtor rural com a principal cultura da soja e a partir de 2018 a área está em transição para o cultivo de grãos na forma orgânica, com manejos de rotação de culturas e SPD. Após este período a área vem recebendo rotação de cultura e principalmente plantas de cobertura, o qual anteriormente ao estudo, no período de inverno em 2019 tinha-se instalada mistura de aveia+ervilhaca, na safra verão 19/20 a área recebeu soja e após então houve a instalação do presente estudo.

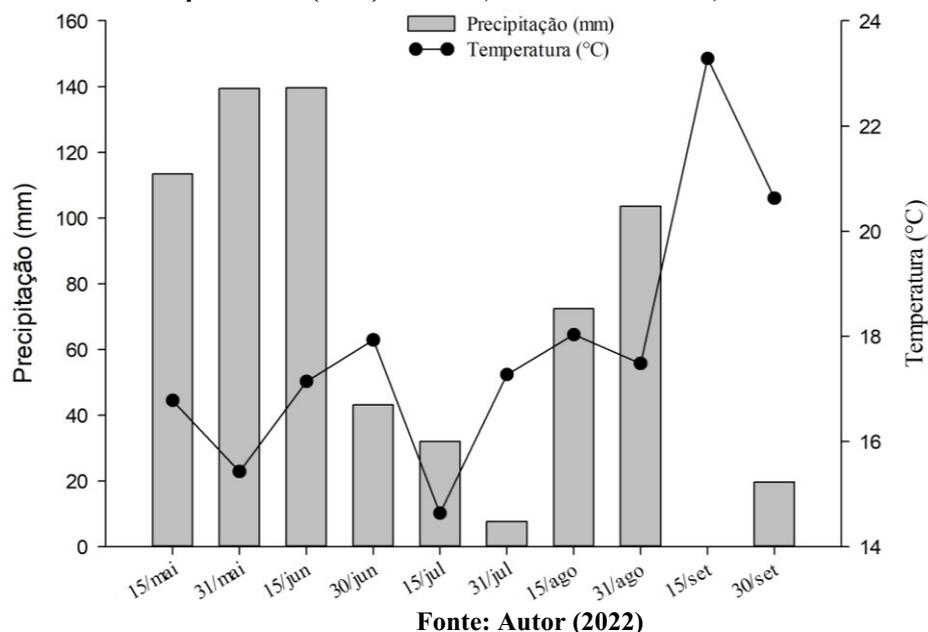
Figura 1 - Vista aérea da área experimental de condução do experimento



Fonte: Adaptado de DV Drones (2020)

Os dados climáticos referente a precipitação e temperatura média do ar quinzenais do período de execução do experimento foram obtidos através da estação meteorológica INMET instalada no próprio Câmpus da UTFPR (Figura 2).

Figura 2 - Precipitação acumulada e temperatura média quinzenais durante o período de execução do experimento (2020). UTFPR, Dois Vizinhos - PR, 2022.



4.2 Tratamentos e delineamento experimental

Foram empregados 8 tratamentos, sendo 6 utilizando mixes de plantas de cobertura comercial (Rx 110[®]; Rx 210[®]; Rx 220[®]; Rx 330[®]; Rx 520[®]; Rx 610[®]) e 2 tratamentos com aveia solteira (testemunha), mais cultivada na região por parte dos produtores, na qual estas se diferenciam pelo ciclo (BRS 139 torna-se mais precoce que IPR 61). As espécies que contemplaram os diversos mixes são: Aveia Branca (*Avena sativa*); Aveia Preta (*Avena strigosa Schereb*); Centeio (*Secale cereale L.*); Ervilhaca (*Vicia sativa L.*); Ervilha Forrageira (*Pisum sativum L. subespécie arvense*); Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus L.*); Nabo pivotante (*Raphanus sativus var. oleiformis Pers.*).

A composição de plantas de cada tratamento, bem como a densidade de semeadura estão descritos na tabela 1.

Tabela 1- Composição dos tratamentos e densidade de semeadura

Tratamento	Nome Comum	Cultivar	Dens. Semeadura (Kg/ha)
Rx 110 [®]	Aveia Branca	URS Taura	70
	Centeio	BRS Progresso	
	Nabo Forrageiro	IPR 116	
Rx 210 [®]	Aveia Branca	IPR Esmeralda	50
	Aveia Preta	BRS 139	
	Centeio	BRS Progresso	
	Nabo Forrageiro	IPR 116	
	Nabo Pivotante	Japonês Minowase	
Rx 220 [®]	Aveia Branca	IPR Esmeralda	45
	Aveia Preta	BRS 139	
	Centeio	BRS Progresso	
	Nabo Pivotante	Japonês Minowase	
Rx 330 [®]	Aveia Preta	IPR 61	40
	Centeio	BRS Serrano	
	Ervilhaca	SS Esmeralda	
	Ervilhaca	SS Combate	
Rx 520 [®]	Aveia Branca	IPR Esmeralda	50
	Centeio	BRS Serrano	
	Ervilha Forrageira	IPR 83	
	Nabo Pivotante	Japonês Minowase	
Rx 610 [®]	Aveia Preta	IPR 61	45
	Ervilhaca	SS Combate	
	Ervilhaca	SS Esmeralda	
	Nabo Pivotante	Japonês Minowase	
Aveia Preta	Aveia Preta	IPR 61	70
Aveia Preta	Aveia Preta	BRS 139	90

Fonte: Autor (2022)

A semeadura dos materiais foi realizada em 18 maio de 2020, utilizando semeadora múltipla, com espaçamento de 0,17 m entre linhas e adubação de base ausente. A área foi monitorada perante infestações de insetos-pragas e plantas daninhas, o qual foi realizado uma aplicação de azadiractina 1% (óleo de neem) contra *Diabrotica speciosa* além do controle de formigas com bioísca (*Tephrosia candida* 335 g/kg).

O delineamento experimental empregado foi de blocos ao acaso, contendo três blocos (repetições), totalizando 24 parcelas com dimensões de 5x40 m, com área de 200m² cada parcela e área total experimental de 4.800 m².

4.3 Parâmetros avaliados

As plantas de cobertura foram avaliadas quanto a taxa de cobertura do solo aos 24; 39; 54 e 69 dias após o plantio (DAP) pelo método do número de interseções (FÁVERO, et all., 2001, apud ALVARENGA, 1993). Onde utilizou-se um quadrado metálico de dimensões 0,5x0,5m (0,25m²), com rede de barbantes espaçados constantemente onde a interseção entre os dois barbantes compreende-se um ponto. Contabilizou-se o somatório das interseções que

tocam a vegetação em relação a área total dos pontos da rede de barbantes concedendo a percentagem de cobertura do solo. Realizou-se três vezes em cada tratamento para posterior realização da média por tratamento.

A partir dos 45 DAP, quinzenalmente foi realizado a coleta de biomassa (45, 60, 75, 90 e 105 DAP), utilizou-se um quadrado de área conhecida ($0,25\text{m}^2$) lançado aleatoriamente sob a parcela, onde as amostras foram identificadas e determinado a massa verde (MV). Posteriormente as amostras foram acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar por aproximadamente 72 horas à 55°C , até obter a massa constante para determinação da massa seca (MS), utilizando para a pesagem uma balança de precisão.

Posteriormente, a biomassa seca foi moída em moinho tipo Willey em malha de 2 mm para a determinação do N total dos tecidos (g kg^{-1}) por meio da digestão e destilação por semi-micro Kjeldahl (Tedesco et al., 1995) e carbono orgânico pelo método de Yeomans e Bremner (1988), utilizando-se o bloco digestor. Com base nos teores de C e N foi calculada a relação C/N.

4.4 Análises estatísticas

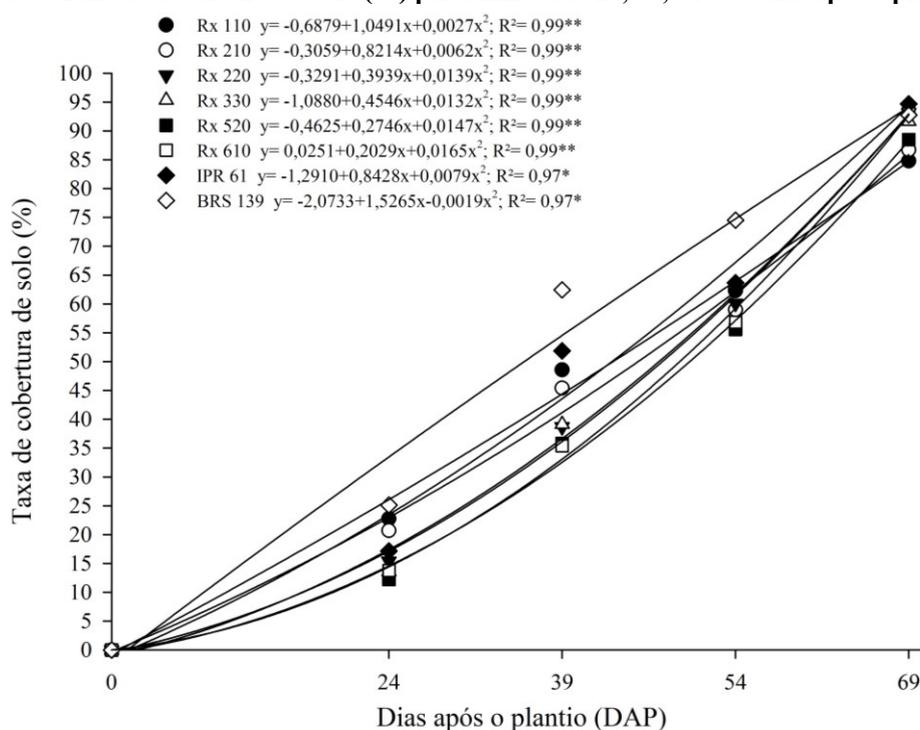
Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) teste f, as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do software GENES (CRUZ, 2016). Para a cobertura de solo foi empregada regressão não linear, ajustando-se ao modelo polinomial quadrática $[(y=y_0+a*x+b*x^2)]$. Para MV e MS, utilizou-se modelo de regressão não linear ajustadas ao modelo polinomial cúbica $[(y=y_0+a*x+b*x^2+c*x^3)]$ através do uso do software SigmaPlot® 11.0 (SYSTAT, 2008).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Taxa de cobertura do solo

A taxa de cobertura do solo apresentou comportamento diferenciado em função dos tratamentos (Figura 3) (Apêndice 1), onde aos 24 DAP, os tratamentos Rx 110, Rx 210 e Aveia BRS 139 apresentaram as maiores taxas de cobertura do solo, ficando com valores de 23, 21 e 25% respectivamente. Possivelmente o resultado pode estar associado ao ciclo precoce desses materiais, estabelecendo-se assim mais rapidamente, além do fato dessas misturas comerciais possuir nabo forrageiro, cultura esta que possui folhas grandes, largas e ter crescimento inicial rápido (SANTOS; REIS, 2003).

Figura 3 - Taxa de cobertura do solo (%) pelos mixes aos 24, 39, 54 e 69 dias após o plantio (DAP)



*; ** significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ respectivamente. Fonte: Autor (2022)

Aos 39 e 54 DAP, a maior taxa de cobertura do solo foi obtida com a Aveia BRS 139, se destacando dos demais tratamentos com 62% e 74%, respectivamente. Isto demonstra a importância de se utilizar esta cultura, além de ser uma das culturas de cobertura mais utilizada no sul brasileiro, possui rusticidade, ciclo adequado para demais culturas comerciais e facilidade de se encontrar sementes (SILVA et al., 2006).

Já aos 69 DAP, os tratamentos Rx 220, Rx 330, Rx 610, Aveia IPR 61 e Aveia BRS 139 apresentaram as maiores taxas de cobertura de solo com valores de 93, 92, 94, 95 e 93% respectivamente. Estes valores vão de encontro com os obtidos por Wolschick et al. (2016) aos

75 dias após a emergência para a maior taxa de cobertura do solo pelo consórcio entre aveia + ervilhaca + nabo forrageiro e ervilhaca solteira, onde estas culturas fazem parte dos tratamentos com melhor desempenho no presente estudo aos 69 DAP.

Jungbluth et al. (2020) estudando taxa de cobertura com a cultura da aveia-preta e nabo-forrageiro solteiro e diferentes densidades da mistura de ambos, verificaram valores similares ao presente estudo para aveia solteira, com cerca de 74% de cobertura de solo aos 56 DAP, porém não houve diferença significativa.

O mesmo autor verificou aos 49 DAP valores já superiores a 70% de cobertura para os consórcios, já no presente estudo, as misturas comerciais demoraram mais para atingir estes valores, o que pode estar associado às diferentes espécies nas misturas comerciais, visto que o autor apenas utilizou duas culturas que possuem um crescimento rápido e potencial maior de cobertura. Já no ano seguinte de avaliação, encontrou aos 28 DAP valores acima de 80% para ambos os tratamentos, demonstrando que pode haver diferenças a cada ano.

5.2 Produção de biomassa verde e massa seca

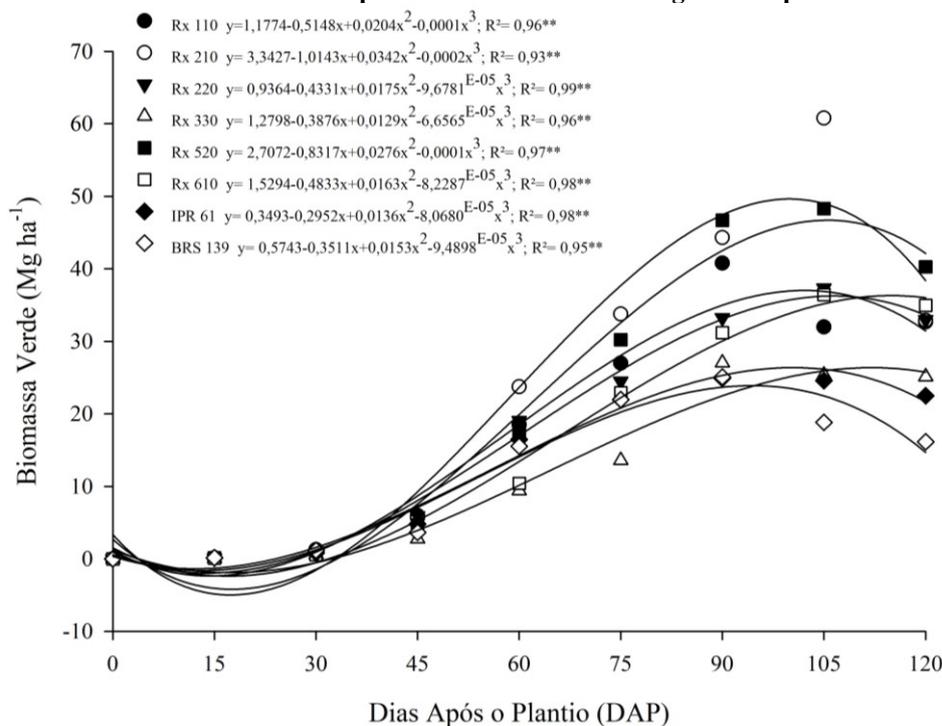
A partir dos 60 DAP, os tratamentos apresentaram diferença no comportamento para a produção de biomassa verde (Figura 4), onde os tratamentos Rx 110, Rx 330 e Aveia BRS 139 obtiveram o máximo de acúmulo aos 90 DAP (Figura 5), com valores de 41, 27 e 25 Mg ha⁻¹ respectivamente.

Os demais tratamentos tiveram seu máximo acúmulo de biomassa verde aos 105 DAP, com valores de 61, 37, 48, 36 e 24 Mg ha⁻¹, respectivamente para os tratamentos Rx 210, Rx 220, Rx 520, Rx 610 e Aveia IPR 61. Wolschick et al. (2016) estudando plantas de cobertura no Planalto Sul Catarinense, verificou maior produção de biomassa verde utilizando o consórcio de três espécies (aveia preta + nabo forrageiro + ervilhaca) e aveia preta solteira, com valores de 53 e 45 Mg ha⁻¹, respectivamente, valores estes similares ao obtido no presente estudo.

O tratamento Rx 210 esteve a frente dos demais tratamentos aos 60, 75 e 105 DAP, com valores de 24, 34 e 61 Mg ha⁻¹ de biomassa verde respectivamente. Possivelmente isto esteja associado a quantidade de espécies na mistura (cinco espécies) além de apresentar duas espécies da família das crucíferas, o qual o nabo forrageiro permite uma planta com porte elevado, apresentando folhas grandes e largas com crescimento rápido e vigoroso (TIECHER, 2016). Pissinati, Moreira e Santoro (2016) verificaram produção de biomassa verde de aproximadamente 50 Mg ha⁻¹ para o nabo forrageiro solteiro. Tessaro et al. (2019) estudando plantas de cobertura solteiras e consorciadas no Sudoeste do Paraná, verificou que o consórcio

testado com mais espécies (aveia preta + nabo forrageiro + centeio + ervilhaca + tremçoço branco + trigo mourisco) apresentou maior biomassa verde com valor médio de 51 Mg ha⁻¹.

Figura 4 - Biomassa verde de mixes de plantas de cobertura ao longo do tempo de cultivo



**** significativo a $p \leq 0,01$. Fonte: Autor (2022)**

Junior; Backes; Tôrres (2004) observaram em seu estudo que o consórcio de plantas de cobertura produziram mais biomassa verde que as espécies solteira, resultados estes similares ao verificado no presente estudo, onde onde as misturas comerciais produziram mais biomassa verde que as cultura da aveia preta solteira aos 105 e 120 DAP, o que pode ser devido ao uso mais eficiente das espécies aos recursos ambientais, tais como luz, água, nutrientes possibilitando o desenvolvimento em diferentes nichos (MAULI, et al., 2011).

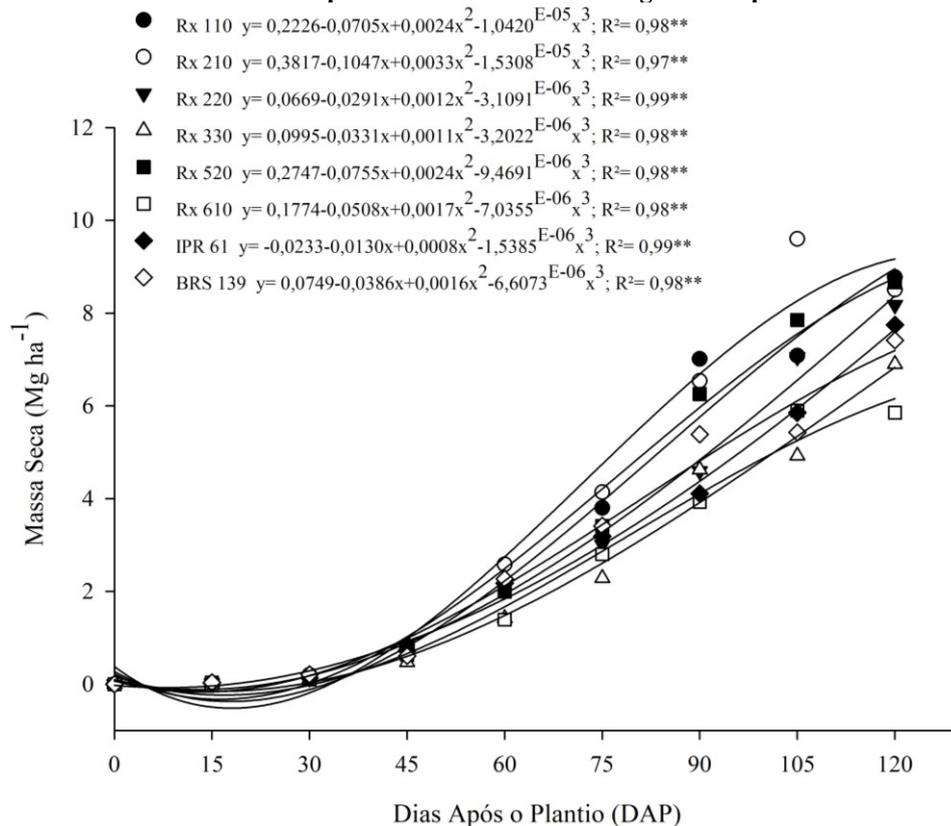
Aos 45, 60 e 75 DAP, o Rx 330 apresenta a menor produção de biomassa verde (3, 9 e 14 Mg ha⁻¹ respectivamente) e após este período, ocorre uma elevação no acúmulo de biomassa. Isto pode estar associado ao ciclo mais longo deste material e pelas espécies que o compõem, como duas espécies de ervilhaca de ciclo mais longo, assim seu potencial de acúmulo tende a ser mais lento no início. Mesmo panorama que o anterior ocorre para o Rx 610, o qual aos 60 DAP tem praticamente a mesma produção de biomassa verde (10 Mg ha⁻¹) que o Rx 330 (9 Mg ha⁻¹), e após este período ocorre um alto acúmulo de biomassa verde.

Mesmo havendo diferença no comportamento entre os tratamentos ao longo do ciclo na figura 5, estatisticamente houve diferença entre os tratamentos apenas aos 105 DAP (Apêndice 2), onde os tratamentos Rx 210 e Rx 520 se diferiram dos demais, apresentando as

maiores médias com valores de 61 e 48 Mg ha⁻¹ de biomassa verde. Os mesmos tratamentos apresentaram as maiores médias gerais com 25 e 24 Mg ha⁻¹ de biomassa verde, respectivamente para Rx 210 e Rx 520. Dentre o tempo de avaliação, os maiores acúmulos de biomassa verde ocorreram aos 90 e 105 DAP, se diferenciando dos demais tempos de avaliação, com valores de 34 e 35 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Para a variável massa seca, os tratamentos apresentaram inicialmente similaridade entre si começando a alterar o comportamento a partir dos 60 DAP (Figura 5). O tratamento Rx 210 obteve-se maior acúmulo de MS aos 105 DAP, com valor de 9,6 Mg ha⁻¹. Já o Rx 610 obteve-ve maior acúmulo aos 105 e 120 DAP, com valores iguais de 5,9 Mg ha⁻¹. Os demais tratamentos obtiveram maior acúmulo de MS aos 120 DAP, com valores de 8,8; 8,2; 6,9; 8,7; 7,8 e 7,4 Mg ha⁻¹, respectivamente para os tratamentos Rx 110, Rx 220, Rx 330, Rx 520, Aveia IPR 61 e Aveia BRS 139.

Figura 5 - Massa seca de mixes de plantas de cobertura ao longo do tempo de cultivo



**** significativo a $p \leq 0,01$. Fonte: Autor (2022).**

Mesmo apresentando diferença no comportamento entre os tratamentos (Figura 5), estatisticamente houve diferença entre os tratamentos apenas aos 105 DAP (Apêndice 2), onde os tratamentos Rx 110, Rx 210, Rx 220 e Rx 520 se diferenciaram dos demais, apresentando as maiores médias com valores de 7,1; 9,6; 7,1 e 7,9 Mg ha⁻¹ de MS. Corroborando com o presente

estudo, Galina (2022) verificaram maiores produções de MS utilizando consórcios com quatro (aveia preta + centeio + nabo forrageiro + ervilhaca) e três espécies (centeio + nabo forrageiro + ervilhaca), obtendo valores médios de 8,6 Mg ha⁻¹ entre os dois consórcios.

Outros autores também obtiveram maiores produções de MS utilizando consórcios com aveia + nabo forrageiro + ervilhaca (ZIECH et al., 2015; MICHELON et al., 2019), permitindo aliar diversas funções de cada espécie no mesmo espaço de tempo, onde a cultura da aveia auxilia na melhoria da agregação do solo por apresentar raízes finas, já o nabo-forrageiro contribui na criação de poros com maior diâmetro, o que aumenta a infiltração de água no solo e a ervilhaca auxilia na melhoria da fertilidade do solo (WOLSCHICK et al., 2018).

Com exceção do tempo 105 DAP, os tratamentos não se diferiram entre si na produção de MS (apêndice 2), demonstrando que ambos os mixes comerciais e aveia solteira possibilitam capacidade de produção de MS similares entre si na presente condição de estudo. Klein et al. (2022) estudando os mesmos mixes comerciais do presente estudo (com exceção do Rx 220), verificou aos 130 dias após a semeadura que os mixes comerciais e as culturas da aveia branca, aveia preta, centeio e ervilhaca de cultivado de forma isolada não se diferenciaram estatisticamente na produção de massa seca.

Dentre os tempos, o maior acúmulo de MS ocorreram aos 120 DAP, produzindo em média 7,7 Mg ha⁻¹ se diferindo dos demais tempos de avaliação. Vale ressaltar que aos 120 DAP, haviam espécies em diversos estádios fenológicos. O tratamento Rx 110, encontrava-se com grãos pastoso nas espécies de aveia e centeio além de grãos formados e 1/3 grãos secos do nabo forrageiro. O mix comercial Rx 210 apresentava-se com a cultura da aveia branca mais atrasada onde 1/3 iniciava-se o estágio em grão leitoso, aveia preta e centeio apresentava-se grãos pastoso, nabo forrageiro com grãos formados e nabo pivotante apresentando aproximadamente 5 % de floração na área. O tratamento Rx 220 apresentava características similares ao Rx 210 (com exceção do nabo forrageiro que não constitui o mix Rx 220).

O tratamento Rx 330 encontrava-se com o centeio finalizando a antese e início de grão leitoso, aveia preta apresentava-se quase 75% da área em floração e ervilhaca com aproximadamente 40% da área florida. O tratamento Rx 610 apresentava-se com a cultura do nabo pivotante um início de floração, aveia preta mais lenta em comparação com o material anterior e ervilhaca com mais de 50% da área em floração. Já o material Rx 520, apresentava-se a espécie da aveia branca em início de grão pastoso, centeio similar ao Rx 330, nabo pivotante em início da floração e a cultura da ervilha forrageira apresentando cerca de 50% de legumes

secos com grãos verdes. As espécies solteiras apresentavam, para a aveia IPR 61 grãos ainda em fase leitoso, visto seu ciclo mais longo. Já a espécie de aveia BRS 139 encontrava-se já em maturação.

Diante disto, aos 120 DAP materiais comerciais com espécies de ciclo mais precoces passaram do ponto de manejo ideal (grãos leitoso). Já material com ciclo mais longo, como o Rx 610 apresentava-se ainda início de floração em algumas espécies que o compõem, o que permitiria um tempo maior à campo bem como maior acúmulo de MS.

A produção de MS da aveia cultivada de forma solteira nas condições do presente estudo, é superior a encontrada por Jungbluth (2021) no Oeste Paranaense aos 92 dias após a emergência das plantas, onde o autor verificou produção de MS média em dois anos de 3,3 Mg ha⁻¹. Redin et al. (2016) obteve-se produções de MS na faixa de 7 Mg ha⁻¹. Já Forte et al. (2018) encontrou, respectivamente para safra 13/14, 14/15 e 15/16, valores de produção de MS de 4,7; 5,3 e 7,1 Mg ha⁻¹, evidenciando assim diferença na produção de MS das plantas de cobertura, sendo possivelmente pelas condições ambientais e o próprio estabelecimento da cultura (RUIS et al., 2019).

Pissinati, Moreira e Santoro (2016) observaram o maior acúmulo para aveia solteira IPR 61 aos 133 DAP, chegando a produzir aproximadamente 12 Mg ha⁻¹ de MS. Aos 119 DAP, os mesmos autores encontraram para a aveia solteira valores de aproximadamente 9 Mg ha⁻¹. Estes valores são similares ao obtido no presente estudo para a mesma cultivar, chegando a valores aproximados de 8 Mg ha⁻¹ aos 120 DAP.

5.3 Teor de nitrogênio, nitrogênio acumulado e relação C/N

O teor de nitrogênio (TN) do tecido das plantas de cobertura foi significativo (tabela 2), onde aos 60, 75, 90 e 105 DAP, os tratamentos Rx 330, Rx 520 e Rx 610 se diferiram dos demais, apresentando as maiores médias com valores entre 20 a 38 g kg⁻¹ de N. Estas diferenças estão relacionadas com as espécies leguminosas que compõem estas misturas, sendo duas espécies de ervilhaca nas misturas comerciais Rx 330 e Rx 610 e ervilha forrageira no Rx 520, demonstrando assim alta capacidade de fixação biológica do N via bactérias simbióticas (DERPSCH; CALEGARI, 1992), possibilitando a diminuição dos custos com fertilizantes nitrogenados (FONSECA, 2017). Aos 120 DAP os mesmos materiais obtiveram as maiores médias se diferenciando dos demais, com exceção do Rx 520, tendo em vista o estágio avançado da espécie à campo.

Entre as médias dos tratamentos, a mistura comercial Rx 610 obteve-se com a maior média para o TN, se diferindo dos demais tratamentos com 32 g kg⁻¹ de N, evidenciando o potencial das ervilhacas presentes na composição. De forma solteira, a mesma permite um TN entre 28,6 a 39,4 g kg⁻¹ de N (PISSINATI; MOREIRA; SANTORO, 2016). Os mesmos autores verificaram ao longo das avaliações (91 até 144 DAP) decaimento no teor de N, onde o mesmo foi observado no presente estudo.

Tabela 2 - Teor de nitrogênio (TN), nitrogênio acumulado e relação C/N de mixes de planta de cobertura

Tratamentos	DAP						Média	CV (%)
	45	60	75	90	105	120		
TN (g kg⁻¹)								
Rx 110	38 ^{ns} A	29 bB	19 bC	19 bC	14 bD	14 bD	**22 d	10
Rx 210	39 A	29 bB	23 bC	23 bC	17 bD	15 bD	24 c	
Rx 220	38 A	29 bA	22 bC	21 bC	16 bD	14 bD	23 c	
Rx 330	41 A	37 aA	30 aB	28 aB	20 aC	23 aC	30 b	
Rx 520	42 A	33 aB	27 aC	26 aC	24 aC	16 bD	28 b	
Rx 610	40 A	38 aA	31 aB	30 aB	27 aC	25 aC	32 a	
AVEIA IPR 61	36 A	28 bB	23 bC	18 bD	13 bE	14 bE	22 d	
AVEIA BRS 139	35 A	28 bB	23 bC	13 bD	13 bD	13 bD	21 d	
Média	**39 A	31 B	25 C	22 D	18 E	17 F		
N acumulado (kg ha⁻¹)								
Rx 110	31 ^{ns} B	62 ^{ns} B	70 ^{ns} B	132 ^{ns} A	105 bA	120 ^{ns} A	**87 b	29
Rx 210	30 C	77 B	92 B	150 A	166 aA	124 A	106 a	
Rx 220	31 B	65 B	65 B	98 A	115 bA	111 A	81 b	
Rx 330	19 D	53 C	67 C	130 A	101 bB	156 A	88 b	
Rx 520	27 D	66 C	93 C	163 B	192 aA	140 B	113 a	
Rx 610	27 C	52 C	82 B	119 A	161 aA	148 A	98 a	
AVEIA IPR 61	26 B	61 A	73 A	72 A	79 bA	107 A	70 b	
AVEIA BRS 139	21 B	64 A	80 A	72 A	71 bA	95 A	67 b	
Média	**27 D	63 C	78 B	117 A	124 A	125 A		
Relação C/N								
Rx 110	10 ^{ns} D	12 ^{ns} D	20 ^{ns} C	21 aB	28 aA	29 aA	**20 a	14
Rx 210	10 D	12 D	16 C	17 bC	21 bB	27 aA	17 b	
Rx 220	10 D	12 D	17 C	19 bC	22 bB	28 aA	18 b	
Rx 330	10 C	10 C	13 B	14 bB	19 bA	17 bA	14 c	
Rx 520	9 C	11 C	14 B	14 bB	16 bB	24 aA	15 c	
Rx 610	10 B	10 B	12A	13 bA	13 bA	15 bA	12 c	
AVEIA IPR 61	11 D	13 D	17 C	24 aB	29 aA	28 aA	20 a	
AVEIA BRS 139	12 C	14 C	17 B	29 aA	28 aA	30 aA	22 a	
Média	**10 F	12 E	16 D	19 C	22 B	25 A		

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Skott Knott ($p \leq 0,05$). ^{ns}: não significativo; ** significativo a $p \leq 0,01$ respectivamente. Fonte: Autor (2022)

Nemirski (2019) verificou um TN de 15 g kg⁻¹ para aveia solteira, Buchi et al. (2015) encontrou para a mesma espécie solteira cerca de 12 g kg⁻¹ de N, valores de ambos os autores semelhante ao encontrado no presente estudo. Aos 140 DAP, Galina (2022) verificou valores variando de 30 a 45 g kg⁻¹ de N em consórcios de leguminosa + crucífera + gramínea, valores um pouco acima do achado neste estudo.

O N acumulado da MS das plantas de cobertura, estimado através da multiplicação do TN do tecido pela produção de MS apresentou diferença significativa entre os tratamentos apenas aos 105 DAP, sendo as maiores médias neste período foram obtidas pelas misturas comerciais Rx 210, Rx 520 e Rx 610, com valores de 166, 192 e 161 kg ha⁻¹, respectivamente (tabela 2). Os mesmos tratamentos apresentaram diferença na média geral dos tratamentos, com valores de 106, 113 e 98 kg ha⁻¹ de N, respectivamente para os tratamentos Rx 210, Rx 520 e Rx 610. Isto demonstra a capacidade do uso de consórcios para acumular N no sistema, principalmente antecedendo a cultura de gramíneas, como o milho, possibilitando a diminuição do N via uréia (GIACOMINI et al., 2004).

Camilo et al. (2020) verificou que o consórcio de duas espécies e com oito espécies, obtiveram maior teores de N quando comparado a aveia solteira, com valores médios de 20,9 g kg⁻¹. Porém no acúmulo total de N, a mistura com oito espécies e a aveia preta solteira apresentaram as maiores médias, com cerca de 100 kg ha⁻¹. Isto demonstra a influência da produção de biomassa no acúmulo de N. Essas informações corroboram com a do presente estudo, onde aos 105 DAP o Rx 210 apresenta uma das maiores médias de N acumulado, o qual não apresenta em sua composição leguminosas, tendo importância assim a ciclagem de N e a alta produção de biomassa do material.

Wolschick et al. (2016) verificou acúmulo de 92 e 211 kg ha⁻¹ de N na massa seca de aveia solteira e consórcio de leguminosa + crucífera + gramínea, respectivamente. Para Galina (2022), utilizando as mesmas famílias em três consórcios juntamente com a ervilhaca solteira obtiveram as maiores médias de acúmulo de N, variando de 286 para os consórcios e 259 kg ha⁻¹ de N para ervilhaca solteira, valores estes acima do encontrado no presente estudo.

Dentre o tempo de avaliação, aos 90, 105 e 120 DAP apresentaram as maiores médias de acúmulo de N, se diferindo dos demais tempos amostrados, com valores de 117, 124 e 125 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. A mistura comercial Rx 330 obteve-se maior acúmulo aos 90 e 120 DAP, com valores respectivos de 130 e 156 kg ha⁻¹ de N. O Rx 520 apresentou a maior média aos 105 DAP com valor de 192 kg ha⁻¹ de N. Os demais tratamentos não se diferiram entre os tempos 90, 105 e 120 DAP.

Para a cultura da aveia preta, ambas não se diferiram estatisticamente desde os 60 aos 120 DAP para acúmulo de N, com valores variando de 61 a 107 kg ha⁻¹ de N para IPR 61 e de 64 a 95 kg ha⁻¹ de N para BRS 139. Produção similares foi encontrado por Zanella et al. (2020), obtendo-se aproximadamente 80 kg ha⁻¹ N acumulado e por Redin (2016) acumulando cerca de

95 kg ha⁻¹ N. Cassol (2019) verificou para aveia preta na média de dois anos de estudos, acúmulo de 60 kg ha⁻¹ N.

A relação C/N apresentou diferença significativa para os tratamentos aos 90, 105 e 120 DAP (tabela 2). Aos 90 DAP, os tratamentos Rx 110, Aveia IPR 61 e a aveia BRS 139 se diferiram dos demais apresentando as maiores médias, com valores de 21, 24 e 29, respectivamente. Para os 105 DAP, os mesmos tratamentos se diferiram dos demais, apresentando relação C/N respectivamente de 28, 29 e 28. Essa alta relação C/N, característica das gramíneas (presentes na mistura comercial Rx 110), possuem altos teores de lignina, hemicelulose e polifenóis acarretando em uma maior proteção do solo pela lenta decomposição da MS (SANTOS et al., 2009). Já aos 120 DAP, com exceção das misturas comerciais Rx 330 e Rx 610, os demais tratamentos apresentaram as maiores médias, variando entre 24 a 30.

Perrone et al. (2020) verificou em dois anos de experimentos uma alta relação C/N para a gramínea isolada de 31 e para leguminosa solteira uma baixa relação C/N de 11. Já o consórcio entre gramínea e leguminosa, o autor verificou uma relação C/N intermediária de 21. Doneda et al. (2012) também verificou uma relação C/N intermediária do consórcio em relação as culturas de forma solteira, permitindo equilíbrio entre mineralização e imobilização do N ao solo (ACOSTA, 2014).

A relação C/N das culturas de cobertura influencia diretamente a velocidade de decomposição e a liberação de nutrientes para a cultura sucessora estando relacionado com a composição das espécies presentes na palhada. Gramíneas apresentam decomposição lenta, liberação de N de forma mais gradativa sendo possível ocorrer imobilização de N enquanto leguminosas possibilita rápida decomposição e liberação de N já nos primeiros 30 dias (GIACOMINI et al., 2003). No entanto, o emprego dos consórcios permitem uma decomposição e liberação mais gradual de nutriente para o sistema bem como proteção ao solo durante um período maior na cultura subsequente (DONEDA et al., 2012; RONTANI, 2020). Além disto, os consórcios permitem uma menor perda de N por lixiviação em comparação com leguminosa solteira, possibilitando um melhor aproveitamento da cultura sucessora (AITA et al., 2004).

6 CONCLUSÃO

A aveia preta BRS 139 apresentou maior taxa de cobertura do solo durante todo período de avaliação, porém não se diferenciou dos mix 110 e 210 aos 24 DAP e 220, 330, 610 e aveia IPR 61 aos 69 DAP.

Os maiores acúmulos de biomassa verde ocorreram aos 90 e 105 DAP variando de 24,9 a 61 Mg ha⁻¹, enquanto que para MS maiores acúmulo aos 105 e 120 DAP variando entre 4,9 a 8,8 Mg ha⁻¹.

As misturas comerciais Rx 330, Rx 520 e Rx 610 se destacaram no TN dos 60 aos 120 DAP variando de 20 a 42 g kg⁻¹ de N com excessão do Rx 520 aos 120 DAP, demonstrando a importância das leguminosas em sua composição.

O N acumulado apresentou maiores valores a partir dos 90 DAP, tendo destaque para os mixes Rx 210, Rx 520 e Rx 610 aos 105 DAP acumulando, respectivamente, 166, 192 e 161 kg ha⁻¹ de N.

A relação C/N dos materiais foram maiores para os tratamentos com aveia solteira e Rx 110 aos 90 e 105 DAP. Os mixes permitiram uma relação C/N mais equilibrada, possibilitando uma melhor qualidade do resíduo.

É possível acumular aproximadamente 190 kg ha⁻¹ de N nas condições do presente estudo, porém o manejo antecipado realizado por muitos produtores entre 60 e 75 DAP apresenta riscos de não usufruir do potencial das espécies, por apresentar baixa relação C/N e baixo acúmulo de N neste período.

O emprego dos mixes de plantas de cobertura possui potencial para produção de palhada ao sistema e acumular N, diminuindo a necessidade de utilizar fontes externas deste nutriente, melhorando assim o sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASI, M.K. et al. Impact of the addition of different plant residues on nitrogen mineralization? immobilization turnover and carbon content of a soil incubated under laboratory conditions. **Solid Earth** **6**, 197–205, 2015.
- ABDALLA, M. et al. A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity. **Global Change Biology**, *25*(8), 2530–2543, 2019.
- ACOSTA, J.A.A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). **Ciência Rural**, v.44, n.5, mai, 2014.
- ADETUNJI, A. T. et al. Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. **Soil and Tillage Research**, v. 204, p. 104717, 2020.
- AITA, C. et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto: I-Dinâmica do nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 739-749, 2004.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.
- ALVES, N. M. **Viabilidade técnica e econômica de sistemas de produção de grãos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.
- AMADO, T. J.; MIELNICZUK, J.; AITA, C.. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de coberturas do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.241-248, 2002.
- BAIER, A. C. **Centeio**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. 29 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 15).
- BLESH, J. Functional traits in cover crop mixtures: Biological nitrogen fixation and multifunctionality. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, n. 1, p. 38-48, 2018.
- BÜCHI, L. et al. Accumulation of biologically fixed nitrogen by legumes cultivated as cover crops in Switzerland. **Plant and Soil**, v. 393, n. 1, p. 163-175, 2015.
- BÜCHI, L. et al. Importance of cover crops in alleviating negative effects of reduced soil tillage and promoting soil fertility in a winter wheat cropping system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, *256*, 2017, 92–104, 2018.
- CABREIRA, M. A.F. **Levantamento das classes de solos da Área Experimental Da Universidade Tecnológica Federal Do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos**. 2015. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, 2015.
- CALEGARI, A. **Manual técnico de Plantas de Cobertura**. Ed. 02, p. 32, 2016.
- CALEGARI, A. **Plantas de cobertura**. In: CASÃO JÚNIOR, R. et al. Sistema plantio direto com qualidade. Londrina: Iapar; Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, p. 55-74, 2006.

CALEGARI, A., DONIZETI, C.J.A. Recomendações de plantas e informações sobre o uso de espécies para adubação verde no Brasil. In: Lima Filho OF, Ambrosano EJ, Rossi F, Carlos JAD. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

CASSOL, E.A., DENARDIN, J.E., KOCHHANN, R.A. Sistema plantio direto: evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água. In: CERETTA, C.A., SILVA, L. S., REICHERT, J.M. **Tópicos em ciência do solo**. Sociedade Brasileira de ciência do solo. V5. Viçosa-MG, 2007.

CASSOL, C. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada como fonte de nitrogênio à cultura do milho em plantio direto**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

CHU, M. et al. Effect of Multispecies Cover Crop Mixture on Soil Properties and Crop Yield. **Agricultural & Environmental Letters**, 2, 170030, 2017.

CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v.38, n.4, p.547-552, 2016.

CRUZ, A. F.; MARTINS, M. A. Transferência de nitrogênio entre plantas interconectadas por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 21, n. 4, p. 559-565, 1997.

DE NOTARIS, C. et al. Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 255 (December 2017), 1–11, 2018.

DECHEN S. C. F. et al. Losses and costs associated with water erosion according to soil cover rate. **Bragantia** 74: 224-233, 2015.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: Iapar, 80p. (Circular, 73). 1992.

DONEDA, A. et al. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1714-1723, 2012.

FALEIROS, G. D. **Risco de produção agrícola no Sul do Brasil: aspectos de sistemas produtivos e rentabilidade**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronegócios e Organizações) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.

FAVERO, C. et al. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1355-1362, 2001.

FEDERIZZI, L. C. et al. importância da cultura da aveia. In: LANGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. (Orgs). **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, 2014. P. 13-23.

FORMENTINI, E. A. et al. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, 2008.

FORTE, C. T. et al. Coberturas vegetais do solo e manejo de cultivo e suas contribuições para as culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2018.

- FONSECA, J. S. **Plantas de cobertura e sua influência nas propriedades físicas do solo e no rendimento de culturas estivais**. 46p. 2017. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, Alegrete, 2017
- FRANCHINI, J. C., COSTA, J.M., DEBIASI, H. Rotação de culturas: prática que confere maior sustentabilidade a produção agrícola no Paraná. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 134, n. 1, p. 1-13, 2011.
- FUENTES-LLANILLO, R. et al. Expansion of no-tillage practice in conservation agriculture in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 208, p. 104877, 2021.
- GALINA, J. L. **Biomassa, teor de nitrogênio e relação c/n de culturas de cobertura de inverno estabelecidas em áreas manejadas no sistema plantio direto no Alto Uruguai gaúcho**. 2022, 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Erechim, 2022.
- GIACOMINI, S. J. et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto: II-Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 751-762, 2004.
- HASKEL, M. K. et al. **Atributos físicos do solo conduzidos sob escarificação mecânica, biológica e plantio direto**: influência na produtividade biológica das culturas. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.
- HERLING, V.R.; TECHIO, L.E. **Leguminosas forrageiras de clima tropical e temperado**. USP – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de alimentos. Pirassununga, 2016.
- JACOBS, A. A. **Plant Guide for oilseed radish (Raphanus sativus L.)**. USDA-Natural Resources Conservation Service, Booneville Plant Materials Center. Booneville, AR 72927, 2012.
- JONES, C. et al. Cover Crop Management in Semi-Arid Regions: Effect on Soil and Cash Crop. **Crops & Soils**, v. 53, 42–51, 2020.
- JUNGBLUTH, D. et al. Soil Protection By Used Of Cover Crops Consortia And Single Cultivation. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão** (ISSN: 2525-4782), v. 5, n. 7, 2020.
- JUNIOR, A. A. B.; BACKES, R. L.; TÔRRES, A. N. L. Desempenho de plantas invernais na produção de massa e cobertura do solo sob cultivos isolado e em consórcios. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 3, n. 1, p. 38-42, 2004.
- KALLENBACH, C. et al. Fisiologia microbiana e necromassa regulam o acúmulo de carbono no solo agrícola. **Solo Biol. Bioquímica**. 91:279-290, 2015.
- KASSAM, A.; FRIEDRICH, T.; DERPSCH, R. Global spread of conservation agriculture. **International Journal of Environmental Studies**, v. 76, n. 1, p. 29-51, 2019.
- KLEIN, M. S. et al. Uso de espécies de cobertura de inverno na supressão de plantas daninhas e na produtividade de feijão-preto. In: **I Encontro Sul-Brasileiro de Fitossanidade**, Chapecó-SC, 2022.
- KRAMBERGER, B. et al. Winter cover crop: the effects of grass–clover mixture proportion and biomass management on maize and the apparent residual N in the soil. **European Journal of Agronomy**, v. 55, p. 63-71, 2014.

- LINK, L. **Plantas de cobertura de verão: crescimento e acúmulo de nutrientes, épocas de dessecação e produtividade do trigo.** 2020. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.
- MAULI, M. M. et al. Variation on the amount of winter cover crops residues on weeds incidence and soil seed bank during an agricultural year. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 54, p. 683-690, 2011.
- MICHELON, C. J. et al. Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 2, p. 230-239, 2019.
- MOTTER, P., ALMEIDA, H.G. **Plantio Direto: a técnica que revolucionou a agricultura brasileira.** Foz do Iguaçu, Parque Itaipu, p. 144, 2015.
- NEMIRSCKI, J. M. **Produção, decomposição de matéria seca e comportamento de nutrientes em culturas de cobertura no Sul do Brasil.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, 2019.
- ORTIZ, S. et al. **Densidade de semeadura de duas espécies de ervilhaca sobre caracteres agrônômicos e composição bromatológica.** Programa de Pós graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos- Paraná, 2014.
- PADOVAN, M. P. et al. Dinâmica de acúmulo de massa e nutrientes pelo milheto para fins de adubação verde em sistemas de produção sob bases ecológicas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.7, p. 95-103, 2012.
- PEREIRA, L. E. T. et al. **Gramíneas forrageiras de clima temperado e tropical.** Pirassununga: FZEA-USP. p, 93 2016.
- PERRONE, S. et al. Nitrogen fixation and productivity of winter annual legume cover crops in Upper Midwest organic cropping systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 117, n. 1, p. 61-76, 2020.
- PISSINATI, A.; MOREIRA, A.; SANTORO, P. H. Biomass yield and nutrients concentration in shoot dry weight of winter cover crops for no-tillage system. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 47, n. 20, p. 2292-2305, 2016.
- POSSAMAI, E. J. et al. Adoption of the no-tillage system in Paraná State: A (re) view. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, 2022.
- REDIN, M. et al. Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio. In: TIECHER, T. **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, 2016.
- REDIN, M. et al. Root and Shoot Contribution to Carbon and Nitrogen Inputs in the Topsoil Layer in No-Tillage Crop Systems under Subtropical Conditions. **Revista Brasileira de Ciência Do Solo**, v. 42, 1–16, 2018.
- RESTOVICH, S. B. et al. Combining cover crops and low nitrogen fertilization improves soil supporting functions. **Plant and Soil**, 442, 401–417, 2019.

RONTANI, F. A. **Qualidade química e ciclagem de nutrientes em plantas de cobertura de inverno**. Pós-Graduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2020.

ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Histórico da adubação verde no Brasil. *In*: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, J. E.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. Brasília. Embrapa, vol. 1, cap. 2, p. 37-58, 2014.

ROSSI, G.; CASTRO, P.R.C. **Ecofisiologia dos Adubos Verdes**. Piracicaba: USP – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – DIBD, p.70, 2012.

RUIS, S. J. et al. Cover crop biomass production in temperate agroecozones. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 4, p. 1535-1551, 2019.

SANTOS H.P., REIS E.M.. **Rotação de culturas em plantio direto**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa trigo. 212p, 2003.

SANTOS, R. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de duas espécies de adubos verdes manejados no período seco em cafezal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, p.1342-1345, 2009.

SILVA, M. A. et al. Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 12, p. e11101220008, 2021.

SORDI, E. et al. Caracterização e identificação de acessos locais de Avena strigosa da Região Norte do Rio Grande do Sul. 2019. **Tese de doutorado**. Universidade de Passo Fundo, 2019.

SYSTAT, S, INC.-S. **Sigmaplot for Windows, Version 11.0**, 2008.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 118 p. (Boletim Técnico 5), 1995.

TELLES, T. S. et al. Soil management practices adopted by farmers and how they perceive conservation agriculture. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, 2022.

TESSARO, A.A. et al. Soybean Yields and Biomass Production of Winter Cover Crops in the Southwest of Paraná–Brazil. **Journal of Sustainable Development**, v. 12, n. 5, 2019.

THILAKARATHNA, M. S. et al. Management of manure nitrogen using cover crops. **Agronomy Journal**, 107(4), 1595–1607, 2015.

TIECHER, T. **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. 2016.

VALICHESKI, R. R., et al. Cover crops and nitrogen fertilization-nutritional aspects and agronomic performance of maize grown in succession. **Brazilian Journal of Maize and Sorghum**, v. 19, p. 16, 2020.

VIEIRA, F. M. C. et al. Probability distributions of frequency analysis of rainfall at the southwest region of Paraná State, Brazil. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 2, p. 260–266, 2018.

WEIL, R.R. et al. **Forage radish**: new multi-purpose cover crop for the Mid Atlantic. Univ. of Maryland Cooperative Extension Fact Sheet 824, College Park, 2006.

WINGER, M. et al. Cover Crops. USDA - **Natural Resources Conservation Service Idaho and Washington**. Technical note, 2012.

WITTWER, R. A., VAN DER HEIJDEN, M. G. A. Cover crops as a tool to reduce reliance on intensive tillage and nitrogen fertilization in conventional arable cropping systems. **Field Crops Research**, 249, 107736, 2020.

WOLSCHICK, N. H. et al. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 2, p. 134-143, 2016.

WOLSCHICK, N. H. et al. Plantas de cobertura do solo e seus efeitos nas propriedades físicas e produtividade de soja e milho. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 17, p. 273-281, 2018.

WUTKE, E.B. et al. **Bancos comunitários de sementes de adubos verdes**: informações técnicas. Brasília, DF: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 52 p., 2007.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil 1. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. May 2013, p. 1467–1476, 1988.

ZANELLA, R.; LIPPSTEIN, E. R.; CASSOL, L. C. Produção de massa seca e acúmulo de nutrientes em aveia preta submetida a diferentes manejos e níveis de adubação química. **VI Reunião Paranaense de Ciência do Solo – RPCS**. Ponta Grossa, 2019.

ZANELLA, R. et al. System Fertilization: a Viable Practice for Black Oat-soybean Crop. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 63, 2020.

ZIECH, A. R. D. et al. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hiberna na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 50(5), 374–382, 2015.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Taxa de cobertura do solo (%) proporcionada pela parte aérea de mixes de plantas de cobertura e aveia solteira aos 24, 39, 54 e 69 dias após a plantio (DAP)

TRATAMENTO	24 DAP	39 DAP	54 DAP	69 DAP
Rx 110	23 a**	49 b	62 b	85 b
Rx 210	21 a	45 c	59 b	87 b
Rx 220	15 b	39 c	60 b	93 a
Rx 330	14 b	39 c	63 b	92 a
Rx 520	12 b	36 c	56 b	88 b
Rx 610	14 b	35 c	57 b	94 a
Aveia IPR 61	17 b	52 b	64 b	95 a
Aveia BRS 139	25 a	62 a	74 a	93 a
Média geral	18	45	62	91
CV (%)	14.59	10.14	6.84	2.82

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Skott Knott ($p \leq 0,05$). ** significativo a 1%. Fonte: Autor (2022)

Apêndice 2- Produção de biomassa verde e matéria seca (MS) de mixes de plantas de cobertura e aveia solteira aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 dias após a plantio (DAP).

Tratamentos	DAP								Média	CV (%)
	15	30	45	60	75	90	105	120		
Biomassa verde (Mg ha⁻¹)										
Rx 110	0.1 ^{ns} C	1.3 ^{ns} C	6 ^{ns} C	18.5 ^{ns} B	27 ^{ns} B	40.8 ^{ns} A	32 bA	32.6 ^{ns} A	20 b	37
Rx 210	0.1 D	1 D	5.6 D	23.7 C	33.8 C	44.3 B	61 aA	32.9 C	25 a	
Rx 220	0.1 C	0.8 C	6 C	19 B	24.5 B	33 A	37 bA	33.0 A	19 b	
Rx 330	0.1 C	0.6 C	2.8 C	9.4 B	13.6 B	27 A	25 bA	25.1 A	13 c	
Rx 520	0.2 D	0.9 D	4.7 D	17.5 C	30.2 B	46.7 A	48 aA	40.3 A	24 a	
Rx 610	0.1 C	0.6 C	4.4 C	10.4 C	22.9 B	31.1 A	36 bA	35.0 A	18 c	
AVEIA IPR 61	0.1 B	0.9 B	4.8 B	16.5 A	22 A	24.9 A	25 bA	22.5 A	14 c	
AVEIA BRS 139	0.2 B	1.1 B	3.6 B	15.5 A	22 A	25.1 A	19 bA	16.1 A	13 c	
Média	0.1 F	1 F	5 E	16 D	24 C	34 A	35 A	30 B	33	
MS (Mg ha⁻¹)										
Rx 110	0 ^{ns} E	0.2 ^{ns} E	0.8 ^{ns} E	2.1 ^{ns} D	3.8 ^{ns} C	7.0 ^{ns} B	7.1 aB	8.8 ^{ns} A	3.7 a	26
Rx 210	0 E	0.2 E	0.7 E	2.6 D	4.1 C	6.6 B	9.6 aA	8.5 A	4.0 a	
Rx 220	0 D	0.1 D	0.8 D	2.2 C	3.0 C	4.6 B	7.1 aA	8.2 A	3.2 b	
Rx 330	0 D	0.1 D	0.5 D	1.4 C	2.3 C	4.6 B	4.9 bB	6.9 A	2.6 c	
Rx 520	0 E	0.1 E	0.6 E	2.0 D	3.4 C	6.3 B	7.9 aA	8.7 A	3.6 a	
Rx 610	0 D	0.1 D	0.7 D	1.4 D	2.8 C	3.9 B	5.9 bA	5.9 A	2.6 c	
AVEIA IPR 61	0 E	0.1 E	0.7 E	2.2 D	3.2 D	4.1 C	5.9 bB	7.8 A	3.0 b	
AVEIA BRS 139	0 E	0.2 E	0.6 E	2.3 D	3.4 C	5.4 B	5.4 bB	7.4 A	3.1 b	
Média	0.0 G	0.1 G	0.7 F	2.0 E	3.3 D	5.3 C	6.7 B	7.7 A	24	

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Skott Knott ($p \leq 0,05$). ^{ns}: não significativo. Fonte: Autor (2022)