



Avanço do ciclo reprodutivo em combinações de aveia sobre a produtividade e qualidade nutricional para silagem

Advancement of the reproductive cycle in oat combinations on productivity and nutritional quality for silage

Mikael Neumann¹ , Robson Kyoshi Ueno² , Dayana Rochinski da Silveira Pinto² , João Antonio de Arruda Giacomet¹ , Erika da Silva Brandt Rosa¹ , Ellen Baldissera*¹ 

1 Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Guarapuava, Paraná, Brasil 

2 Grupo NUPRAN, Guarapuava, Paraná, Brasil

*autor correspondente: ellen_baldissera@outlook.com

Recebido: 01 de outubro de 2024. Aceito: 28 de abril de 2025. Publicado: 13 de junho de 2025. Editor: Rondineli P. Barbero

Resumo: A combinação de cultivares de cereais de inverno tem como objetivo ampliar a janela de colheita, além de favorecer dupla finalidade: pastejo no período e produção de grãos e/ou ensilagem. O experimento sobre o qual versa este estudo foi realizado no Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da UNICENTRO, em Guarapuava-PR. Objetivou-se avaliar características produtivas e bromatológicas de duas combinações de aveias: T1 - TamPic: 90% de aveia branca GMX Tambo + 10% de aveia preta GMX Picasso; e T2 - TamGau: 30% de aveia branca GMX Tambo + 70% de aveia branca UPF Gaudéria. O delineamento foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x5, sendo duas combinações de aveias associadas a cinco colheitas, com intervalos de corte de sete dias, a partir do pré-florescimento para produção de silagem, com cinco repetições. Independentemente das combinações avaliadas, o avanço do ciclo reprodutivo promoveu aumento nos teores de matéria seca da planta e na produção da biomassa seca; reduziu os teores de matéria mineral e de proteína bruta. A combinação TamPic foi superior para a qualidade química bromatológica, com PB: 108,59 g/kg⁻¹ MS; FDN: 595,46 g/kg⁻¹ MS; FDA: 428,24 g/kg⁻¹ MS, apesar da menor produção de biomassa seca em comparação à combinação TamGau (6,49 t ha⁻¹ contra 7,83 t ha⁻¹).

Palavras-chave: culturas hibernais; colheita para silagem; qualidade de forragem; resposta fenológica.

Abstract: The combination of winter cereal cultivars aims to extend the harvest window, in addition to favoring dual purposes: grazing during the period and grain and/or silage production. The experiment on which this study is based was carried out at the Animal Production Center (NUPRAN) of the Agricultural and Environmental Sciences Sector of UNICENTRO, in Guarapuava-PR. The objective was to evaluate the productive and bromatological characteristics of two oat combinations: T1 - TamPic: 90% white oats GMX Tambo + 10% black oats GMX Picasso; and T2 - TamGau: 30% white oats GMX Tambo + 70% white oats UPF Gaudéria. The design was randomized blocks, in a 2x5 factorial scheme, with two oat combinations associated with five harvests, with cutting intervals of seven days, from pre-flowering for silage production, with five replicates. Regardless of the combinations evaluated, the advancement of the reproductive cycle promoted an increase in the plant dry matter content and dry biomass production; it reduced the mineral matter and crude protein contents. The TamPic combination was superior for bromatological chemical quality, with (CP: 108.59 g/kg⁻¹ DM; NDF: 595.46 g/kg⁻¹ DM; ADF: 428.24 g/kg⁻¹ DM), despite the lower dry biomass production compared to the TamGau combination (6.49 t ha⁻¹ versus 7.83 t ha⁻¹).

Key-words: winter crops; harvest for silage; forage quality; phenotypic response.



1. Introdução

A utilização de consórcios ou “mixes”, como são popularmente chamados, é uma atividade que possibilita a semeadura, em uma mesma área, de associações de espécies e/ou cultivares para produção de silagem, com o propósito de reduzir as chances de perdas durante o processo, devido à sua utilização para dupla finalidade, com ampla janela de colheita para ensilagem, buscando o equilíbrio na produção de biomassa seca e valor nutricional⁽¹⁾. A aveia possui grande potencial, pois ela pode ser utilizada para pastejo e, também, como alimento conservado na forma de silagem⁽²⁾. Sua dupla finalidade permite pastejar durante o final de outono e começo do inverno e/ou, posteriormente, pode ser destinada à produção de grãos ou ensilagem⁽³⁾.

No momento da ensilagem, é desejável um teor de matéria seca (MS) de 30 a 40%. No caso de combinações de espécies e/ou cultivares diferentes, os teores de matéria seca são atingidos em diferentes épocas, dependendo do genótipo de cada cultivar utilizada. Devido ao avanço no ciclo produtivo, as cultivares tendem a aumentar o acúmulo de matéria seca por unidade de área^(4,5). Consequentemente ao acúmulo de matéria seca, há decréscimo dos teores de proteína bruta e de matéria mineral, devido à exigência no consumo de nutrientes para o avanço do ciclo⁽⁶⁾. O aumento nos teores de fibra em detergente neutro ocorre devido à perda de compostos citoplasmáticos das células e à concentração dos carboidratos fibrosos em decorrência da diminuição da relação folha/caule, elevando a concentração de lignina e maior espessamento da parede celular⁽⁷⁾.

Quando cortados em estádio de pré-florescimento, os cereais de inverno apresentam elevados teores de proteína bruta, fibra digestível e presença de sais⁽⁸⁾ que podem interferir no processo fermentativo, devido à alta capacidade tampão da forrageira e à resistência à redução do pH, o que pode ocasionar a produção de efluentes. Com o avanço do ciclo fenológico, no estádio de grão farináceo, ocorre a redução da proteína bruta, maior concentração de carboidratos fibrosos e a deposição do amido nos grãos, proporcionando maior digestibilidade da matéria seca⁽⁹⁾. O processo de ensilagem tem como base a fermentação anaeróbica, em que carboidratos solúveis são transformados em ácidos orgânicos, através da multiplicação de microrganismos que propiciam condições apropriadas à conservação, mantendo a qualidade nutricional e estabilidade da forragem ensilada⁽¹⁰⁾.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de biomassa, a composição morfológica da planta, a composição bromatológica e a degradação da matéria seca da silagem de combinações de cultivares de aveias, sob cortes sucessivos, obtidas a partir do início do florescimento.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido entre os dias 21 de abril e 15 de agosto de 2022, no Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), localizado em Guarapuava-PR. O mesmo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais em Experimentação, Ofício n.º 007/2023 – CEUA/UNICENTRO (o trabalho de campo foi realizado em 2022; as análises laboratoriais e do CEUA, em 2023).

O clima da região de Guarapuava-PR é o temperado de altitude Cfb (subtropical mesotérmico úmido), sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado, conforme a classificação de Köppen, em altitude de, aproximadamente, 1.100 m, precipitação média anual de 1.944 mm, temperatura média mínima anual de 12,7 °C, temperatura média máxima anual de 23,5 °C e umidade relativa do ar de 77,9%. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno Típico⁽¹¹⁾.

O manejo anterior à implantação da cultura consistiu no controle de plantas indesejáveis e insetos pelos métodos químicos, utilizando o herbicida à base de Glifosate (produto comercial Roundup WG: 1,5 kg ha⁻¹) e Imidacloprido + Beta-ciflutrina (produto comercial Connect: 1 L ha⁻¹). No momento da semeadura da área experimental, as características químicas do solo (perfil de 0 a 20 cm) eram: pH CaCl₂ 0,01M: 5,98; Fósforo: 15,30 mg dm⁻³; K⁺: 0,43 cmolc dm⁻³; MO: 23,73%; Al³⁺: 0,21 cmolc dm⁻³; H+Al₃⁺: 6,42 cmolc dm⁻³; Ca²⁺: 6,33 cmolc dm⁻³; Mg²⁺: 1,67 cmolc dm⁻³ e saturação de bases de 56,75%.

O experimento foi composto por duas combinações de aveias: branca (*Avena sativa*) e preta (*Avena strigosa*), nos seguintes tratamentos: T1 - TamPic: 90% de aveia branca GMX Tambo + 10% de aveia preta GMX Picasso e T2 - TamGau: 30% de aveia branca GMX Tambo + 70% de aveia branca UPF Gaudéria. As combinações das diferentes cultivares de aveias seguem as recomendações da empresa detentora (GMAX Genética Gaúcha[®]) dos genótipos avaliados, os quais encontram-se disponíveis comercialmente. Com o objetivo de evitar a pirataria do material genético, as combinações de aveias necessitam de validação experimental quanto aos aspectos produtivos e qualitativos da forragem resultante.

Segundo a empresa de melhoramento genético GMAX Genética Gaúcha[®], a cultivar GMX Tambo[®] é uma aveia branca forrageira, com indicação de cultivo na Região Sul do Brasil, com semeadura entre os meses de março e agosto, caracterizada com elevada altura de plantas, tolerante a geadas na fase inicial do desenvolvimento e com recomendação de uso para cobertura de solo, pastejo e produção de pré-secado; a cultivar GMX Picasso[®] é uma aveia preta de ciclo médio, também com indicação de cultivo na Região Sul do Brasil, com semeadura entre os meses de maio e junho, descrita com média altura de plantas, elevada capacidade de rebrote, resistente ao acamamento, bom afilhamento e resistência moderada a doenças como ferrugem e mancha foliar, recomendada para cobertura de solo e forragem.

A cultivar UPF Gaudéria[®] foi desenvolvida pelo Programa de Pesquisa de Aveia (PPA) da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (UPF), com o objetivo de oferecer novas cultivares de aveias com alto potencial de rendimento e produção de forragem. De acordo com a UPF, a cultivar tem como características resistência ao acamamento, manchas foliares e ferrugem da folha, com ciclo médio de 124 dias da emergência à maturação.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, num esquema fatorial 2x5, sendo duas combinações de aveias, associados a cinco períodos de colheita, com cinco repetições. A área experimental foi constituída em cinco blocos com 10 parcelas de 15,5 m² (2,21 m x 7,0 m), totalizando 50 parcelas, sendo utilizada para avaliações uma área útil de 5,1 m² (1,36 m x 5,0 m).

A semeadura das combinações de aveias ocorreu no dia 21/04/2022, sob sistema de plantio direto, utilizando-se espaçamento entre linhas de 17 cm, profundidade de semeadura de 20 cm e densidade de semeadura atendendo as recomendações do fornecedor (300 a 400 plantas por m⁻²). A densidade populacional obtida em 20 dias após a semeadura foi de 353 plantas m⁻² para TamGau e de 408 plantas m⁻² para a TamPic.

Os dados climáticos do período experimental (Figura 1) apresentaram temperaturas mínimas de -3°C e máximas de 28 °C, com a ocorrência de sete geadas durante a execução do experimento. Durante o período de manejo experimental, ocorreram 23 precipitações pluviométricas, com média de 17 mm cada, havendo variações entre 0,1 mm e 60 mm.

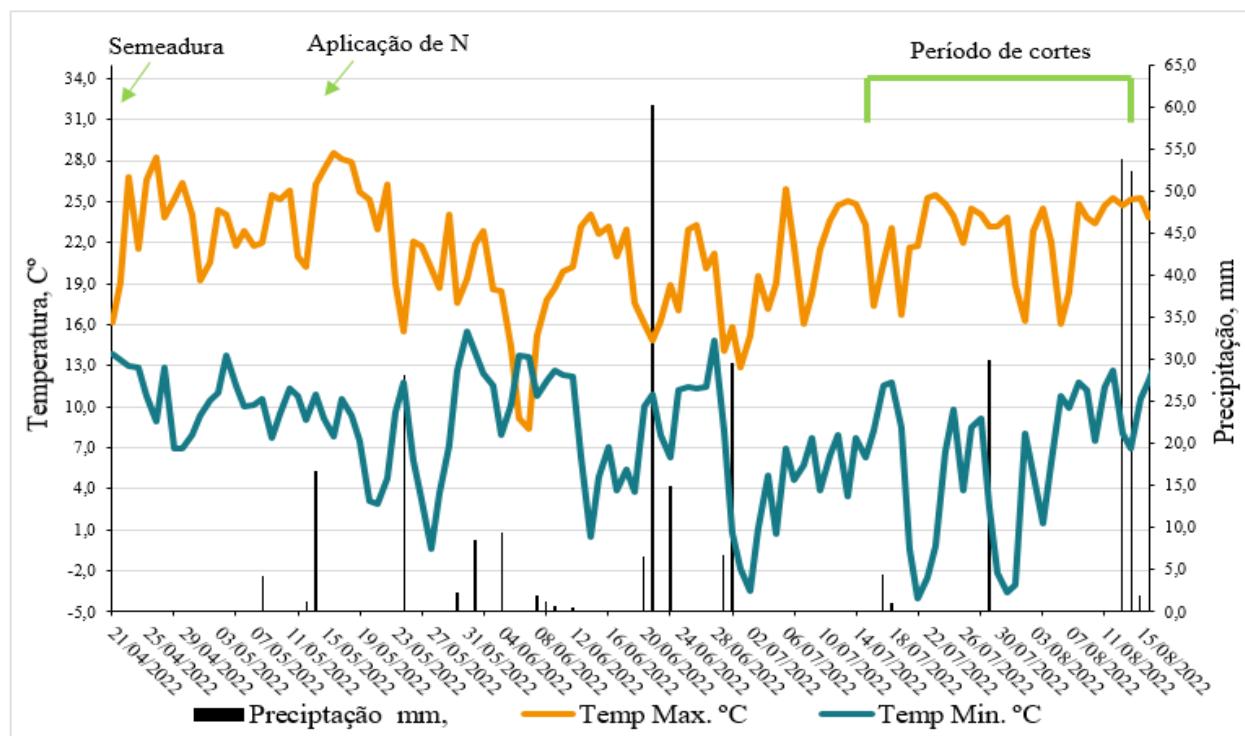


Figura 1. Precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima do período experimental.

Fonte: Estação experimental do SIMEPAR/UNICENTRO, Guarapuava, PR, Brasil, 2022.

Para a adubação de base, utilizou-se 250 kg ha⁻¹ do fertilizante 04-20-20 (N-P2O5-K2O). A adubação em cobertura foi realizada no dia 15/05/2022, representando a fase de perfilhamento das aveias, utilizando 300 kg ha⁻¹ de ureia na fórmula 46-00-00, conforme as Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná⁽¹²⁾.

Os cultivares foram submetidos a cinco períodos de colheita, a partir do início do estádio de pré-florescimento, sendo a primeira colheita realizada em no dia 16/07/2022, quando ambas as combinações encontravam-se com 87 dias após a semeadura, sendo as demais colheitas realizadas em intervalos de sete dias, com o último corte realizado no dia 12/08/2022.

As colheitas foram iniciadas quando as combinações de aveias entraram na fase reprodutiva de florescimento, sendo realizadas de forma manual, com auxílio de uma foice serrilhada, a uma altura do solo de 12 cm. Os materiais foram encaminhados ao laboratório para realização de análise física da composição da planta inteira, por meio da segmentação dos componentes colmos, folhas e estrutura reprodutiva e, posteriormente, da análise química por meio da matéria seca.

As silagens foram confeccionadas a partir do ensilamento em pacotes do tipo a vácuo, com 200 µm, sob as dimensões de 0,25 m x 0,40 m, no formato retangular, utilizando-se uma embaladora a vácuo, regulada para promover uma massa específica, com peso fixo de 2 kg do material original, de tal forma que, quando imerso em um recipiente com água, promovesse um deslocamento da coluna de água, padronizando condições semelhantes de armazenamento do material original, massa específica calculada de 220 kg de MS m⁻³. A abertura dos silos experimentais ocorreu 60 dias após a ensilagem, o material seguiu para a avaliação de produção de biomassa, composição morfológica da planta, composição bromatológica e degradação ruminal da matéria seca das duas combinações de aveias.

No momento da colheita das plantas foi realizada a composição física, já na silagem, as amostras foram encaminhadas para a análise química e de degradabilidade por meio do teor de MS, em estufa de

ar forçado a 55 °C, por 72 horas⁽¹³⁾. A relação entre peso da planta, total da área útil cortada e teor de MS de uma amostra homogênea e conhecida da respectiva parcela, permitiu a estimativa da produção de biomassa seca (kg ha⁻¹). Sequencialmente, as amostras de planta inteira foram moídas em moinho Willey, com peneira de malha de 1 mm.

As amostras pré-secas e moídas foram submetidas às análises de teor de MS total, em estufa a 105 °C, de proteína bruta (PB) pelo método micro-Kjedahl e matéria mineral (MM) por incineração a 550 °C, conforme AOAC⁽¹³⁾. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram obtidos com uso de α-amilase⁽¹⁴⁾ e os teores de fibra em detergente ácido (FDA) foram estimados segundo Goering e Van Soest⁽¹⁵⁾, de forma não sequencial.

O valor relativo do alimento (VRA) foi obtido a partir da relação entre o potencial de consumo de matéria seca em porcentagem de peso vivo (CMSPV), obtido pela fórmula: CMSPV % = (120 ÷ FDN). A degradação ruminal estimada da MS (DMS) foi calculada pela fórmula DMS, % = [88,9 – (0,779 x FDA)], conforme a metodologia descrita por Bolsen *et al.*⁽¹⁶⁾. A seguinte fórmula foi usada para estimar o VRA: VRA = [(%DSM x CMSPV) ÷ 1,29] x 100.

A taxa de degradação ruminal da MS foi estimada pela técnica *in situ*, utilizando-se sacos de náilon de 12 cm x 8 cm, com poros de 50 µm, contendo 5 g de cada material pré-seco e moído a 1 mm, para posterior incubação no rúmen⁽¹⁷⁾. Para a realização da análise, utilizou-se um bovino macho com 72 meses de idade, com peso vivo médio de 800 kg, portador de cânula ruminal permanente, previamente aprovado pelo Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação (CEUA/UNICENTRO), sob o Ofício n.º 019/2023. Os tempos de incubação utilizados foram de 24 e 48 horas.

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, a fim de verificar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância, respectivamente. Uma vez atendidos estes pressupostos, para as variáveis produção de biomassa, composição morfológica da planta, bromatologia e degradação ruminal da matéria seca, aplicou-se o teste F a 5% de probabilidade de confiança, através da análise de variância (ANOVA), utilizando o programa SAS (Statistical Analysis System)⁽¹⁸⁾.

Foi utilizado o modelo matemático para a análise de variância: $Y_{ijkl} = \mu + M_i + E_{cj} + B_k + (M_i * E_{cj})I + E_{ijkl}$, onde: μ = média dos tratamentos; M_i = efeito das combinações de aveias, de ordem i , onde 1 = TamPic e 2 = TamGau; E_{cj} = efeito da época de colheita de ordem j , onde 1 = primeira; 2 = segunda, 3 = terceira, 4 = quarta e 5 = quinta; B_k = efeito do bloco de ordem k , onde 1 = primeiro; 2 = segundo, 3 = terceiro, 4 = quarto e 5 = quinto; $(M_i * E_{cj})I$ = efeito da interação entre combinações de aveias e época de corte; e E_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ijkl} .

Os dados também foram submetidos à análise de regressão polinomial, considerando a variável dias de avaliação após início de florescimento de cada combinação de cultivares de aveia, variando de 1 a 28 dias, por meio do procedimento "proc reg" do programa SAS⁽¹⁸⁾. A escolha do modelo foi baseada no coeficiente de determinação.

3. Resultados e discussão

Foi observada interação ($P < 0,05$) entre combinações de aveias x época de colheita para os teores de MS da planta e de seus componentes estruturais (Tabela 1).

Tabela 1. Teores de matéria seca da planta inteira e de seus componentes morfológicos e das combinações de aveias associadas a diferentes épocas de colheita.

| Combinações de aveias | Colheita, dias do florescimento | | | | | Média | Equação de regressão ¹ |
|---|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------|---|
| | 1° | 7° | 15° | 21° | 28° | | |
| Teor de matéria seca da planta, g/kg ⁻¹ MS | | | | | | | |
| TamGau | 133,01 | 154,85 | 175,24 | 188,93 | 202,27 | 170,86 a | $\hat{Y} = 134,331 + 2,537D$ (R ² : 0,7050; CV: 9,63%; **) |
| TamPic | 136,61 | 140,87 | 148,30 | 177,04 | 176,70 | 155,90 b | $\hat{Y} = 131,410 + 1,701D$ (R ² : 0,4208; CV: 12,84; **) |
| Média | 134,81 | 147,86 | 161,77 | 182,98 | 189,48 | | $\hat{Y} = 132,870 + 2,119D$ (R ² : 0,5217; CV: 12,19; **) |
| Teor de matéria seca das folhas, g/kg ⁻¹ MS | | | | | | | |
| TamGau | 148,34 | 169,66 | 177,79 | 202,58 | 240,84 | 187,84 a | $\hat{Y} = 141,956 + 3,187D$ (R ² : 0,5553; CV: 15,23%; **) |
| TamPic | 149,96 | 164,07 | 169,53 | 173,52 | 202,79 | 171,97 b | $\hat{Y} = 147,685 + 1,686D$ (R ² : 0,5132; CV: 9,58; **) |
| Média | 149,15 | 166,86 | 173,66 | 188,05 | 221,81 | | $\hat{Y} = 144,820 + 2,436D$ (R ² : 0,4713; CV: 14,09; **) |
| Teor de matéria seca dos colmos, g/kg ⁻¹ MS | | | | | | | |
| TamGau | 123,98 | 124,72 | 151,23 | 185,88 | 185,12 | 154,18 a | $\hat{Y} = 115,311 + 2,701D$ (R ² : 0,6794; CV: 12,07%; **) |
| TamPic | 115,51 | 120,77 | 133,65 | 155,93 | 172,79 | 139,73 b | $\hat{Y} = 108,088 + 2,198D$ (R ² : 0,5496; CV: 14,28; **) |
| Média | 119,74 | 122,74 | 142,44 | 170,90 | 178,95 | | $\hat{Y} = 111,699 + 2,449D$ (R ² : 0,5809; CV: 13,90; **) |
| Teor de matéria seca das estruturas reprodutivas, g/kg ⁻¹ MS | | | | | | | |
| TamGau | - | 263,28 | 317,06 | 380,00 | 395,35 | 338,92 a | $\hat{Y} = 80,649 + 13,228D$ (R ² : 0,7584; CV: 17,63%; **) |
| TamPic | - | 204,48 | 312,58 | 306,00 | 322,57 | 286,40 b | $\hat{Y} = 71,101 + 10,971D$ (R ² : 0,6899; CV: 22,22; **) |
| Média | - | 233,88 | 314,82 | 343,00 | 358,96 | | $\hat{Y} = 75,875 + 12,099D$ (R ² : 0,7059; CV: 20,67; **) |

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem entre si pelo Teste de F a 5%.

1 R²: coeficiente de determinação; CV: coeficiente de variação; *: P<0,05; **: P<0,01; ns: não significativo; e D: dias após início do florescimento para colheita, variando de 1 a 28 dias.

Os teores de MS na combinação TamGau para planta inteira, folhas, colmos e estruturas reprodutivas sofreram (P<0,05) acréscimos lineares, respectivamente, na proporção de 2,53; 3,18; 2,70 e 13,22 g/kg⁻¹ MS, a partir da primeira colheita, a partir do início do florescimento, até a quinta colheita e atingindo a fase de grão farináceo. Para a combinação TamPic, os acréscimos (P<0,05) lineares foram em menor proporção, de 1,70; 1,68; 2,19 e 10,97 g/kg⁻¹ MS, respectivamente. Estas informações tornam-se de alta praticidade ao produtor rural, uma vez que, por meio da estimativa da MS da planta, pode-se estimar o grau de diluição da MS com o avanço do ciclo produtivo da cultura⁽⁷⁾, em que menores taxas de incremento da MS da planta indicam melhor conservação dos nutrientes, maior janela de corte para silagem e maior tolerância a doenças de final de ciclo.

Na média geral, independentemente das épocas de colheita avaliadas, maiores (P<0,05) teores de matéria seca ocorreram na TamGau para planta inteira (170,86 g/kg⁻¹ MS contra 155,90 g/kg⁻¹ MS), folhas (187,84 g/kg⁻¹ MS contra 171,97 g/kg⁻¹ MS), colmos (154,18 g/kg⁻¹ MS contra 139,73 g/kg⁻¹ MS) e estrutura reprodutiva (338,92 g/kg⁻¹ MS contra 286,40 g/kg⁻¹ MS) em relação à combinação TamPic, respectivamente.

Estádios mais tardios proporcionam maior tempo de desenvolvimento e maior concentração de matéria seca da planta, o que pode ser atrelado ao fato de a aveia branca possuir um ciclo mais tardio, quando comparado com a aveia preta, dispondo de um período maior para concentração de nutrientes⁽¹⁹⁾.

Quanto à participação dos componentes estruturais da planta inteira (g/kg⁻¹ MS), não houve interação ($P>0,05$) entre combinações de aveias x época de colheita (Tabela 2). Na análise de valores médios, independentemente das combinações de aveias avaliadas, as participação de folhas e de colmos apresentou um decréscimo ($P<0,05$) no avanço do ciclo reprodutivo das combinações, na proporção de 9,91 e 6,71 g/kg⁻¹ MS, respectivamente, na composição morfológica da planta. A participação de estrutura reprodutiva apresentou acréscimo ($P<0,05$), em média, na proporção de 16,63 g/kg⁻¹ MS.

Tabela 2. Composição morfológica da planta (g/kg⁻¹ MS) nas combinações de aveias associadas a diferentes épocas de colheita, a partir do início do florescimento.

| | Colheita, dias do florescimento | | | | | Média | Equação de regressão ¹ |
|---|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------|--|
| | 1° | 7° | 15° | 21° | 28° | | |
| Participação de folhas na planta, g/kg ⁻¹ MS | | | | | | | |
| TamGau | 545,00 | 305,37 | 275,40 | 262,05 | 242,57 | 326,07 a | $\hat{Y} = 461,570 - 9,434D$ (R ² : 0,6485; CV: 21,39%; **) |
| TamPic | 565,00 | 338,22 | 276,33 | 274,30 | 242,16 | 339,20 a | $\hat{Y} = 488,8 - 10,403D$ (R ² : 0,7031; CV: 20,01; **) |
| Média | 555,00 | 321,79 | 275,86 | 268,17 | 242,36 | | $\hat{Y} = 475,191 - 9,918D$ (R ² : 0,6736; CV: 10,41; **) |
| Participação de colmos na planta, g/kg ⁻¹ MS | | | | | | | |
| TamGau | 455,00 | 324,39 | 284,00 | 242,38 | 225,17 | 306,18 a | $\hat{Y} = 419,982 - 7,901D$ (R ² : 0,8477; CV: 10,97%; **) |
| TamPic | 435,10 | 349,63 | 246,93 | 245,79 | 246,86 | 304,86 a | $\hat{Y} = 363,866 - 5,532D$ (R ² : 0,4685; CV: 20,80; **) |
| Média | 445,05 | 337,01 | 265,46 | 244,08 | 236,01 | | $\hat{Y} = 391,924 - 6,717D$ (R ² : 0,6373; CV: 16,86; **) |
| Participação das estruturas reprodutivas na planta, g/kg ⁻¹ MS | | | | | | | |
| TamGau | - | 372,57 | 441,06 | 495,16 | 533,25 | 460,51 a | $\hat{Y} = 118,433 + 17,342D$ (R ² : 0,7520; CV: 17,14%; **) |
| TamPic | - | 413,45 | 477,85 | 481,59 | 513,55 | 471,61 a | $\hat{Y} = 147,481 + 15,928D$ (R ² : 0,6207; CV: 23,16%; **) |
| Média | - | 393,01 | 459,45 | 488,37 | 523,40 | | $\hat{Y} = 132,957 + 16,634D$ (R ² : 0,6840; CV: 19,81; **) |

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem entre si pelo Teste de F a 5%.

1 R²: coeficiente de determinação; CV: coeficiente de variação; *: P<0,05; **: P<0,01; ns: não significativo; e D: dias após início do florescimento para colheita, variando de 1 a 28 dias

Na média geral, independentemente das épocas de colheita avaliadas, não houve diferença ($P>0,05$) na comparação entre as combinações TamGau e TamPic para participação de folhas, colmos e estrutura reprodutiva da planta inteira. A ausência de alterações nesses aspectos pode ser explicada pela combinação entre as duas aveias, as quais apresentam diferentes ciclos reprodutivos. Sabe-se que o consórcio de duas ou mais gramíneas forrageiras de inverno tende a combinar os picos de produção de matéria seca (MS) que são atingidos em diferentes épocas, além de interferir na diferenciação de suas estruturas, resultando no aumento da produção e do período de utilização da pastagem. O consórcio de gramíneas anuais de inverno, como ocorreu com as aveias neste estudo, pode ser muito eficiente na possibilidade de adiantar ou prolongar a disponibilidade da forragem⁽²⁰⁾.

A aveia preta possui um ciclo mais precoce, quando comparada à aveia branca, o que ocasionaria um desenvolvimento mais precoce de suas estruturas (colmo e estruturas reprodutivas)(21); entretanto, a participação da aveia preta na combinação TamPic é inferior à da aveia branca, fazendo com que a mesma não demonstre tal comportamento. As mudanças com maior relevância na composição de plantas forrageiras decorrem do seu desenvolvimento e da sua maturidade; assim, a maioria das espécies tendem a um declínio do seu valor nutritivo com o avanço do ciclo, resultado esse da menor relação folha:colmo e da crescente significação da parede celular⁽²¹⁾.

A espessura da parede celular dificulta a digestão do vegetal, por reduzir a acessibilidade e/ou fixação dos micro-organismos ruminais no material, sendo observado que a digestibilidade da parede celular pode variar de acordo com sua deposição. A estrutura e a espessura da parede explicam a baixa degradabilidade de alguns materiais, os quais apresentam componentes químicos indigestíveis⁽²²⁾. A baixa digestão de alguns tecidos advém, principalmente, do arranjo adensado de suas células, elevada espessura das paredes celulares e da presença de lignina⁽⁶⁾.

Na Tabela 3 constam os dados de interação ($P<0,05$) entre combinações de aveias e época de colheita para produção de biomassa seca. A produção de biomassa seca na combinação TamGau apresentou acréscimo ($P<0,05$) linear de 164,76 kg ha⁻¹ ao dia no avanço do ciclo reprodutivo, paralelamente, a combinação TamPic manteve a produção de biomassa seca na proporção de 164,48 kg ha⁻¹ ao dia.

Tabela 3. Produção de biomassa seca das combinações de aveias associadas a diferentes épocas de colheita, a partir do início do florescimento.

| Combinações de aveias | Colheita, dias do florescimento | | | | | Média | Equação de regressão ¹ |
|---|---------------------------------|------|------|------|------|--------|--|
| | 1° | 7° | 15° | 21° | 28° | | |
| Produção de biomassa seca, t ha ⁻¹ | | | | | | | |
| TamGau | 5,46 | 6,57 | 8,27 | 9,04 | 9,81 | 7,83 a | $\hat{Y} = 5,4580 + 0,1647D$ ($R^2: 0,8725$; CV: 7,99%; **) |
| TamPic | 4,42 | 5,09 | 6,38 | 7,89 | 8,60 | 6,49 b | $\hat{Y} = 4,1219 + 0,1644D$ ($R^2: 0,8242$; CV: 11,76; **) |
| Média | 4,94 | 5,83 | 7,32 | 8,46 | 9,20 | | $\hat{Y} = 4,9046 + 0,1648D$ ($R^2: 0,7426$; CV: 13,31; **) |

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem entre si pelo Teste de F a 5%.

1 R^2 : coeficiente de determinação; CV: coeficiente de variação; *: $P<0,05$; **: $P<0,01$; ns: não significativo; e D: dias após início do florescimento para colheita, variando de 1 a 28 dias.

Na média geral, independentemente das épocas de colheita avaliadas, maiores ($P<0,05$) produções de matéria seca (7,83 kg ha⁻¹ contra 6,49 kg ha⁻¹) foram obtidas para TamGau, em relação a TamPic, respectivamente (Tabela 3).

De acordo com Lehmen⁽²³⁾, à medida que os estágios fenológicos das culturas avançam, observa-se um aumento na produção de matéria seca por área. A aveia preta, solteira, tem como característica a elevada produção de matéria seca no começo do seu ciclo, devido ao desenvolvimento mais precoce⁽⁴⁾. Em contrapartida, a aveia branca tem seu ciclo mais longo, o que proporciona maior janela de crescimento e produção de biomassa, quando comparado ao ciclo da aveia preta. Nota-se, no presente estudo, que a aveia preta, quando em consórcio com a aveia branca, não expressou essa característica, visto que, nos primeiros cortes, tais combinações apresentaram valores inferiores para a biomassa seca.

Na média geral das combinações de aveias avaliadas, houve interação ($P<0,05$), apresentando maiores teores de matéria mineral (95,36 contra 84,90 g/kg⁻¹ MS) para a combinação TamPic, em relação

a TamGau, respectivamente. Já para os teores de proteína bruta (120,31 contra 108,59 g/kg⁻¹ MS), fibra em detergente neutro (642,74 contra 595,46 g/kg⁻¹ MS) e fibra em detergente ácido (456,72 contra 428,24 g/kg⁻¹ MS) houve comportamento inverso, com maiores valores para a combinação TamGau em relação ao TamPic (Tabela 4), respectivamente.

Nas diferentes combinações de aveias, os teores de MM decresceram em 1,61 g/kg⁻¹ MS ao dia para a combinação TamGau e 2,31 g/kg⁻¹ MS ao dia para a TamPic. Da mesma forma, os teores de PB também decresceram 3,02 e 1,41 g/kg⁻¹ MS ao dia, respectivamente. Com relação aos teores de FDN e FDA, os valores mantiveram-se estáveis com o avanço da maturidade fisiológica, para ambos os cultivares. O não decréscimo dos teores de FDN e FDA com o avanço da maturidade fisiológica decorre do acúmulo de amido nos grãos e da concentração de extrato etéreo na planta, mantendo estáveis os teores de FDN e FDA.

Tabela 4. Teores de matéria mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, das combinações de aveias associadas a diferentes épocas de colheita, a partir do início do florescimento.

| Combinações de aveias | Colheita, dias do florescimento | | | | | Média | Equação de regressão ¹ |
|---|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------|---|
| | 1° | 7° | 15° | 21° | 28° | | |
| Matéria mineral, g/kg ⁻¹ MS | | | | | | | |
| TamGau | 105,85 | 100,13 | 82,80 | 68,76 | 66,95 | 84,90 b | $\hat{Y} = 108,083 - 1,612D$ (R ² : 0,8226; CV: 8,85%; **) |
| TamPic | 121,82 | 118,12 | 97,23 | 74,40 | 65,27 | 95,36 a | $\hat{Y} = 128,637 - 2,311D$ (R ² : 0,9353; CV: 6,39; **) |
| Média | 113,83 | 109,12 | 90,01 | 71,58 | 66,11 | | $\hat{Y} = 11,8360 - 0,1962D$ (R ² : 0,8133; CV: 10,25; **) |
| Proteína bruta, g/kg ⁻¹ MS | | | | | | | |
| TamGau | 163,72 | 142,03 | 119,68 | 89,21 | 86,94 | 120,31 a | $\hat{Y} = 163,875 - 3,026D$ (R ² : 0,8853; CV: 9,08%; **) |
| TamPic | 130,16 | 120,07 | 102,93 | 95,48 | 94,31 | 108,59 b | $\hat{Y} = 128,964 - 1,418D$ (R ² : 0,6473; CV: 9,68; **) |
| Média | 146,94 | 131,05 | 111,30 | 92,34 | 90,62 | | $\hat{Y} = 146,419 - 2,222D$ (R ² : 0,6957; CV: 12,62; **) |
| Fibra em detergente neutro, g/kg ⁻¹ MS | | | | | | | |
| TamGau | 649,18 | 656,23 | 649,80 | 646,07 | 612,42 | 642,74 a | $\hat{Y} = 653,805 - 0,352D$ (R ² : 0,1188; CV: 3,93%; ns) |
| TamPic | 591,50 | 600,12 | 581,35 | 613,33 | 591,18 | 595,46 b | $\hat{Y} = 593,317 + 0,150D$ (R ² : 0,2027; CV: 5,91; ns) |
| Média | 620,34 | 628,17 | 615,57 | 629,70 | 601,80 | | $\hat{Y} = 623,561 - 0,101D$ (R ² : 0,2007; CV: 6,15; ns) |
| Fibra em detergente ácido, g/kg ⁻¹ MS | | | | | | | |
| TamGau | 427,50 | 457,10 | 467,90 | 461,47 | 469,63 | 456,72 a | $\hat{Y} = 437,966 + 1,301D$ (R ² : 0,2382; CV: 5,11%; ns) |
| TamPic | 417,34 | 441,55 | 432,23 | 437,47 | 412,64 | 428,24 b | $\hat{Y} = 431,380 - 0,218D$ (R ² : 0,2084; CV: 5,56; ns) |
| Média | 422,42 | 449,32 | 450,06 | 449,47 | 441,13 | | $\hat{Y} = 434,673 + 0,541D$ (R ² : 0,1341; CV: 6,39; ns) |

*Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% na comparação Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem entre si pelo Teste de F a 5%.

1 R²: coeficiente de determinação; CV: coeficiente de variação; *: P<0,05; **: P<0,01; ns: não significativo; e D: dias após início do florescimento para colheita, variando de 1 a 28 dias.

Schmidt et al.⁽²⁴⁾ elucidaram que o alto teor de matéria mineral na silagem pode estar atrelado às perdas de matéria orgânica durante a fermentação, o que resulta em maior concentração de minerais na massa. Assim, provavelmente, houve menor perda de matéria orgânica durante o processo fermentativo para a combinação TamGau, quando comparada à combinação TamPic. Esse fato pode ser explicado pela maior permanência da combinação TamGau em fase vegetativa, com maiores teores de matéria orgânica.

De acordo com Horst et al.⁽⁹⁾, o aumento do teor de MS da planta está relacionado ao fato de que, quando a mesma prossegue em seu estádio de desenvolvimento, a produção de MS aumenta, ao passo que os teores de PB e MM tendem a decrescer. Sugere-se que este fato esteja associado ao consumo de nutrientes pela planta, visto que há um aumento na exigência de nutrientes direcionados à deposição de amido e proteína na fase de enchimento de grãos com o avanço da época de colheita.

Em um estudo realizado por Mattos Leão et al.⁽¹⁹⁾, foi observada a redução nos teores de hemicelulose para silagem de aveia preta, enquanto que, para a de aveia branca, houve acréscimo com o aumento do número de cortes da planta. A redução nos teores da FDN para a combinação TamPic pode ser explicada pelo maior potencial de digestão da fração hemicelulose no processo de fermentação da silagem⁽¹⁹⁾, visto que a mesma é uma das três constituintes da FDN. A FDA está relacionada à parte fibrosa menos digestível no rúmen, considerada um limitante ao desempenho dos animais⁽²⁵⁾. A diminuição da fração FDA para a combinação TamPic pode ser relacionada à degradação da porção parcialmente digestível (celulose), pela ação de ácidos orgânicos produzidos, durante o processo de fermentação da silagem⁽²⁶⁾.

Na Tabela 5 verifica-se que não houve interação ($P<0,05$) entre combinações de aveias e época de colheita para o valor relativo do alimento, enquanto que para a degradação ruminal da MS, seja com 24 ou 48 horas de incubação, houve interação ($P<0,05$). Desta forma, a degradação ruminal da MS com incubação de 24 e 48 horas, na combinação TamGau decresceu ($P<0,05$) linearmente, respectivamente na proporção de 6,70 e 2,70 g/kg⁻¹ MS, a cada dia de avanço no ciclo reprodutivo, enquanto que para a combinação TamPic houve decréscimo ($P<0,05$) linear, respectivamente, sob menor proporção com valores de 4,64 e 1,70 g/kg⁻¹ MS a cada dia.

Os dados da Tabela 5 mostram, ainda, que na média geral, independentemente das épocas de colheita avaliadas, maiores valores ($P<0,05$) de valor relativo do alimento (90,66 contra 80,27) e de degradação ruminal da MS em 24 horas (497,71 contra 371,21 g/kg⁻¹ MS) da silagem ocorreram na combinação TamPic, em relação a TamGau, respectivamente, enquanto que para a degradação ruminal da MS em 48 horas não houve diferença entre as silagens das combinações avaliadas.

A maior degradação em 24 horas para a combinação TamPic pode ser atribuída ao fato de a mesma apresentar menores teores de fibra de baixa digestibilidade (FDA) e maiores teores de valor relativo do alimento, consequentemente (Tabela 5). Com o desenvolvimento e avanço da idade da planta, ocorre aumento nos teores de FDN e FDA, quando encontrados em menor digestibilidade, há interferência na qualidade nutricional resultante e no aproveitamento da forragem pelo animal⁽²⁷⁾. Assim, o aumento dos teores de carboidratos fibrosos pode impactar na repleção no trato gastrointestinal, gerando limitação no consumo dos ruminantes⁽²⁸⁾.

Tabela 5. Valor relativo do alimento (VRA) e degradação ruminal da MS em 24 e 48 horas de incubação, das combinações de aveias associadas a diferentes épocas de colheita, a partir do início do florescimento.

| Combinações de aveias | Colheita, dias do florescimento | | | | | Média | Equação de regressão ¹ |
|--|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------|---|
| | 1° | 7° | 15° | 21° | 28° | | |
| Valor relativo do alimento | | | | | | | |
| TamGau | 83,01 | 79,27 | 79,07 | 80,19 | 79,79 | 80,27 b | $\hat{Y} = 81,4196 - 0,0800D$ (R ² : 0,1273; CV: 5,97%; ns) |
| TamPic | 92,50 | 88,42 | 92,37 | 87,04 | 92,99 | 90,66 a | $\hat{Y} = 90,6433 - 0,0075D$ (R ² : 0,1001; CV: 6,78%; ns) |
| Média | 87,76 | 83,85 | 85,72 | 83,62 | 86,39 | | $\hat{Y} = 86,0314 - 0,0437D$ (R ² : 0,2032; CV: 8,81%; ns) |
| Degradação ruminal da MS em 24 horas de incubação, g/kg ⁻¹ MS | | | | | | | |
| TamGau | 458,27 | 454,15 | 325,81 | 314,62 | 303,24 | 371,21 b | $\hat{Y} = 467,709 - 6,704D$ (R ² : 0,5093; CV: 17,78%; *) |
| TamPic | 554,65 | 528,48 | 512,09 | 466,43 | 426,93 | 497,71 a | $\hat{Y} = 564,561 - 4,645D$ (R ² : 0,3920; CV: 11,66%; **) |
| Média | 506,46 | 491,31 | 418,95 | 390,52 | 365,08 | | $\hat{Y} = 516,135 - 5,674D$ (R ² : 0,2804; CV: 10,55%; **) |
| Degradação ruminal da MS em 48 horas de incubação, g/kg ⁻¹ MS | | | | | | | |
| TamGau | 608,94 | 574,46 | 549,53 | 542,52 | 532,63 | 561,61 a | $\hat{Y} = 600,605 - 2,709D$ (R ² : 0,2277; CV: 8,91%; *) |
| TamPic | 591,85 | 564,63 | 552,71 | 554,38 | 538,81 | 560,47 a | $\hat{Y} = 584,981 - 1,706D$ (R ² : 0,1702; CV: 11,12%; **) |
| Média | 600,39 | 569,54 | 551,12 | 548,45 | 535,72 | | $\hat{Y} = 592,793 - 2,207D$ (R ² : 0,1322; CV: 9,90%; **) |

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, na coluna, diferem entre si pelo Teste de F a 5%.

1 R²: coeficiente de determinação; CV: coeficiente de variação; *: P<0,05; **: P<0,01; ns: não significativo; e D: dias após início do florescimento para colheita, variando de 1 a 28 dias.

O valor relativo do alimento está relacionado ao consumo e à digestibilidade, pois TamPic apresentou menores teores de FDN e FDA, logo, maior valor relativo do alimento. O valor relativo do alimento pode ser definido como uma estimativa do valor nutricional da forragem, combinando o potencial de consumo estimado através da FDN, concomitantemente à digestibilidade do alimento representada pela FDN e FDA, sendo que este valor deve ser usado para comparação somente entre forrageiras⁽²⁹⁾.

Maiores degradações em 24 horas devem-se ao fato de que, nessas primeiras horas, os carboidratos não fibrosos (CNF), representados pelos açúcares solúveis em água (mono e dissacarídeos), amido e pectina, são rápida e completamente digeridos no trato gastrointestinal de ruminantes⁽³⁰⁾.

De maneira geral, não obstante a avaliação dos dados via equação de regressão, os produtores podem definir o tipo de alimento conservado que desejam produzir utilizando as diferentes combinações de aveias. Quando colhido em início de florescimento, houve uma necessidade de emurcamento na obtenção do pré-secado, devido aos baixos teores de matéria seca (134,81 g/kg⁻¹ MS), obtendo-se um material com alta participação de folhas, em média de 555,00 g/kg⁻¹ MS, a qual, consequentemente, determinou os teores de elevada PB (146,94 g/kg⁻¹ MS), uma FDN e FDA de maior digestibilidade, como é visto através da degradação ruminal da matéria seca em 24 ou 48 horas com 506,46 g/kg⁻¹ MS e 600,39 g/kg⁻¹ MS, porém com baixa produção de biomassa seca por unidade de área na ordem de 4,94 t.

Enquanto que outros produtores podem estar necessitando de uma silagem colhida com 28 dias de avanço do início do florescimento, na fase de grão farináceo, com menores teores de PB (90,62 g/kg⁻¹ MS), maiores teores de FDN e FDA, com menor capacidade de degradação ruiminal em 24 e 48h de 365,08 g/kg⁻¹ MS e 535,72 g/kg⁻¹ MS e maior produção de biomassa seca por unidade de área (9,20 t), tendo um custo menor de produção.

Ambos os alimentos conservados, colhidos no início ou ao final do ciclo produtivo, têm funções específicas dentro de dietas em que é necessária a presença de fibra fisicamente efetiva de alta digestibilidade, com maiores teores proteicos. Ambos os produtos apresentam-se como um volumoso de característica tamponante quando colhido no início do florescimento. Por outro lado, um volumoso com carboidratos fibrosos mais estruturados e baixos teores de proteína, conjuga um aspecto de dieta dinâmica em diferentes confecções, devido à presença de fibra estruturada, ajudando na taxa de ruminação dos animais.

4. Conclusão

Independentemente da combinação de aveias avaliada, o avanço do ciclo reprodutivo resultou no acréscimo dos teores de matéria seca e na produção de biomassa seca. No entanto, houve redução nos teores de matéria mineral e proteína bruta, além de limitação na degradação ruminal da matéria seca em ambas as combinações de aveias. A combinação TamPic demonstrou superioridade na composição química e na digestibilidade da matéria seca, já a combinação TamGau apresentou maior produção de biomassa seca. Esses resultados destacam a importância da escolha do genótipo em função do objetivo da produção forrageira, seja priorizando a qualidade nutricional ou a produtividade de biomassa seca.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesses.

Declaração de disponibilidade de dados

Os dados serão fornecidos mediante solicitação ao autor correspondente.

Contribuições do autor

Conceituação: M. Neumann. Curadoria de dados: M. Neumann. Análise formal: M. Neumann. Aquisição do financiamento: M. Neumann. Metodologia: M. Neumann. Recursos: M. Neumann. Software: M. Neumann. Supervisão: M. Neumann. Validação: M. Neumann. Investigação: M. Neumann, R. K. Ueno, D. R. da S. Pinto, J. A. de A. Giacomet, E. da S. B. Rosa e E. Baldissera. Visualização: M. Neumann, D. R. da S. Pinto e E. Baldissera. Redação (rascunho original): D. R. da S. Pinto e E. Baldissera.

Referências

1. Dall' Agnol E, Zeni M, Fontaneli RS, Bondan C. Misturas de cereais de inverno de duplo propósito para silagem de planta inteira. Research, Society and Development. 2022;11(8): e45511830938. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30938>
2. Zamarchi G, Pavinato PS, Menezes LFG, Martin TN. (2014). Silagem de aveia branca em função da adubação nitrogenada e pré-murchamento. Semina: Ciências Agrárias. 2019;35(4):2185–2185. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4p2185>
3. Zilio M, Peloso JA, Mantovani A. Produção de forragem e de grãos de trigo de duplo propósito submetido a diferentes densidades de semeadura, adubação nitrogenada e manejos de corte. Revista De Ciências Agroveterinárias. 2018;16(4):367–375. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5965/223811711642017367>
4. Dall' Agnol E, Zeni M, Silveira DC, Fontaneli RS, Rebesquini R, Panisson FT, Ceolin MET, Escobar FM, Webber MPC. 7. Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola. 2021;1(180):30-35. <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1132333&biblioteca=vazio&busca=ILP&qFacets=ILP&sort=&paginacao=t&paginaAtual=3>
5. Moreira GLP, Moreira ES, Prates CJN, Cardoso NS, Viana AES, Lopes SC. Produtividade da biomassa e composição bromatológica de genótipos de aveia forrageira em Vitória da Conquista. Scientia Plena. 2017;13(3):1-10. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2017.030201>

6. Bueno AVI, Ribeiro MG, Jacovaci FA, Três TT, Leão GFM, Gomes ALM, Jobim CC. Nutritional value and digestible dry matter production of oat genotypes for ensiling. *Ciência Animal Brasileira*. 2020;21(e-58129). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-6891v21e-58129>
7. Dochwat A, Neumann M, Bumbieris Junior VH, Heker Junior JC, Cristo FB, Zdepski BF, Souza AM, Matchula AF. Produção e qualidade nutricional de forragem de aveia preta cultivada em diferentes povoamentos sob regime de cortes sucessivos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2020;72(05):1936-1946. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-11313>
8. Jobim CC, Nussio LG, Reis RA, Schmidt P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2007;36:101-119. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013>
9. Horst EH, Neumann M, Mareze J, Leão GFM, Dochwat A. Silagem pré-secada de cereais de inverno em estádio de pré-florescimento: Revisão. *Pubvet*. 2017;11(4):415-423. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n4.415-423>
10. Macêdo AJS, Santos EM, Oliveira JS, Perazzo AF. Microbiologia de silagens: Revisão de Literatura. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 2017;18(9):1-11. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63653009020>
11. Michalovich L, Müller MML, Tormena CA, Warren A, Dick MV, Meert L. Soil chemical attributes, nutrient uptake and yield of no-till crops as affected by phosphogypsum doses and parcelling in southern Brazil. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2018;65(3):385-399. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2018.1505041>
12. Sociedade Brasileira De Ciências Do Solo, Núcleo Estadual Paraná. Manual de adubação e calagem do estado do Paraná, Curitiba, 2017.
13. Association Of Official Analytical Chemists – A.O.A.C. Official methods of analysis. 16.ed Washington, D.C. 1995.
14. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*. 1991;74(10):3583-3597. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(91\)78551-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(91)78551-2)
15. Goering HK, Van Soest PJ. Forage fiber analyses: (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Washington, D.C.: Agricultural Research Service, U.S. Dept. of Agriculture; 1970. Disponível em: <https://handle.nal.usda.gov/10113/CAT87209099>.
16. Børsen KK, Ashbell G, Weinberg ZG. Silage fermentation and silage additives - Review -. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*. 1996;9(5):483-494. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.1996.483>
17. Nocek JE. In situ and Other Methods to Estimate Ruminal Protein and Energy Digestibility: A Review. *Journal of Dairy Science*. 1988;71(8):2051-2069. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(88\)79781-7](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(88)79781-7)
18. SAS institute. Statistical Analysis System: SAS Institute INC: 1993.
19. Mattos Leão GF, Jobim CC, Neumann M, Santos SK, Horst EH, Santos LC. Aspectos produtivos e nutricionais de cereais de inverno em regimes de corte para ensilagem. *Archivos de Zootecnia*. 2019;68(262):128-136. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21071/az.v68i262.4132>
20. Tavares AR, Fontaneli RS, Santos HP, Favero D, Biazus V, Rebechi IA. Rendimento de Forragem em Consorciações de Gramíneas Anuais de Inverno. In: Mostra De Iniciação Científica, 9. Mostra De Pós-Graduação Da Embrapa Trigo, 6., 2015. A construção de um cientista! Anais eletrônicos [Anais]. Embrapa, Passo Fundo-RS.
21. Demétrio JV, da Costa ACT, Oliveira PSR. Produção de biomassa de cultivares de aveia sob diferentes manejos de corte. *Pesquisa Agropecuária Trop*. 2012;42(2):198-205. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000200011>
22. Basso KC, Barbero LM. Anatomia foliar de forrageiras e a sua relação com o valor nutritivo. *Vet Not. (Online)*. 2015;20(1):1-10. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/VT21N1a2015.24423>
23. Lehmen RI, Fontaneli RS, Fontaneli RS, Santos HP. Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. 2014;44(7):1180-1185. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130840>
24. Schmidt P, Novinski CO, Junges D, Almeida R, Souza CM. Concentration of mycotoxins and chemical composition of corn silage: A farm survey using infrared thermography. *Journal of Dairy Science*. 2015;98(9):6609-6619. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8617>
25. Gralak E, Faria MV, Possato Júnior O, Rossi ES, Silva CA, Rizzardi DA, Mendes MC, Neumann M. Capacidade Combinatória de Híbridos de Milho para Caracteres Agronômicos e Bromatológicos da Silagem. *Revista Brasileira de Milho E Sorgo*. 2014;13(2):187-200. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p187-200>
26. Larsen SU, Hjort-Gregersen K, Vazifehkhshan AH, Triolo JM. Co-ensiling of straw with sugar beet leaves increases the methane yield from straw. *Bioresource Technology*. 2017;245:106-115. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.117>

27. Fischer A, Duchini PG, Echeverria JR, Miqueloto T, Bernardon A, Américo LF (2017). Animal production on cultivated pasturelands in temperate climate regions of Latin America. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 2017;25(1-2):45–55. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6810395>
28. Mattos Leão GF, Jobim CC, Neumann M, Bueno AVI, Ribeiro MG, Jacovaci FA, Horst EH, Silva MRH, Askel EJ. Parâmetros nutricionais e estabilidade aeróbia de silagens de cereais de inverno submetidas a diferentes regimes de corte no estádio vegetativo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia*. 2016;68(6):1664–1672. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9082>
29. Marafon F, Neumann M, Carletto R, Wrobel FDL, Mendes ED, Spada CA, Faria MV. Características nutricionais e perdas no processo fermentativo de silagens de milho, colhidas em diferentes estádios reprodutivos com diferentes processamentos de grãos. *Semina: Ciências Agrárias*. 2015;36(2):917. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n2p917>
30. Bezerra HFC, Santos EM, Oliveira JS, Carvalho GGP, Cassuce MR, Perazzo AF, Freitas DSS, Santos VS. Degradabilidade ruminal in situ de silagens de capim-elefante aditivadas com farelo de milho e inoculante da microbiota autóctone. *Revista Brasileira de Saúde E Produção Animal*. 2015;16(2):265–277. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-99402015000200001>