

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE CEREAIS DE INVERNO
PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM VERDE E SILAGEM

Autor: Guilherme Fernando Mattos Leão
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
Co-orientador: Prof. Dr. Mikael Neumann

MARINGÁ
Estado do Paraná
2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE CEREAIS DE INVERNO
PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM VERDE E SILAGEM

Autor: Guilherme Fernando Mattos Leão
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
Co-orientador: Prof. Dr. Mikael Neumann

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração: Forragicultura e Pastagens.

MARINGÁ
Estado do Paraná
2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

L437e Leão, Guilherme Fernando Mattos
Estratégias de manejo de cereais de inverno para
produção de forragem verde e silagem / Guilherme
Fernando Mattos Leão. -- Maringá, 2016.
96 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim.
Coorientador: Prof. Dr. Mikael Neumann
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, 2016

1. Cultura de inverno. 2. Gramíneas anuais. 3.
Fitomassa. 4. Triticale. 5. Estocagem - Silagem. 6.
Ensilagem. I. Jobim, Clóves Cabreira, orient. II.
Neumann, Mikael, coorient. III. Universidade
Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias.
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 21.ed.636.0862

BCSL



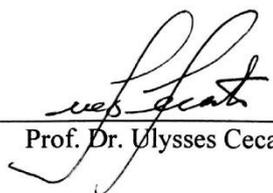
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

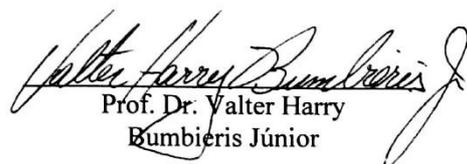
ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE CEREAIS DE INVERNO PARA PRODUÇÃO DE FORRAGEM E SILAGEM

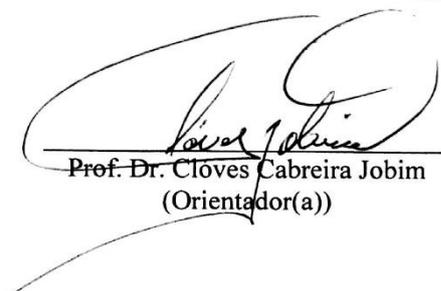
Autor: Guilherme Fernando Mattos Leão
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Pastagem e
Forragicultura

APROVADA em 18 de fevereiro de 2016.


Prof. Dr. Ulysses Cecato


Prof. Dr. Valter Harry
Bumbieris Júnior


Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
(Orientador(a))

“É preciso saber lutar como um **leão**, mas lutar por sonhos que valham a pena.”

(Roberto Shinyashiki)

Ao grupo Nupran

OFEREÇO

A Deus, tropeiro do universo, que possibilitou minha existência e que me acompanha
nesta caminhada pela invernada da vida.

À minha família, por ser minha grande fonte de felicidade e alegria.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais, Fernando e Janete, que moldaram meu caráter e que principalmente me deram exemplo de honestidade, fibra, coragem, fé e humildade. Da mesma forma, agradeço imensamente à minha tia, Josiane, minha avó, Geralda, e meu irmão, Daniel, pela colaboração no dia-a-dia bem como o carinho, amor e confiança em mim depositados. Todos, a seu modo, não mediram esforços para garantir que este sonho fosse possível. O meu muito obrigado; serei eternamente grato a vocês por tudo. Especialmente gostaria de agradecer a meu pai e meu irmão, por terem me ajudado inclusive no experimento de campo. Sua ajuda foi essencial!

Agradeço também à minha companheira Sthefany, a qual foi peça importante nesta conquista, seja pelas discussões técnicas (que foram e sempre serão muitas), pelos aprendizados que você me proporcionou, como também pelo amor, apoio, confiança e pelo estímulo de me fazer ser uma pessoa melhor a cada dia. Ao seu José Luiz, dona Marlei e a Therency também agradeço, por constituírem minha segunda família, por serem essenciais, pois sempre me motivaram e acreditaram em meu potencial.

A todos os meus amigos gostaria de agradecer por fazerem minha caminhada até aqui certamente mais feliz e que me proporcionaram muitas horas de diversão.

Gostaria de agradecer a todos os meus professores que tive até hoje em minha formação, pois cada um agregou algo em meu campo de conhecimento. Em especial, gostaria de agradecer nominalmente ao professor Marlon Richard Hilário da Silva, pelos ensinamentos, pela confiança em mim depositada, pelas inúmeras viagens entre Maringá e Guarapuava, sempre com boas conversas. Ao Robson Ueno, também agradeço pelos conselhos de grande valia, por sempre aguçar meu senso crítico, pelas experiências contadas, por acreditar em mim e, sem dúvida, por ser referência profissional. Agradeço especialmente ao Egon Horst, por ter sido meu braço direito na condução do experimento de campo e na coordenação do Nupran no ano de 2014-2015. Obrigado caros amigos.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, professor Clóves Jobim, por ter me orientado, por também ser uma grande referência profissional e por ter permitido a realização de meu experimento em Guarapuava.

Gostaria também de agradecer particularmente ao meu co-orientador, Mikael Neumann, que me proporcionou além de ensinamentos a oportunidade de realizar meu projeto em Guarapuava e me confiar um cargo na coordenação de seu grupo de pesquisa

(Nupran). Agradeço também pelas viagens técnicas, de grande importância, e sobretudo por me fazer trabalhar com os braços, mas primordialmente com a mente, com vistas a me garantir pensamento crítico, além de me dar experiência de campo e da vida acadêmica de pesquisador.

Gostaria, da mesma forma, de agradecer ao NUPRAN, núcleo de produção animal, instituição que participei e que me proporcionou altas densidades de conhecimento. Gostaria de agradecer todos os estagiários e colaboradores do grupo, pois cada um me auxiliou de bom grado, sempre que possível. Meu muito obrigado! Espero ter contribuído um pouco, pelo menos, da grande ajuda que recebi de vocês.

Ao CNPQ, pela bolsa de estudos recebida, sem a qual não seria nada possível.

Gostaria de agradecer à Agrícola Estrela, na pessoa do senhor Roberto Pfann, e também à Cooperativa Agrária, na pessoa do senhor Eduardo Pletz, pela grande ajuda prestada a mim, por fornecerem as sementes dos cereais de inverno e sem as quais não seria possível a realização do meu experimento. Muito obrigado!

À Medicina Veterinária, nobre profissão, que me faz ser realizado no âmbito profissional de minha vida.

Ao Sítio Maria Adelaide, berço de meu interesse pela área agropecuária, lar de meus anseios e paz de meu espírito.

Além de tudo, gostaria de saudar a memória do meu querido avô, Walter, exemplo de vida, de pessoa e de homem, que por certo levarei por toda a vida. Lamento que não esteja aqui hoje para me ver como Médico Veterinário e mestre em Zootecnia, mas certamente, onde quer que esteja, saberá a importância que teve nesta conquista.

A Deus, sobre todas as coisas.

BIOGRAFIA

Guilherme Fernando Mattos Leão, filho de Fernando Wilder Mattos Leão e Janete Wuchryn Mattos Leão, nasceu em Guarapuava, Paraná, em 30/06/1991.

Em março de 2009, iniciou os estudos em Medicina Veterinária na Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO-PR), concluindo-o em dezembro de 2013.

Em março de 2014, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), submetendo sua dissertação à banca em fevereiro de 2016.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
I – INTRODUÇÃO GERAL.....	16
II – REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 Potencial da utilização de forragens de inverno na alimentação de ruminantes.....	18
2.2. Uso de diferentes estratégias de manejo na utilização de cereais de inverno	25
2.2.1 Regime de cortes.....	26
2.2.2 Tempos de estocagem de silagens.....	26
2.3 Referências	27
III – OBJETIVOS GERAIS.....	31
IV - AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E NUTRICIONAL DE CEREAIS DE INVERNO SUBMETIDAS A UM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE FORRAGEM E DE SILAGEM.....	32
Resumo	32
Abstract	32
Introdução	33
Material e Métodos	34
Resultados.....	39
Discussão.....	47
Conclusões	50
Referências	50
V – AVALIAÇÃO DE SILAGENS DE CEREAIS DE INVERNO EM UM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE FORRAGEM VERDE E	54

SILAGEM.....	
Resumo	54
Abstract	54
Introdução	55
Material e Métodos	56
Resultados.....	62
Discussão.....	67
Conclusões	71
Referências	71
VI - COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE CEREAIS DE INVERNO EM DIFERENTES TEMPOS DE ESTOCAGEM.....	75
Resumo	75
Abstract	75
Introdução	76
Material e Métodos	77
Resultados.....	83
Discussão.....	89
Conclusões	92
Referências	92

LISTA DE TABELAS

Página

II – REFERENCIAL TEÓRICO

TABELA 1	Rendimento de matéria seca (kg de MS ha ⁻¹) de cereais de inverno de acordo com dados da literatura	19
TABELA 2	Avaliação do teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEMI), digestibilidade da matéria seca (DMS), pH, nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) e capacidade tampão (CT) de silagens de cereais de inverno colhidas em estágio de grão farináceo	22
TABELA 3	Avaliação dos nutrientes digestíveis totais (NDT), em porcentagem e em kg por hectares, energia líquida de lactação e potencial de produção de leite por hectare de silagens de cereais de inverno colhidas em estágio de grão farináceo	25

IV - AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E NUTRICIONAL DE CEREAIS DE INVERNO SUBMETIDAS A UM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE FORRAGEM E DE SILAGEM

TABELA 1	Produção de massa de forragem e teor de matéria seca de cereais de inverno submetidos a dois sistemas de corte em estágio vegetativo, previamente à colheita para ensilagem	40
TABELA 2	Produção de forragem ensilável e teor de matéria seca no momento da ensilagem de cereais de inverno colhidos em estágio de grão farináceo mole submetidos a três manejos de corte	41
TABELA 3	Altura das plantas de cereais de inverno no momento do corte para ensilagem de acordo com o sistema de corte em que foi submetido	42
TABELA 4	Composição morfológica (% MV) de cereais de inverno submetidos a diferentes manejos de corte, no momento da colheita para ensilagem em estágio de grão farináceo	43
TABELA 5	Composição nutricional de cereais de inverno submetidos a dois manejos de corte no estágio vegetativo, visando produção de forragem	45
TABELA 6	Composição nutricional de cereais de inverno submetidos a dois manejos de corte no estágio vegetativo (0, 1 ou 2 cortes) e colhidos em estágio de grão farináceo no momento da ensilagem	46

V – AVALIAÇÃO DE SILAGENS DE CEREAIS DE INVERNO EM UM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE FORRAGEM VERDE E SILAGEM

TABELA 1	Composição nutricional de silagens de cereais de inverno submetidos a manejos de corte em estágio vegetativo e ensilados em estágio de grão farináceo mole	63
TABELA 2	Avaliação de perdas de matéria seca de silagens de cereais de inverno submetidos a manejos de corte e ensilados em estágio de grão farináceo	64
TABELA 3	Índice de recuperação de matéria seca de silagens de cereais de inverno submetidos a manejos de corte e ensilados em estágio de grão farináceo	64
TABELA 4	Médias e equação de regressão do comportamento da temperatura, após a abertura do silo, das silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes manejos de corte	65
TABELA 5	Médias e equação de regressão do comportamento do pH, após a abertura do silo, das silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes manejos de corte	66
TABELA 6	Temperatura média e pH médio das silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes manejos de corte, após a abertura do silo	66

VI - COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE CEREAIS DE INVERNO EM DIFERENTES TEMPOS DE ESTOCAGEM

TABELA 1	Composição nutricional de silagens de cereais de inverno ensilados em estágio de grão farináceo e submetidos a diferentes tempos de estocagem	83
TABELA 2	Equação de regressão do comportamento da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) de acordo com os dias de estocagem das silagens de cereais de inverno	84
TABELA 3	Taxa de desaparecimento ruminal de silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes tempos de estocagem	85
TABELA 4	Índice de recuperação de matéria seca de silagens de cereais de inverno ensilados em estágio de grão farináceo e submetidos a diferentes tempos de estocagem	87
TABELA 5	Índice de pH no momento da abertura de silagens de cereais de inverno ensilados em estágio de grão farináceo e submetidos a diferentes tempos de estocagem	87
TABELA 6	Médias e equação de regressão do comportamento da temperatura, após a abertura do silo, das silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes tempos de estocagem	88
TABELA 7	Médias e equação de regressão do comportamento do pH, após a abertura do silo, das silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes tempos de estocagem	88

LISTA DE FIGURAS

	Página
II – REFERENCIAL TEÓRICO	
FIGURA 1 Perfil de ácido láctico, acético e butírico oriundos de silagens de milho, sorgo, trigo, triticale, cevada e aveia.	24
IV - AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E NUTRICIONAL DE CEREAIS DE INVERNO SUBMETIDAS A UM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE FORRAGEM E DE SILAGEM	
FIGURA 1 Dados de precipitação pluviométrica (mm) e insolação em horas dia ⁻¹ ocorridos no período de junho a novembro de 2014, por decêndio, em Guarapuava – PR	35
FIGURA 2 Dados de temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar (%), ocorridos no período de junho a novembro de 2014, por decêndio, em Guarapuava – PR.	35
FIGURA 3 Produção de massa de forragem seca total (Forragem verde + ensilagem) de cereais de inverno submetidos a um sistema integrado de forrageamento e produção de silagem.	42
FIGURA 4 Participação de material senescente em relação ao percentual de folhas totais no momento da ensilagem de cereais de inverno submetidos a um sistema integrado de produção de forragem verde e silagem.	44
V – AVALIAÇÃO DE SILAGENS DE CEREAIS DE INVERNO EM UM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO DE FORRAGEM VERDE E SILAGEM	
FIGURA 1 Dados de precipitação pluviométrica (mm) e insolação em horas dia ⁻¹ ocorridos no período de junho a novembro de 2014, por decêndio, em Guarapuava – PR	57
FIGURA 2 Dados de temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar (%), ocorridos no período de junho a novembro de 2014, por decêndio, em Guarapuava – PR	57
FIGURA 3 Avaliação da estabilidade aeróbia de silagens de cereais de inverno submetidos a um sistema integrado de produção de forragem verde e posterior produção de silagem	67

VI - COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE CEREAIS DE INVERNO EM DIFERENTES TEMPOS DE ESTOCAGEM

FIGURA 1	Dados de precipitação pluviométrica (mm) e insolação em horas dia ⁻¹ ocorridos no período de junho a novembro de 2014, por decêndio, em Guarapuava – PR	78
FIGURA 2	Dados de temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar (%), ocorridos no período de junho a novembro de 2014, por decêndio, em Guarapuava – PR	78
FIGURA 3	Comportamento da taxa de desaparecimento no rúmen de silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes tempos de estocagem	86
FIGURA 4	Avaliação da quantidade de horas para perda da estabilidade aeróbia de silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes tempos de estocagem	89

RESUMO

O presente estudo constou da avaliação agrônômica e nutricional de cereais de inverno submetidos a um sistema integrado de manejo para produção de massa de forragem e produção de silagem. Foram avaliados os seguintes materiais: o trigo (*Triticum aestivum* cv. BRS Gralha Azul), cevada (*Hordeum vulgare* cv. BRS Brau), aveia branca (*Avena sativa* cv. URS Guará), aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) e triticale (*X Triticosecale* cv. IPR 11), sob três estratégias de manejo: sem cortes em estágio vegetativo (T₁), com um corte (T₂), e com dois cortes (T₃), e subsequente produção de silagem para cada tratamento. Observou-se que a aveia preta foi o material de maior produção de massa de forragem seca em estágio vegetativo com um corte (720 kg ha⁻¹), diferindo apenas da cevada (400 kg ha⁻¹), enquanto que na produção de massa de forragem seca para ensilagem, com o aumento do número de cortes, houve diminuição da produção dos materiais, sendo que o triticale manteve produtividade superior (P<0,05) aos demais materiais (12.317; 11.336 e 5.915 kg ha⁻¹), apresentando alta estabilidade de produção ao manejo de cortes sucessivos. Na avaliação nutricional dos cortes em estágio vegetativo, os cereais foram semelhantes nos parâmetros avaliados. Na avaliação das silagens, a cevada mostrou melhores resultados no valor nutricional para o sistema com um e dois cortes e maiores índices de recuperação de matéria seca juntamente com a aveia branca, para os três manejos de corte. Para a estabilidade aeróbia, as silagens foram bastante semelhantes entre si e foram consideradas com boa estabilidade após a abertura dos silos, com exceção da aveia branca e aveia preta no manejo sem cortes. Na avaliação das silagens de cereais de inverno submetidas a diferentes tempos de estocagem, a cevada apresentou valores superiores (P<0,05) de NDT (558,2; 544,7 e 531,6 g kg MS⁻¹), independentemente do tempo de estocagem, e maior desaparecimento ruminal médio (50,03%), embora não diferindo para o triticale neste quesito (48,16%). A estocagem por um período superior de 60 dias não trouxe benefícios para os parâmetros qualitativos das silagens dos cereais de inverno.

Palavras-chave: culturas de inverno, gramíneas anuais, fitomassa, ensilagem, estocagem.

ABSTRACT

This study consisted in agronomic and nutritional evaluation of winter cereals submitted to an integrated management system for mass forage and silage production. The following materials were evaluated: wheat (*Triticum aestivum* cv. BRS Gralha Azul), barley (*Hordeum vulgare* cv. BRS Brau), white oat (*Avena sativa* cv. URS Guar), black oat (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) and triticale (*X Triticosecale* cv. IPR 11) in three management strategies: no vegetative stage cuts (T₁), a cut (T₂), and two cuts (T₃), and subsequent production of silage for each treatment. The black oat was the material with high fresh forage mass production (720 kg ha⁻¹) differing only of barley (400 kg ha⁻¹) vegetative stage with a cut, while in forage mass production for silage with the increased number of cuts the production was reduced in the materials, and triticale kept higher yield (P <0.05) to the remaining material (12,317; 11,336 and 5,915 kg ha⁻¹) having high production stability to the management of successive cuts. In the nutritional assessment of the vegetative stage cuts, cereals were similar in the evaluated parameters. In the evaluation of silages, barley showed better results in nutritional value to the system with one and two cuts and higher dry matter recovery rates with white oat for the three cutting managements. For aerobic stability, silages were very similar and were considered to have good stability after opening the silos, with the exception of white and black oat without cuts management. In the assessment of winter cereal silages submitted to different storage times, barley showed higher values (P <0.05) of NDT (558.2; 544.7 e 531.6 g kg DM⁻¹), regardless of time storage, and higher average ruminal disappearance (50.03%) but did not differ of triticale in this regard (48.16%). The storage for more than 60 days brought no benefits for the qualitative parameters of silages of winter cereals.

Keywords: winter crops, annual grasses, fitomass, ensiling, storage

I. INTRODUÇÃO GERAL

A fração volumosa é de essencial importância na dieta de ruminantes. Aliás, é a capacidade de digerir tal alimento que os fazem receberem tal nomenclatura. A alimentação baseada em alimentos volumosos, apesar de ser muito explorada, também possui diversas limitações, sendo que uma destas seria o próprio crescimento do estande do pasto, que acaba por limitar a opção de pastejo em épocas de déficit de desenvolvimento (NEUMANN et al., 2014).

Uma solução tangível a este problema se aplica na armazenagem de alimentos conservados. São exemplos destes alimentos a silagem, o feno e a silagem pré-secada. Cada um destes é obtido por distintos meios de conservação e são utilizados na área de produção de ruminantes para a suplementação em épocas de déficit de crescimento, conforme supracitado, ou também como parte integrante da dieta o ano todo.

Especificamente com relação à silagem, esta é por definição um alimento úmido, fibroso, oriundo de um processo fermentativo em condições anaeróbicas, sendo conservado mediante decréscimo do pH da massa ensilada (JOBIM e NUSSIO, 2013).

Todavia, embora esta conceituação seja simples, o processo em si é complexo, abrangente e de ordem multifatorial. O conhecimento de todas as etapas de conservação passa a ser relevante e isto faz com que perdas controláveis sejam evitadas e o processo seja mais sustentável e produtivo.

Dentre todos os materiais passíveis de uso em silagem, o milho é notoriamente o mais utilizado no Brasil (BERNARDES e REGO, 2014). Os motivos para sua utilização são devidos à sua facilidade de cultivo, boa composição bromatológica e bom perfil fermentativo, possuindo teor de matéria seca (MS) entre 30% a 35%, e no mínimo 3% de carboidratos solúveis na matéria original, baixa capacidade tampão, fatos que implicam em uma boa fermentação microbiana no silo (PEREIRA et al., 2004).

No entanto, o milho é uma gramínea C₄ com crescimento em épocas de verão, sendo necessários outros tipos de cultivo em épocas de inverno em regiões mais frias,

com vistas a potencializar o uso de recursos como a terra, infraestrutura e mão de obra, além de prevenir riscos como a falta de alimentos em casos de intempéries (ROSÁRIO et al., 2012; LEHMEN et al., 2014).

No contexto de produção na região sul do Brasil, com predominância de clima subtropical, o uso de cereais de inverno para gerar a produção de forragem visando alimentação de ruminantes é cabível, pois estes materiais aliam bom potencial de produção de matéria seca e qualidade nutricional (ROSÁRIO et al., 2012).

Dentre os cereais de inverno, cabe destacar as características quanti-qualitativas específicas de cinco cereais de inverno: Trigo (*Triticum aestivum*), cevada (*Hordeum vulgare*), aveia branca (*Avena sativa*), aveia preta (*Avena strigosa*) e triticale (*Triticosecale*). Contudo, estratégias de manejo devem ser desenvolvidas no tocante a se otimizar o uso destas culturas e gerar recomendações mais assertivas dentro do contexto de planejamento forrageiro de cada propriedade.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Potencial da utilização de forragens de inverno na alimentação de ruminantes

A estacionalidade de produção de forragens é evidente no sul do Brasil no período de outono, uma vez que a oferta e qualidade das forragens são baixas, e esta etapa coincide ao momento simultâneo de fim de ciclo das forrageiras de verão e início de desenvolvimento das forrageiras de inverno (LEHMEN et al., 2014).

Deste modo, os cereais de inverno constituem uma alternativa, a qual teve a sua relevância aumentada ao longo dos anos, com o desenvolvimento de genótipos produtivos e também devido à sua comprovada versatilidade, especialmente relativo ao seu manejo de duplo propósito. Tais pontos contribuem para minimizar tal sazonalidade supracitada na produção de forragem, gerando maior incremento produtivo, seja para a produção de carne ou leite.

Em termos produtivos, os cereais de inverno apresentam uma produção em kg de fitomassa seca por hectare relevante, sendo utilizadas em cultivo solteiro ou em consórcio, visando o aumento da exploração animal (NORO et al., 2003). A produção de fitomassa seca comparativamente com cereais de verão, a exemplo do milho, é menor.

A justificativa seria que estas plantas são gramíneas tipo C₃ e por isto exigem menor ganho líquido de energia para o crescimento. Por possuírem metabolismo C₃ há a possibilidade de ocorrer oxigenação da enzima ribulose 1,5 bifosfatocarboxilase (RUBISCO), e conseqüente formação de radicais livres, o que é deletério para as ações fisiológicas normais. A planta, por conseqüência, tende a ter um gasto energético somente para inibir tal formação de radicais, sobrando menor quantidade de energia destinada ao crescimento (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Dentre os cereais de inverno, destacam-se: o trigo (*Triticum aestivum*), cevada (*Hordeum vulgare*), aveia branca (*Avena sativa*), aveia preta (*Avena strigosa*) e triticales (*X Triticosecale*).

Na Tabela 1, estão sumarizados alguns resultados encontrados na literatura expressando o rendimento destes cereais de inverno.

Na análise da Tabela 1, pode-se observar que a aveia branca, na média dos trabalhos avaliados, foi a que apresentou maior produção de MS (7.561 kg ha⁻¹), sendo seguida pelo triticale (6.933 kg ha⁻¹), trigo (6.444 kg ha⁻¹), aveia preta (6.338 kg ha⁻¹) e cevada (5.014 kg ha⁻¹).

Tabela 1. Rendimento de matéria seca (kg de MS ha⁻¹) de cereais de inverno de acordo com dados da literatura

Trabalhos em literatura	Trigo	Triticale	Cevada	Aveia Branca	Aveia Preta
Lehmen et al. (2014)	9.812	10.071	6.500	9.144	9.552
Meinerz et al. (2011)	8.262	9.267	6.648	11.913	7.376
Fontaneli et al.(2009)	5.096	5.234	4.099	6.159	5.937
Bortolini et al. (2004)	2.609	3.162	2.812	3.029	2.489
Média	6.444	6.933	5.014	7.561	6.338

Fonte: Elaboração do autor

Em comparação deste valor com a produção obtida em trabalho mais antigo (BORTOLINI et al., 2004), nota-se que houve incremento produtivo na ordem de 59,93%. Isto notavelmente é fruto do processo de melhoramento genético que houve na aveia branca, proporcionando maior produção, especialmente na produção de grãos (HAWERROTH et al., 2015).

De forma característica, a aveia branca apresenta-se como uma espécie de grande interesse para o manejo de duplo propósito. Todavia, esta espécie possui baixa rusticidade, o que lhe confere maior susceptibilidade a doenças, sobretudo doenças fúngicas, além de maior exigência de fertilidade de solo (CARVALHO et al., 2013).

O triticale também obteve igualmente uma evolução produtiva expressiva. Comparativamente com avaliações mais antigas, houve incremento de produção de 54,78% (6.993 *versus* 3.162 kg.ha⁻¹). O triticale é um cereal cada vez mais explorado, uma vez que é caracterizado como um híbrido entre o centeio e o trigo, o que lhe confere a rusticidade e adaptabilidade do primeiro aliado com o bom potencial de produção e qualidade nutricional do segundo (VENDRAMINI et al., 2013).

A aveia preta, por sua vez, é reconhecidamente uma espécie de alta rusticidade, resistência a doenças, sendo amplamente usada em sistemas de pastejo. No entanto, possui problemas específicos decorrentes do acamamento e maior exigência de água em comparação com outros cereais de inverno (CARVALHO et al., 2013).

Já o trigo tem pouca rusticidade, o que lhe confere os mesmos problemas já citados para a aveia branca. No entanto, sua qualidade nutricional é elevada e, além disto, as cultivares voltadas ao manejo de duplo propósito possuem elevada produção de massa verde, tolerância ao pastejo ou corte, e ainda são boas produtoras de grãos, dessa

forma é possível produzir forragem no período de inverno e depois do corte ou pastejo ainda produzir grãos (DEL DUCA, 2000).

Com relação à cevada, embora possua a menor produtividade e menor rusticidade, é considerada uma gramínea de alta aceitabilidade pelos ruminantes, o que lhe confere o uso em determinadas situações de manejo. Outra vantagem seria sua maior tolerância a geadas comparativamente a outros cereais de inverno (MORAES, 1995).

Aliás, as condições ambientais de inverno, especialmente nas regiões subtropicais, apresentam alto risco de geadas ou intempérie causadas por chuvas intensas, o que pode limitar a produção dos cereais de inverno. Sendo assim, a adoção de uma estratégia de menor dependência climática é necessária e o apelo pela produção de alimentos conservados, sobretudo silagem, são cada vez mais latentes.

Conforme citado anteriormente, a ensilagem é um processo complexo, abrangente e multifatorial. A premissa básica seria a conservação do material em anaerobiose com acidificação do meio, preservando a qualidade nutricional próxima do material natural, visando à menor prevalência de perdas possível no processo (KUNG JR et al., 2009).

Os cereais de inverno possuem bons valores nutricionais do material natural e podem ser indicados para a produção de alimentos conservados. No entanto, para a produção de silagem, sua colheita deve ser mais tardia em relação ao uso em pastejo, sendo indicado o estágio fenológico de grão pastoso ou grão farináceo (FONTANELI et al., 2009; ROSÁRIO et al., 2012).

A escolha destes estádios seria justificada por representar ponto de inflexão entre a maior produção de fitomassa seca correlacionado a um teor de matéria seca mais elevado do material. A maior produção de fitomassa é encontrada em estádios mais tardios e, portanto, é vantajoso para a diluição de custos de produção. Beck et al. (2009) ilustram tal hipótese uma vez que a produção de matéria seca por hectare em estágio de grão farináceo do trigo foi 55,5% superior à encontrada em estágio de florescimento (6.261 kg ha^{-1} versus 2.781 kg ha^{-1}).

Por outro lado, o teor de matéria seca tem sentido mais amplo, uma vez que seu correto ponto tem impacto na quantidade de água para atividade de microrganismos no silo e relação com as perdas por efluentes (JOBIM e NUSSIO, 2013).

O teor de matéria seca adequado para boa fermentação no silo seria entre 28 a 40%. Teores de matéria seca abaixo de 28% refletiriam em maior atividade de água (A_w) que propiciariam desenvolvimento de bactérias indesejáveis, como as pertencentes

ao gênero *Clostridium*, os quais consomem nutrientes do material transformando-os, por meio de reações químicas, em ácido butírico (JOBIM e NUSSIO, 2013).

Tal fermentação é indesejada, pois gera altas perdas de matéria seca por meio dos efluentes e produção de aminas biogênicas que são depressoras de consumo voluntário dos animais. Além disto, existem espécies de clostrídeos (*C.sporogenes*) que são proteolíticos, reduzindo assim o teor de proteína bruta do material ensilado, causando redução no valor nutricional final (PAHLOW et al., 2003).

Por outro lado, a ensilagem de material acima de 40% de MS acarreta problemas de compactação inadequada (JOBIM e NUSSIO, 2013). A partir disto, o oxigênio residual é mantido dentro do silo permitindo a proliferação de microrganismos espoliadores, especialmente as leveduras, que transformam carboidratos ou um ácido forte (ácido lático presente) em etanol (ácido fraco e sem valor preservativo para a silagem), implicando em grandes perdas de matéria seca (PAHLOW et al., 2003).

No que diz respeito à avaliação da qualidade nutricional de cereais de inverno, há evidências de que tais forrageiras possuam melhores valores nutricionais comparativamente às forrageiras tropicais. Isso se deve ao arranjo dos tecidos vegetais, principalmente da concentração menor de parede celular e maior relação folha/haste, o que pode garantir maior digestibilidade de nutrientes (VENDRAMINI et al., 2013).

No entanto, estes fatores tendem a decrescer com o avanço na maturidade, por meio de deposição de material lignificado, o que pode comprometer o valor alimentício da forragem no estágio adequado para a realização da silagem (VAN SOEST, 1994).

Na tabela 2, são apresentados alguns parâmetros nutricionais e fermentativos básicos de silagens de cereais de inverno.

Para o teor de MS, de todos os cereais de inverno avaliados no estágio de grão farináceo, os valores de MS foram acima de 28,00%, indicando que há possibilidade de ensilar estes materiais neste estágio, o que evita fermentação butírica e perdas por efluentes.

Para a proteína bruta, não há muita diferença, no entanto, a cevada apresenta teor proteico superior aos demais cereais de inverno. Tal fato não tem efeito nutricional tão favorável, pois o alto valor proteico tem associação com a maior quantidade de nitrogênio amoniacal, o que pode elevar a capacidade tampão da cevada (22,92 eq.mg NAOH/100g MS), além de maior pH.

Tabela 2. Avaliação do teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEMI), digestibilidade da matéria seca (DMS), pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e capacidade tampão (CT) de silagens de cereais de inverno colhidas em estágio de grão farináceo

Parâmetros	Trigo	Triticale	Cevada	Aveia Branca	Aveia Preta
MS (%)	33,88	33,79	28,36	29,96	30,68
Proteína bruta (%MS)	8,1	7,9	8,4	7,4	6,2
FDN (%MS)	63,9	58,8	59,6	65,5	71,3
FDA (%MS)	32,2	25,6	30,7	37,8	42,1
HEMI (%MS)	31,7	33,2	28,9	27,7	29,2
DMS (%MS)	63,8	68,9	64,9	59,4	56,0
pH	4,18	4,28	4,69	4,20	4,34
N-NH ₃ (%N total)	6,32	6,67	7,43	4,97	6,19
CT (eq.mg NAOH/100g MS)	15,78	18,80	22,92	14,72	19,35

Fonte: Adaptado de Meinerz et al. (2011) e Lehmen et al. (2014).

O teor de proteína bruta de um alimento tem estreita ligação com a capacidade tampão. Quanto maior este teor de PB, maior a extensão da proteólise ocorrida no silo. Sabe-se que com a proteólise há produção de amônia (o que eleva o teor de N-NH₃), que é uma substância alcalinizante e conseqüentemente tende a neutralizar o pH do meio, através do aumento da capacidade tampão (ROOKE e HATFIELD, 2003).

Por definição, a capacidade tampão tende a ser a resistência de massa de forragem ao decréscimo de pH (JOBIM e NUSSIO, 2013). Sendo assim, quanto maior o teor de proteína, maior a extensão da proteólise, maior teor de N-NH₃, maior a capacidade tampão e maior pH.

Além disto, outros fatores têm impacto sobre a capacidade tampão, como íons orgânicos, especialmente o sódio (Na⁺), potássio (K⁺) e cálcio (Ca⁺²), e também ácidos orgânicos como, por exemplo, o fosfórico, málico e cítrico (JOBIM e NUSSIO, 2013).

Paralelamente, Van Soest (1994) sugere que silagens que apresentam valores de N-NH₃ até 10% são consideradas de ótima qualidade de conservação, pois não indicam que houve proteólise devido à fermentação por clostrídeos. Todos os cereais de inverno supracitados tiveram valores inferiores a este, o que também corrobora sua aptidão para ensilagem.

Com relação às frações fibrosas (FDN, FDA), estas também têm impacto característico sobre a digestibilidade da matéria seca do alimento. Sabe-se, portanto, que com o aumento destas frações há decréscimo significativo sobre a digestibilidade do

alimento, além de redução no consumo voluntário, uma vez que estes carboidratos fibrosos exigem maior dispêndio de tempo para ruminação, além de gerarem maior efeito de enchimento (VAN SOEST, 1994; NUSSIO et al., 2011).

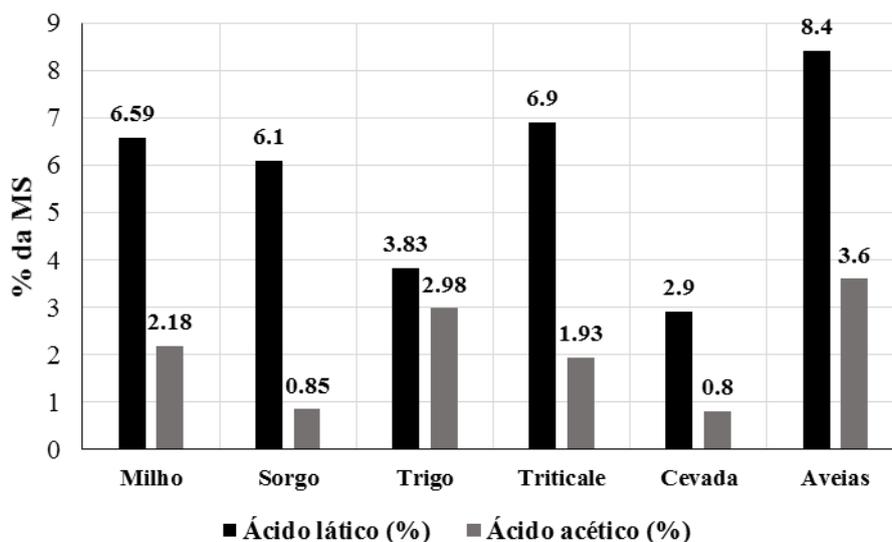
De forma ilustrativa, dentre os cereais de inverno apontados, a aveia preta apresenta maiores teores de FDN e de FDA (71,3 e 42,1% respectivamente), o que lhe confere a menor digestibilidade de matéria seca (56,0%). O triticale, por sua vez, possui maior digestibilidade da matéria seca (68,9%), e menores teores de FDN e de FDA (58,8 e 25,6% respectivamente).

Outro fator vantajoso seria o maior percentual de hemicelulose presente no triticale, o que proporciona também um incremento na digestibilidade, uma vez que esta fração é bastante digestível. Com relação ao perfil fermentativo, nota-se que os cereais de inverno possuem boas produções de ácido lático em detrimento a baixas produções de ácido butírico, o que reforça a possibilidade de uso destes materiais para a produção de silagem (Figura 1).

A justificativa para este comportamento seria devido ao conteúdo celular abundante presente nestas forrageiras, além de sua parede celular menos espessa, o que implica positivamente no processo fermentativo, pois há conversão destes carboidratos solúveis presentes no conteúdo celular em ácido lático, por bactérias benéficas (BUMBIERIS JR et al., 2011).

Outro ponto importante seria que há grande produção de ácido acético nestes materiais, sobretudo nas aveias e no trigo. Esta produção poderia sugerir a presença de microrganismos heterofermentativos, os quais produzem o ácido acético em sua rota metabólica. Tal ácido tem poder antifúngico e tende a inibir leveduras e aumentar a estabilidade aeróbia da silagem. No entanto, esta produção gera maiores perdas de MS, o que pode ser considerado um efeito colateral do processo (JOBIM e NUSSIO, 2013).

a)



b)

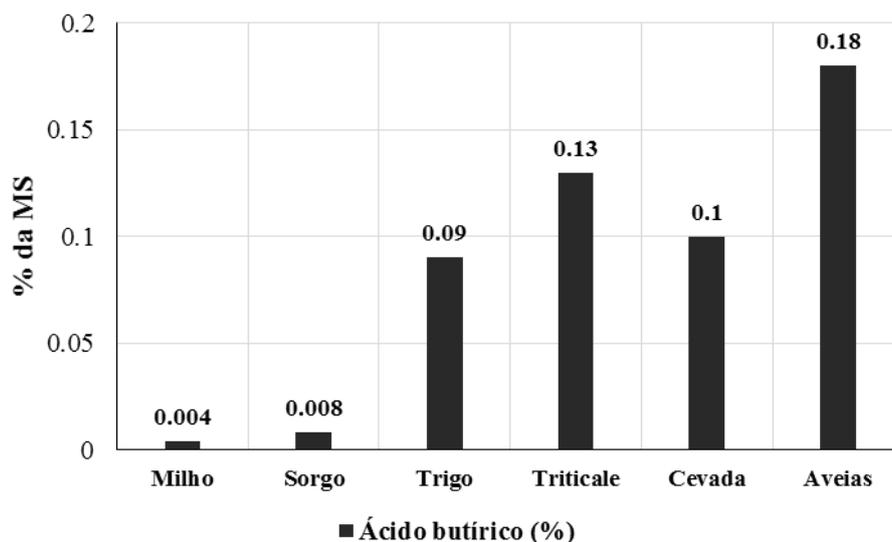


Figura 1. Perfil de ácido láctico, acético (a) e butírico (b) oriundos de silagens de milho, sorgo, trigo, triticale, cevada e aveia. Fonte: Adaptado de Rodrigues et al. (2002); Kleinschmidt e Kung Jr. (2006); Bumbieris Jr. et al. (2011).

Com relação ao potencial de resposta animal, a densidade energética em nutrientes digestíveis totais, energia líquida de lactação e o potencial de produção de leite por hectare destes cereais de inverno são mostrados na Tabela 3. Dentre os cereais, observa-se que o triticale possuiu resultados superiores aos demais para todos os parâmetros avaliados. Este resultado ocorre em virtude do equilíbrio entre suas características nutricionais e produtivas.

Tabela 3. Avaliação dos nutrientes digestíveis totais (NDT), em porcentagem e em kg por hectares, energia líquida de lactação e potencial de produção de leite por hectare de silagens de cereais de inverno colhidas em estágio de grão farináceo

Parâmetros	Trigo	Triticale	Cevada	Aveia Branca	Aveia Preta
NDT (%)	56,35	60,06	57,19	53,19	50,77
Produção de NDT (kg ha ⁻¹)	3631	4164	2868	4022	3218
Energia líquida de Lactação (Mcal kg ⁻¹)	1,260	1,352	1,281	1,183	1,124
Potencial de produção de leite (kg ha ⁻¹)	11772	13580	9310	12965	10323

Fonte: Adaptado das tabelas 1 e 2 utilizando as equações preditas por Cappelle et al. (2001): NDT (%) = $74,49 - 0,5635 \cdot \text{FDA}$; NRC (2001): $\text{EL}_L \text{ (Mcal kg}^{-1}\text{)} = 0,0245 \cdot \text{NDT (\%)} - 0,12$.

A cevada possuiu o segundo maior valor de energia líquida de lactação, no entanto, em virtude de sua baixa produtividade de MS por hectare, gerou o menor potencial de produção de leite por hectare. Sendo assim, seu uso tende a ser mais restrito a situações de manejo em que se priorize utilizar seu valor energético em detrimento à quantidade de alimento. Um exemplo prático seria o uso deste alimento em vacas leiteiras de alta produção no pós-parto, uma vez que, normalmente, apresenta alta aceitabilidade em associação a um elevado valor energético.

Na intersecção do que foi exposto, pode-se observar que todas as forrageiras apresentadas possuem características nutricionais e fermentativas interessantes no tocante à produção de silagens visando a otimização de sistemas pecuários. No entanto, em virtude da grande amplitude de sistemas de produção, estratégias de manejo devem ser testadas em experimentos com estes cereais, explorando novas alternativas de uso, visando à recomendação mais pertinente em cada situação.

2.2. Uso de diferentes estratégias de manejo na utilização de cereais de inverno

Notadamente, o Brasil possui diversidade de sistemas pecuários, inclusive dentro de uma mesma região. Bernardes e Rego (2014) demonstraram dentro de um estudo abrangente visando verificar as principais problemáticas para a produção e utilização de silagem no país, que os principais entraves seriam a falta de equipamentos, de mão de obra e a grande dependência das variações climáticas.

Para se minimizar tal fato, estratégias de manejo devem ser avaliadas, especialmente para cereais de inverno, uma vez que a pesquisa dentro do contexto brasileiro ainda é incipiente. Dentre as alternativas de manejo, pode-se destacar a influência do regime de cortes e do tempo de estocagem.

2.2.1. Regime de cortes

Se semeadas precocemente, as forrageiras de inverno, especialmente aveia branca, aveia preta e o trigo, que possuem porte alto (MEINERZ et al., 2011), podem aumentar as chances de acamamento se não utilizadas em pastejo ou mesmo corte. Em contraste, a utilização de um número excessivo de pastejo pode gerar impacto negativo sobre a produção de fitomassa seca, o que implicaria em menor quantidade de grãos para venda ou como participante no material a ser ensilado (HASTENPFLUNG et al., 2011).

Pode-se alcançar um equilíbrio entre um manejo de pastejo juntamente com diferimento de área para a produção de silagem. Este processo se dá com a preservação de tecidos meristemáticos em consonância com aporte de nutrientes necessários, tanto para a recuperação de área foliar como para produção de grãos (HASTENPFLUNG et al., 2011).

O uso de diferentes regimes de corte, ou pastejo, ainda pode ser utilizado como ferramenta com vistas a otimizar o uso da terra, e diluir os custos de implantação pela resposta ao seu uso visando à alimentação animal.

No entanto, nem todo cereal de inverno responde da mesma maneira a esta estratégia, sendo necessárias pesquisas para a determinação da utilização de cada forrageira sobre a quantidade ideal de cortes (pastejo ou corte mecânico) anterior à produção de silagem.

2.2.2. Tempos de estocagem de silagens

O tempo de estocagem está relacionado à qualidade de silagens. Bioquimicamente, durante o tempo de estocagem é sensato afirmar que ocorrem diversas interações microbianas, podendo inclusive ocorrer hidrólise enzimática sobre os nutrientes. Desta forma, as prolaminas presentes nos grânulos de amido podem ser solubilizadas aumentando a exposição e consequente digestibilidade do amido presente (HUNTINGTON, 1997), bem como gerar hidrólise da fração hemicelulose, aumentando o pool de carboidratos no material, podendo gerar ganhos no valor nutricional das silagens (WEINBERG e CHEN, 2013).

Tentando comprovar tais efeitos, Daniel et al. (2014), por meio de meta-análise, observaram que silagens de milho que foram armazenadas por longos períodos apresentaram melhorias em sua qualidade, em especial na digestibilidade do amido. Tais autores verificaram que a digestibilidade do amido apresenta comportamento

linear, embora possua a maioria dos efeitos benéficos após o primeiro mês de fermentação.

Além disto, Daniel et al. (2014) também observaram que a estabilidade aeróbia da silagem de milho tem seu ponto máximo entre 3 e 4 meses de estocagem, e deixando o material, portanto, durante este tempo estocado, há ganhos com sua menor quantidade de perdas pós abertura. Tais fatos podem ser levados em consideração através da realização do planejamento forrageiro da propriedade. Para as variáveis fibrosas, os autores não verificaram ganhos significativos para o aumento da digestibilidade da parede celular.

Porém, para as forrageiras de inverno, há pesquisas ínfimas em literatura, e tempos de estocagem acima de 60 dias em termos práticos tendem a ser pouco utilizados. Além de tudo, o estudo desta variável, se trouxesse benefícios sobre a qualidade final da silagem, poderia gerar modificações sobre o pensamento técnico no que diz respeito ao planejamento forrageiro da propriedade.

2.3. Referências

BECK, P.A.; STEWART, C.B.; GRAY, H.C.; SMITH, J.L.; GUNTER, S.A. Effect of wheat forage maturity and preservation method on forage chemical composition and performance of growing calves fed mixed diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.87, p.4133-4142, 2009.

BERNARDES, T.F.; REGO, A.C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.97, p.1852-1861, 2014.

BORTOLINI, P.C.; SANDINI, I.; CARVALHO, P. D. F.; MORAES, A. D. Cereais de inverno submetidos ao corte no sistema de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.45-50, 2004.

BUMBIERIS JR, V.H.; OLIVEIRA, M.R.; BARBOSA, M.A.F.; JOBIM, C.C. Use of winter cereals for forage conservation. In: DANIEL, J.L.P; NUSSIO, L.G. International symposium on forage quality and conservation, 2. São Pedro, SP. **Anais...Piracicaba: Fealq**, 2011.

CARVALHO, P.C.F.; SANTOS, D.T.; GONÇALVES, E.N.; MORAES, A.; NABINGER, C. Forrageiras de clima temperado. In: FONSECA, D.M; MATURSCHELLO, J.A: **Plantas forrageiras**, p.494-537, 2013.

CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

DANIEL, J. L. P.; JUNGES, D.; NUSSIO, L.G. Alterações na qualidade de silagens de milho durante o armazenamento. In: JOBIM, C.C.; CECATO, U.; CANTO, M.W.; BANKUTI, F.I.: **Anais do V Simpósio de produção e utilização de forragens conservadas**, p.23-36, 2014.

DEL DUCA, L.J.A.; MOLIN, R.; SANDINI, I. **Experimentação de genótipos de trigo para duplo propósito no Paraná, em 1999**. Passo Fundo-Embrapa Trigo - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 6, 2000, 18p.

FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; MINELLA, E.; CAIERÃO, E. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.11, p.2116-2120, 2009.

HASTENPFLUG, M.; BRAIDA, J.A.; MARTIN, T.N.; ZIECH, M.F.; SIMIONATO, C.C.; CASTAGNINO, D.S. Cultivares de trigo duplo propósito submetidos ao manejo nitrogenado e a regimes de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.63, n.1, p.196-202, 2011.

HAWERROTH, M.C.; SILVA, J.A.G.; SOUZA, C.A.; OLIVEIRA, A.C.; LUCHE, H.S.; ZIMMER, C.M.; HAWERROTH, F.J.; SCHIAVO, J.; SPONCHIADO, J.C. Redução do acamamento de aveia branca com o uso do regulador de crescimento etil-trinexapac. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.2, p.115-125, 2015.

HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, p.852-867, 1997.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R.: **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros**, p.649-660, 2013.

KLEINSCHMIDT, D.H.; KUNG JR, L. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.89, p.4005-4013, 2006.

- KUNG Jr., L. Effects of microbial additives in silages: facts and perspectives. In: ZOPOLLATTO, M.; MURARO, G.B.; NUSSIO, L.G. (Ed.). International symposium on forage quality and conservation, v.1., São Pedro, 2009. **Proceedings...**Piracicaba: FEALQ, 2009. p.7-22.
- LEHMEN, R.I.; FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. Rendimento, valor nutritivo e características de silagens de cereais de inverno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.7, p.1180-1185, 2014.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Edinburgh: Interscience Publication: John Willey, 226p.1991.
- MEINERZ, G.R.; OLIVO, J.C.; VIÉGAS, J.; NÖRNBERG, J.L.; AGNOLIN, C.A.; CHEIBLER, R.B.; HORST, T.; FONTANELI, R.S. Silagem de cereais de inverno submetidos ao manejo de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.10, p.2097-2104, 2011.
- MORAES, Y.J.B. **FORAGEIRAS: CONCEITOS, FORMAÇÃO E MANEJO**. Guaíba: Livraria e editora Agropecuária, 1995. 215p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle – NRC**. Washington, D.C.: National Academy Press. 2001. 157p.
- NEUMANN, M.; FIGUEIRA, D.N.; BUMBIERIS JÚNIOR, V.H.; UENO, R.K.; LEAO, G.F.M. Ensilagem: Estratégias visando maior produção de leite. In: I Simpósio Brasileiro de Ruminantes Leiteiros (UDILEITE). **Anais...** p.130-166, 2014.
- NORO, G.; SCHEFFER-BASSO, S.M.; FONTANELI, R.S.; ANDREATTA, E. Gramíneas anuais de inverno para a produção de forragem: Avaliação preliminar de cultivares. **Agrociência**, Pelotas, v.8, n.1, p.35-40, 2003.
- NUSSIO, L.G; CAMPOS, F.P; LIMA, M.L.M. Metabolismo de Carboidratos Estruturais.In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**, p.193-238. 2.ed., Jaboticabal: Funep, 2011.
- PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage Science and Technology**, Madison, p.31-94, 2003.

PEREIRA, M. N.; VON PINHO, R. G.; BRUNO, R. G. D. S.; CALESTINE, G. A. Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.4, p.358-363, 2004.

RODRIGUES, P.H.M.; SENATORE, A.L.; ANDRADE, S.J.T.; RUZANTE, J.M.; LUCCI, C.S.; LIMA, F.R. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de sorgo produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.6, p.2373-2379, 2002.

ROOKE, J.A.; HATFIELD, R.D. Biochemistry of ensiling. In: **Silage Science and Technology**, Madison, p.95-135, 2003.

ROSÁRIO, J.G.; NEUMANN, M.; UENO, R.K.; MARCONDES, M.M.; MENDES, M.C. Produção e utilização de silagem de trigo. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.5, n.1, p.207-218, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Redwood, 565p. 2004.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**, ed., New York: Cornell University Press, 1994, 476 p.

VENDRAMINI, J.M.B.; DUBEUX JR., J.C.B.; COOKE, R.F. Gramíneas e leguminosas de clima temperado. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R: **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros**, p.125-135, 2013.

WEINBERG, Z.G.; CHEN, Y. Effects of storage period on the composition of whole crop wheat and corn silages. **Animal Feed Science and Technology**, v.185, p.196-200, 2013.

3. OBJETIVOS GERAIS

Os objetivos deste trabalho são avaliar:

- As características agronômicas e nutricionais de cereais de inverno submetidos a um sistema integrado de produção de forragem e de silagem.
- O valor nutricional, perdas de matéria seca e a estabilidade aeróbia de silagens de cereais de inverno resultantes deste sistema integrado de produção.
- O valor nutricional, a recuperação de matéria seca, a estabilidade aeróbia e a taxa de desaparecimento ruminal de silagens de cereais de inverno submetidas a diferentes tempos de estocagem.

IV – Avaliação agronômica e nutricional de cereais de inverno submetidas a um sistema integrado de produção de forragem e de silagem

Agronomic and nutritional evaluation of winter cereals submitted to an intergraded system of forage and silage production

RESUMO: O objetivo do estudo foi a avaliação agronômica e nutricional de cereais de inverno submetidos a um sistema integrado de produção de forragem e de silagem. Os cereais utilizados foram o trigo (*Triticum aestivum* cv. BRS Galha Azul), cevada (*Hordeum vulgare* cv. BRS Brau), aveia branca (*Avena sativa* cv. URS Guará), aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) e triticale (*X Triticosecale* cv. IPR 11), sob três estratégias de manejo: sem cortes em estágio vegetativo (T₁), com um corte (T₂), e com dois cortes (T₃) e subsequente produção de silagem para cada tratamento. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em arranjo fatorial, composto por cinco espécies forrageiras, três manejos de cortes prévios a ensilagem e com cinco repetições. Para produção de massa de forragem, a aveia preta foi o material de maior destaque, com produções de 720 kg MS ha⁻¹. Na produção de massa de forragem para ensilagem, o triticale foi superior (P<0,05) aos demais materiais, possuindo os valores de 12.317, 11.336 e 5.915 kg ha⁻¹ para os manejos sem, com um e dois cortes, respectivamente. Na avaliação nutricional do material na ensilagem, a cevada possuiu, entre os cereais avaliados, os menores valores (P<0,05) de FDA (33,35%; 35,92% e 31,42%) para os três manejos de cortes respectivamente. O triticale se destacou das demais forrageiras pela sua alta estabilidade de produção ao manejo de cortes sucessivos, mantendo ainda boas características nutricionais no momento da ensilagem.

Palavras-chave: aveia; cevada; morfologia; trigo; triticale.

ABSTRACT: The aim of the study was the agronomic and nutritional evaluation of winter cereals submitted to an integrated production of forage and silage. Cereals used were wheat (*Triticum aestivum* cv. BRS Galha Azul), barley (*Hordeum vulgare* cv. BRS Brau), white oat (*Avena sativa* cv. URS Guará), black oat (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) and triticale (*X Triticosecale* IPR 11), under three management strategies: without cuts in vegetative stage (T₁); one cut (T₂), and two cuts (T₃) and subsequent

production of silage for each treatment. The experimental design was a randomized block in factorial arrangement, composed of five forage species, management strategies of previous cuts silage, with five replicates. For mass production of fodder, black oat was the most prominent material, with production of 720 kg DM ha⁻¹. In mass production of forage for silage, triticale was higher (P<0.05) than other materials, possessing the values of 12,317, 11,336 and 5,915 kg ha⁻¹ for the managements without, with one and two cuts, respectively. The nutritional evaluation of the material in the silage, among the evaluated cereals barley owned the lowest values (P <0.05) of ADF (33.35%, 35.92% and 31.42%) for the three managements cuts respectively. Triticale stood out from the other forages for its high production stability to the management of successive cuts, while still maintaining good nutritional characteristics at the time of ensiling.

Keywords: oat; barley; morphology; wheat; triticale.

INTRODUÇÃO

O milho é notoriamente o cereal mais utilizado no Brasil para a produção de silagem (BERNARDES e REGO, 2014). Todavia, este material é produzido apenas no verão, deixando as terras ociosas no período de inverno. Desta forma, uma alternativa para potencializar o uso de recursos como a terra, infraestrutura e mão de obra, além de prevenir riscos como a falta de alimento em casos de intempéries, seria a utilização de cereais de inverno para a produção de silagem (ROSÁRIO et al., 2012; LEHMEN et al., 2014).

Embora o uso destas silagens de cereais de inverno ainda não seja representativa no Brasil, na Europa seu uso passou de “cultura esporádica” para “cultura de base” com o passar dos anos, pelo seu excelente valor alimentício (BUMBIERIS JR et al., 2011), aliado a sua versatilidade de uso.

Devido a estas características, despertou-se o interesse do desenvolvimento de diferentes estratégias, visando explorar estas culturas. Um exemplo de estratégia seria associar cortes no período vegetativo com posterior diferimento da área para produção de silagem (MEINERZ et al., 2011).

Tal estratégia foi desenvolvida pelo fato de que, especialmente a aveia branca, a aveia preta e o trigo possuem porte alto, tornando as chances de acamamento aumentadas quando não utilizadas em pastejo durante a estação de crescimento. Em contraste, a utilização de um número excessivo de pastejo prévios ao corte para

ensilagem pode gerar impacto negativo sobre a produção de massa de forragem a ser ensilada (HASTENPFLUNG et al., 2011; MEINERZ et al., 2011). Isso também implica em menor quantidade de grãos para venda ou como participante no material a ser ensilado.

Sendo assim, é necessário pesquisas para determinar a melhor estratégia de uso de cada forrageira, com vistas a equilibrar os aspectos produtivos e nutricionais, para que seja possível gerar recomendações mais assertivas dentro do contexto de planejamento forrageiro na propriedade.

Desta forma, o objetivo do estudo foi promover a avaliação agrônômica e nutricional de cereais de inverno submetidos a um sistema integrado de produção de forragem e de silagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) pertencente ao setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), localizado no município de Guarapuava – PR, situado na zona subtropical do Paraná (MAACK, 2002), sob as coordenadas geográficas 25°23'02" de latitude sul e 51°29'43" de longitude oeste e 1.026 m de altitude.

O clima da região segundo a classificação de Köppen é o temperado de altitude – Cfb (Subtropical mesotérmico úmido), com verões amenos e inverno moderado, sem estação seca definida e com geadas severas. A precipitação média anual é de 1944 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% (IAPAR, 2000).

As Figuras 1 e 2 apresentam os dados de precipitação pluviométrica, insolação, temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar, ocorridos no período de junho a novembro de 2014, durante as avaliações de corte para produção de forragem e colheita para ensilagem.

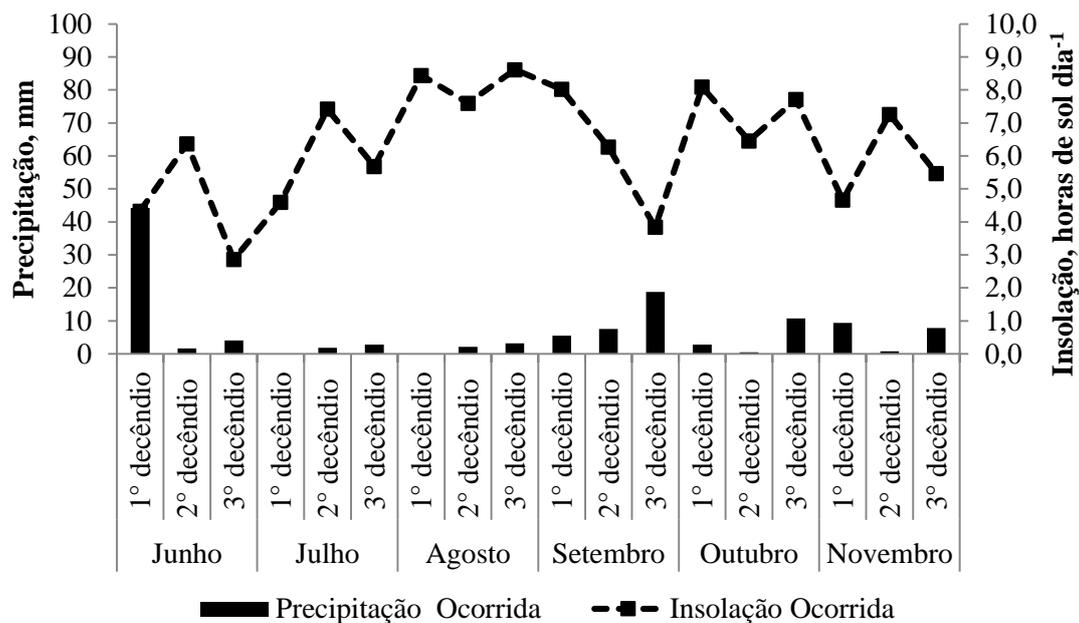


Figura 1. Dados de precipitação pluviométrica (mm) e insolação em horas dia⁻¹ ocorridos no período de junho a novembro de 2014, por decêndio, em Guarapuava – PR.

Fonte: Estação Meteorológica do IAPAR instalada no CEDETEG/UNICENTRO, Guarapuava – PR.

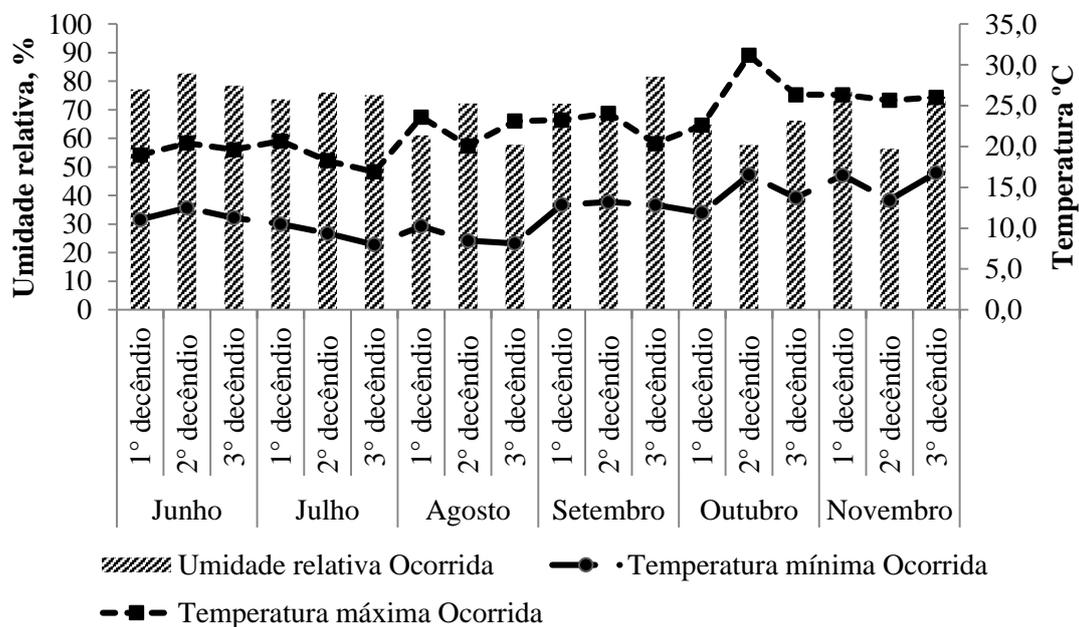


Figura 2. Dados de temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar (%), ocorridos no período de junho a novembro de 2014, por decêndio, em Guarapuava – PR.

Fonte: Estação Meteorológica do IAPAR instalada no CEDETEG/UNICENTRO, Guarapuava – PR.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno Típico e em ocasião antecipada ao plantio apresentou as seguintes características químicas (perfil de 0 a 20 cm): pH CaCl₂ 0,01M: 4,7; P: 1,1 mg dm⁻³; K⁺: 0,2 cmol_c dm⁻³; MO: 2,62%; Al³⁺: 0,0 cmol_c dm⁻³; H⁺+Al³⁺: 5,2 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺: 5,0 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺: 5,0 cmol_c dm⁻³ e saturação de bases: 67,3%.

Condução da lavoura experimental e análises agronômicas

Como material experimental utilizou-se o trigo (*Triticum aestivum* cv. BRS Gralha Azul), cevada (*Hordeum vulgare* cv. BRS Brau), aveia branca (*Avena sativa* cv. URS Guará), aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) e triticale (*X Triticosecale* cv. IPR 11). O campo experimental constituiu-se de uma área total de 225 m², distribuída em 75 parcelas de 3 m² cada (3m x 1m) com área útil de 1,60 m² (1m x 1,6m) para as avaliações. Cada parcela representou uma unidade experimental (repetição).

A semeadura do campo experimental ocorreu no dia 03 de junho de 2014 em sistema de plantio direto, com uso de semeadora modelo Semeato SHM 15/17, empregando-se a mesma densidade para todas as culturas. No plantio o espaçamento entre linhas foi de 0,17 m, a profundidade de semeadura foi de 0,04 m com distribuição de 400 sementes por m².

Por ocasião do plantio, realizou-se a adubação de base com 300 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 08-30-20 (N-P₂O₅-K₂O), respeitando recomendações da comissão de fertilidade do solo de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (2004). A adubação nitrogenada de cobertura foi feita em uma única aplicação, 30 dias após o plantio com 196 kg ha⁻¹ de uréia (46-00-00), o que totalizou 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

As plantas daninhas foram controladas quimicamente com o uso de herbicidas, primeiramente na dessecação da área experimental, realizada no dia 10 de maio de 2014, utilizando-se herbicida à base de *Glifosate* (produto comercial Roundup WG[®]: 3,0 kg ha⁻¹). No manejo da cultura, 30 dias após o plantio foi efetuada a aplicação do herbicida à base de *metsulfuron-metyl* (produto comercial Ally[®]: 6,6 g ha⁻¹), controlando assim a infestação de nabo (*Raphanus raphanistrum*), picão preto (*Bidens pilosa*), guanxuma (*Sida rhombifolia*) e maria-mole (*Senecio brasiliensis*), sendo estas as principais plantas daninhas infestantes no período da condução do experimento.

O controle de pragas foi realizado até 30 dias após a emergência das plantas, de acordo com avaliações de campo, indicando o ponto de dano econômico, sendo utilizado o inseticida à base de *Imidacloprido* + *Beta ciflutrina* (produto comercial Connect®: 500 mL ha⁻¹) para o controle de Pulgão-verde-dos-cereais (*Rhopalosiphum graminum*) e Percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthus*).

Para o controle de doenças fúngicas, foi necessário o emprego de fungicida à base de *propiconazol* (produto comercial Tilt®: 0,75 L ha⁻¹) para o controle de oídio (*Blumeria graminis f. sp. tritici*) e Giberela (*Fusarium graminearum*). Para a cevada, foi requerido uma segunda aplicação de *propiconazol* em virtude da alta incidência de oídio.

Os tratamentos constaram do manejo dos cereais de inverno sob distintos regimes de cortes, com posterior corte para produção de silagem, sendo T₁: sem corte prévio a colheita para ensilagem, T₂: um corte 48 dias após o plantio (DAP), no dia 21 de julho de 2014 e T₃: dois cortes, sendo o primeiro 48 DAP e o segundo 68 DAP, o que correspondeu aos dias 21 de julho de 2014 e 10 de agosto 2014. O regime de manejo nos tratamentos submetidos a um corte (T₂) ou a dois cortes (T₃) seguiram recomendações de Fontaneli et al. (2009), ou seja, os cortes foram realizados quando as plantas, em cada tratamento, atingiram altura média de 25 cm, sendo estas rebaixadas a 8 cm da superfície do solo.

O corte das plantas, contidas na área útil de cada parcela (1,60 m²), foi realizado de forma manual com o auxílio de foices. Foram coletadas cinco amostras aleatórias e representativas (quadro de 0,25 m²) da área de cada tratamento, colhidas a 8 cm da superfície do solo, o que permitiu estimar as produções de massa de forragem (kg ha⁻¹). Foi coletada uma amostra de cerca de 500g de plantas de cada parcela, sendo posteriormente condicionada em estufa de ar forçado regulada para temperatura de 55°C, por 72 horas, para a determinação dos teores de matéria seca da planta inteira conforme AOAC (1995), e conseqüentemente quantificação da produção de massa seca de forragem (kg ha⁻¹).

De uma forma mais ampla, após a realização dos cortes visando medidas de produção dos cereais, conforme citado anteriormente, foram vedadas as áreas visando a produção de silagem, permitindo comparações de produção e valor nutricional da forragem verde e da silagem produzidas na mesma área.

As silagens, para cada cultura, foram produzidas quando as plantas atingiram o estágio de grão farináceo mole, momento indicado para a ensilagem, de acordo com

Fontaneli et al. (2009). Neste contexto, noT₁ (regime de manejo sem corte), as silagens foram produzidas aos 115 DAP (27 de setembro de 2014) para o trigo, triticale e cevada, e aos 121 DAP (4 de outubro de 2014) para aveia branca e aveia preta. No T₂ (regime de manejo com um corte), os cortes foram aos 135 DAP (18 de outubro de 2014) para o trigo, triticale e a cevada e aos 142 DAP para aveia branca e aveia preta (25 de outubro de 2014). Para T₃ (regime de manejo com dois cortes), os cortes foram A os 153 DAP (6 de novembro de 2014) para trigo, triticale e cevada e 161 DAP (15 de novembro de 2014) para aveia branca e aveia preta.

No momento da ensilagem as plantas de cada parcela, foram colhidas a 8 cm da superfície do solo e, posteriormente, os materiais foram processados em picador de forragem estacionário, modelo EM 6400 da marca Nogueira[®] e ensiladas em silos experimentais. Após o processamento, foi observado um tamanho médio de partícula de 3,7 cm, determinado segundo metodologia proposta por Jobim et al. (2007).

Os silos foram tubos de PVC, com 10 cm de diâmetro x 50 cm de altura (Volume de 0,003 m³) e capacidade para cerca de 3 kg, compactados de forma manual e devidamente identificados com etiquetas. Para vedação dos silos, foi utilizada lona preta e fita adesiva.

No momento da ensilagem foram coletadas duas amostras homogêneas de 500 g de cada cereal para cada tratamento, sendo a primeira para a determinação de MS e posteriormente encaminhada para as análises químicas, conforme AOAC (1995). A segunda amostra foi utilizada para a avaliação dos componentes estruturais da planta, sendo segmentados em colmo, folha (Folhas verdes + folhas senescentes) e espiga. Posteriormente, os materiais também foram condicionados em estufa para a determinação do teor de matéria seca de cada componente estrutural. Além disto, também no momento da ensilagem foi determinada a altura média das plantas, em três pontos na parcela, através de medição com fita graduada.

Após a ensilagem, os silos foram armazenados em área coberta por um período de 60 dias, quando foram abertos, e uma amostra de 500 g de cada tratamento foi condicionada em estufa para a determinação de MS e posteriormente encaminhada para as análises químicas, conforme AOAC (1995).

As amostras pré-secas dos cereais de inverno, tanto em estágio vegetativo, no momento da ensilagem como da silagem, foram moídos a 1 mm em moinho tipo "Willey", onde sequencialmente determinou-se a matéria seca total em estufa a 105°C por 16 horas (SILVA e QUEIROZ, 2009), proteína bruta (PB) pelo método micro

Kjeldahl, matéria mineral (MM) por incineração a 550°C (4 horas). Foram determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), conforme Van Soest et al. (1991), utilizando-se α amilase termoestável (Termamyl 120L, Novozymes Latin América Ltda.), fibra em detergente ácido (FDA) segundo Goering e Van Soest (1970) e os teores de Hemicelulose por diferença (Hemicelulose = FDN - FDA), seguindo metodologia proposta por Silva e Queiroz (2009). O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) na forragem foi estimado segundo a equação $NDT = 74,49 - 0,5635 * FDA$ ($r^2 = 0,84$), descrita por Cappelle et al. (2001) para volumosos.

O delineamento experimental empregado foi de blocos ao acaso em arranjo fatorial, composto por cinco espécies de cereais de inverno (Trigo, Triticale, Cevada, Aveia Branca e Aveia Preta), três sistemas de corte prévio a colheita para ensilagem (T_1 - sem cortes, T_2 - com um corte e T_3 - com dois cortes) e cinco repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados utilizando o teste Tukey ao nível de 5% de significância, por intermédio do programa estatístico SAS (1993). O modelo matemático utilizado para a análise de variância foi:

$$Y_{ij} = \mu + BL + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = Espécies de cereais de inverno i na repetição j ;

μ = média dos tratamentos;

BL = efeito de bloco

A_i = efeito da espécie i ; $i = 1...5$;

B_j = efeito do manejo de cortes j ; $j = 1...3$;

AB_{ij} = efeito da interação entre espécie e manejo de cortes;

e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ij} .

RESULTADOS

Pode ser observado que para o sistema com um corte houve diferença ($P < 0,05$) na produção de massa de forragem verde entre as culturas avaliadas, sendo a aveia preta responsável pela maior (5.152 kg ha^{-1}) e a cevada pela menor produção (2.768 kg ha^{-1}), enquanto que os demais materiais obtiveram valores intermediários. No sistema de dois cortes (soma dos dois cortes, sendo o primeiro corte com 48 DAP e o segundo corte com 68 DAP), não houve diferença ($P > 0,05$) para produção de massa de forragem verde entre os cereais (Tabela 1).

Comparativamente semelhante, a produção de massa seca apresentou diferença ($P<0,05$) para o manejo com um corte, sendo que a aveia preta foi superior ($720 \text{ kg MS ha}^{-1}$) e a cevada inferior ($400 \text{ kg MS ha}^{-1}$) às demais culturas. Houve diferença significativa para o teor de matéria seca para os dois tratamentos. No sistema com um corte, a cevada apresentou o maior teor de MS ($147,5 \text{ g kg MN}^{-1}$), enquanto que a aveia branca apresentou o menor ($126,4 \text{ g kg MN}^{-1}$). Para o sistema com dois cortes, o trigo e o triticale apresentaram os maiores teores ($124,5$ e $126,3 \text{ g kg MN}^{-1}$ respectivamente), enquanto que a aveia branca apresentou novamente o menor teor de MS ($10,75\%$).

Tabela 1. Produção de massa de forragem e teor de matéria seca de cereais de inverno submetidos a dois sistemas de corte em estágio vegetativo

Cereais de inverno	1 corte	2 cortes
Produção de massa de forragem verde (kg ha^{-1})		
Trigo	4.048 ^{ab}	11.760
Triticale	4.624 ^{ab}	12.080
Cevada	2.768 ^b	10.384
Aveia Branca	4.272 ^{ab}	12.304
Aveia Preta	5.152 ^a	11.376
Produção de massa de forragem seca (kg ha^{-1})		
Trigo	528 ^{ab}	1.520
Triticale	608 ^{ab}	1.552
Cevada	400 ^b	1.360
Aveia Branca	544 ^{ab}	1.376
Aveia Preta	720 ^a	1.376
Teor de matéria seca (g kg MN^{-1}) *		
Trigo	130,3 ^{ab}	124,5 ^a
Triticale	132,5 ^{ab}	126,3 ^a
Cevada	147,5 ^a	119,1 ^{ab}
Aveia Branca	126,4 ^b	107,5 ^b
Aveia Preta	142,2 ^{ab}	112,6 ^{ab}

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. * Média do primeiro e segundo cortes em estágio vegetativo para este tratamento. MN: Matéria natural.

Com relação à massa de forragem ensilável (Tabela 2), houve diferença ($P<0,05$) para as variáveis demonstradas. A aveia branca e a aveia preta apresentaram os maiores valores de massa de forragem verde ensilável para o tratamento sem corte no estágio vegetativo (38.720 e $37.120 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente).

Todavia, a realização de um corte no estágio vegetativo influenciou a produção de massa verde ensilável, sendo que as maiores produções encontradas foram para o triticale ($30.480 \text{ kg ha}^{-1}$). Já para o sistema com dois cortes prévios à colheita para

ensilagem, houve a mesma tendência, sendo os maiores valores encontrados para o triticale (15.200 kg ha⁻¹).

Dentre as forragens avaliadas o triticale destacou-se, pois apresentou a maior produção de massa seca para todos os tratamentos. Com isto, há uma boa estabilidade produtiva apresentando decréscimos na produção de 7,96% e 51,97% em relação ao sistema sem cortes.

Tabela 2. Produção de forragem ensilável e teor de matéria seca no momento da ensilagem de cereais de inverno colhidos em estágio de grão farináceo mole submetidos a três manejos de corte

Cereais de inverno	0 cortes	1 corte	2 cortes
	Massa de forragem verde ensilável (kg ha ⁻¹)		
Trigo	30.880 ^d	16.524 ^e	4.520 ^e
Triticale	36.000 ^c	30.480 ^a	15.200 ^a
Cevada	29.120 ^e	16.680 ^d	9.240 ^b
Aveia Branca	38.720 ^a	20.736 ^b	7.360 ^c
Aveia Preta	37.120 ^b	19.040 ^c	5.600 ^d
Massa de forragem seca ensilável (kg ha ⁻¹)			
Trigo	11.335 ^a	6.136 ^b	2.185 ^{cd}
Triticale	12.317 ^a	11.336 ^a	5.915 ^a
Cevada	6.929 ^c	5.004 ^c	4.047 ^b
Aveia Branca	9.443 ^b	5.716 ^b	2.503 ^c
Aveia Preta	9.752 ^b	6.029 ^b	2.091 ^d
Teor de matéria seca na ensilagem (g kg MN ⁻¹)			
Trigo	367,0 ^a	371,3 ^a	483,4 ^a
Triticale	342,1 ^a	371,9 ^a	390,0 ^c
Cevada	238,0 ^b	300,0 ^{bc}	438,0 ^b
Aveia Branca	243,8 ^b	275,6 ^b	340,0 ^d
Aveia Preta	262,7 ^b	316,6 ^b	373,2 ^{cd}

Médias, seguidas de letras minúsculas para coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. MN: Matéria natural.

Com relação ao teor de MS, houve diferença (P<0,05) entre os materiais avaliados, sendo que o trigo e o triticale apresentaram os maiores teores entre as forragens avaliadas para o sistema sem cortes e com um corte. No sistema com dois cortes, somente o trigo apresentou o maior teor de MS (483,4 g kg MN⁻¹).

Avaliando-se a produção de massa seca total, somando as produções voltadas para forragem verde com cortes no estágio vegetativo, e a destinada para ensilagem, percebe-se distinção entre as forragens avaliadas (Figura 3).

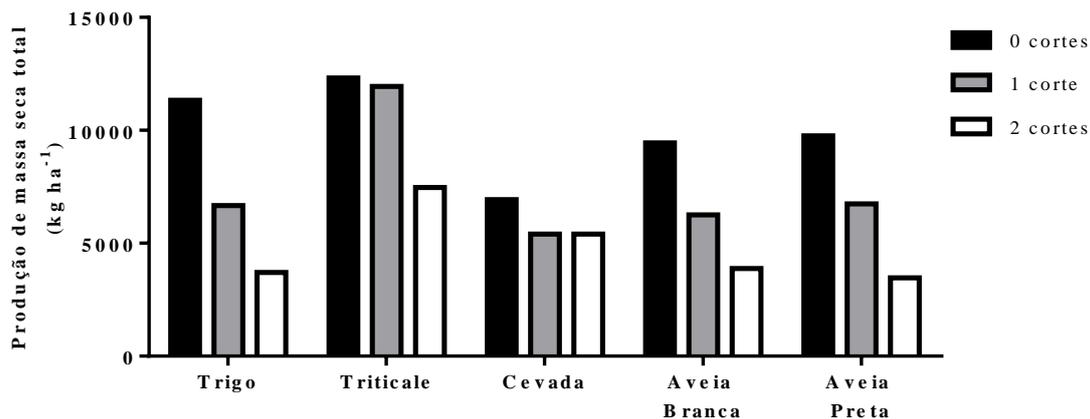


Figura 3. Produção de massa de forragem seca total (Forragem verde + ensilagem) de cereais de inverno submetidos a um sistema integrado de forrageamento e produção de silagem.

Com relação ao desenvolvimento das plantas (Tabela 3), observou-se diferenças ($P < 0,05$) com relação às culturas e também para o número de cortes. Dentre as forrageiras avaliadas, pode-se inferir que a aveia preta foi a que apresentou maior altura, independentemente do número de cortes em que foi submetido.

Tabela 3. Altura das plantas de cereais de inverno no momento do corte para ensilagem de acordo com o sistema de corte em que foi submetido

Tratamentos	Altura de planta (m)		
	0 cortes	1 corte	2 cortes
Trigo	0,80 ^d	0,71 ^d	0,61 ^d
Triticale	1,03 ^c	1,03 ^c	0,93 ^c
Cevada	0,61 ^e	0,68 ^e	0,60 ^d
Aveia Branca	1,12 ^b	1,19 ^b	1,14 ^b
Aveia Preta	1,45 ^a	1,43 ^a	1,32 ^a

Médias, seguidas de letras minúsculas para coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Com o aumento de cortes, houve interação ($P < 0,05$) para o trigo, triticale e aveia preta, onde constatou-se redução na altura de planta com o aumento do número de cortes. As culturas da cevada e da aveia branca mostraram resposta distinta, pois houve aumento na altura de planta após o primeiro corte com posterior redução no segundo corte.

Houve diferença ($P < 0,05$) também para composição morfológica (Tabela 4). Para os tratamentos sem cortes e com um corte no período vegetativo, nota-se que a aveia preta apresentou os maiores valores para o parâmetro colmo.

Nestes mesmos tratamentos, para o componente folhas, a cevada apresentou os maiores valores, o que corroborou para que este cereal obtivesse as maiores razão folha/colmo, embora que para o tratamento com um corte, o triticale não tenha diferido da cevada para estes parâmetros. Para o componente espiga, o trigo possuiu valores superiores para ambos os tratamentos.

Com o manejo de dois cortes no estágio vegetativo, a aveia branca e a aveia preta apresentaram maiores participações de colmo. Para o componente folha, o trigo e a cevada apresentaram os maiores valores. Isto também implicou na relação folha/colmo, sendo que a cevada apresentou o maior valor (2,50).

A participação de espiga das espécies submetidas a dois cortes foi superior para a cevada (19,47%). A menor participação, por sua vez, foi da aveia branca (6,16%), embora não tenha diferido do triticale (6,40%) e do trigo (8,40%).

Tabela 4. Composição morfológica (% MV) de cereais de inverno submetidos a diferentes manejos de corte, no momento da colheita para ensilagem em estágio de grão farináceo

Cereais de inverno	Colmo (%)	Folha (%)	Espiga (%)	Razão Folha: Colmo
Sem corte				
Trigo	50,40 ^c	10,90 ^c	38,70 ^a	0,21 ^d
Triticale	50,01 ^c	21,81 ^b	28,20 ^b	0,41 ^b
Cevada	41,00 ^d	34,60 ^a	24,40 ^c	0,82 ^a
Aveia Branca	58,80 ^b	19,88 ^b	21,32 ^c	0,33 ^{bc}
Aveia Preta	70,88 ^a	17,81 ^b	11,31 ^d	0,25 ^{cd}
1 corte				
Trigo	45,10 ^b	9,90 ^b	45,00 ^a	0,22 ^b
Triticale	43,90 ^b	14,81 ^a	41,29 ^b	0,33 ^a
Cevada	45,15 ^b	16,19 ^a	38,66 ^b	0,35 ^a
Aveia Branca	74,64 ^a	12,50 ^{ab}	12,86 ^c	0,16 ^b
Aveia Preta	74,49 ^a	9,36 ^b	16,20 ^c	0,12 ^b
2 cortes				
Trigo	32,10 ^c	61,31 ^a	6,59 ^c	1,90 ^b
Triticale	41,10 ^b	52,50 ^b	6,40 ^c	1,27 ^c
Cevada	23,36 ^d	57,16 ^a	19,48 ^a	2,50 ^a
Aveia Branca	69,18 ^a	24,71 ^c	6,16 ^c	0,37 ^d
Aveia Preta	64,25 ^a	24,63 ^c	11,12 ^b	0,38 ^d

Médias seguidas de letras minúsculas para coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

O número de cortes, por sua vez, influenciou a fração colmo dos cereais de inverno. O trigo e o triticale apresentaram decréscimo na participação deste componente com o aumento na intensidade de cortes enquanto que a cevada, aveia branca e aveia

preta apresentaram aumento nos valores com um corte e posterior redução em um segundo corte.

A participação de espiga para o trigo, triticale e a cevada apresentaram aumento com um corte e posterior redução em dois cortes. A aveia branca e a aveia preta apresentaram decréscimo linear com o aumento de cortes para este componente.

Para o componente folha, houve também redução nos percentuais com um corte, com posterior aumento em um segundo corte, para todos os cereais avaliados, com exceção do trigo. A razão folha/colmo também mostrou o mesmo comportamento. Todavia, dentro do componente folha, houve crescimento na participação do material senescente em relação ao percentual de folhas totais (Figura 4).

Pode-se verificar que os cereais, em linhas gerais, apresentaram o mesmo comportamento, sendo uma participação menor de material senescente no sistema sem cortes e maior no sistema com dois cortes. O trigo apresentou comportamento distinto, possuindo alta quantidade de material senescente no sistema sem cortes, redução no sistema com um corte e novo crescimento para o sistema com dois cortes.

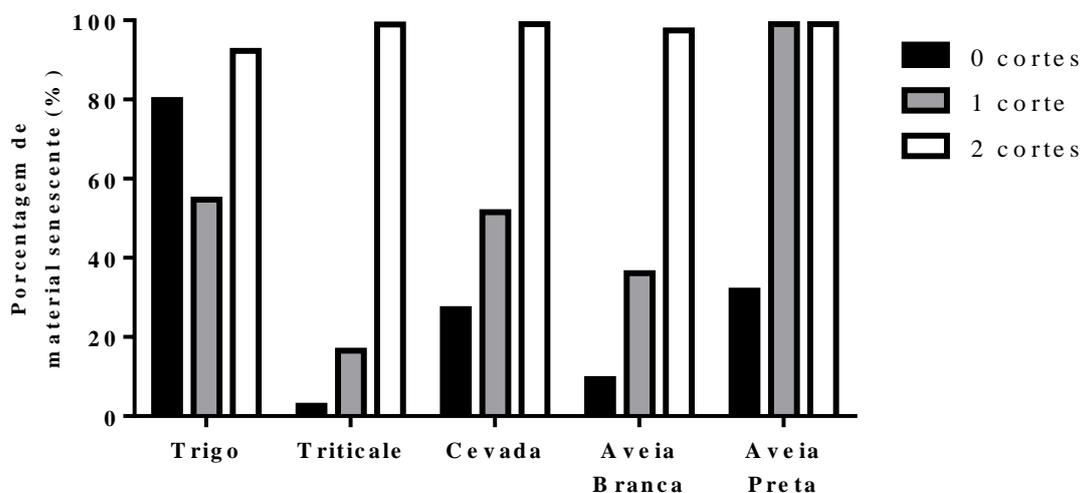


Figura 4. Participação de material senescente em relação ao percentual de folhas totais no momento da ensilagem de cereais de inverno submetidos a um sistema integrado de produção de forragem verde e silagem.

Na análise da composição nutricional dos cortes dos cereais de inverno em estágio vegetativo (Tabela 5), observa-se que a cevada, dentre os cereais avaliados, teve destaque por possuir menores valores de FDA, e maiores valores de HEM, PB e NDT

para o primeiro corte. Já para a matéria mineral (MM), a aveia branca apresentou o maior teor dentre as forragens avaliadas (9,34%).

Para o manejo com dois cortes em estágio vegetativo, o trigo apresentou maior percentual de FDN (61,49%) e de HEM (28,12%) em relação aos demais cereais. Para MM, a aveia branca foi o cereal que apresentou o maior valor (8,86%).

Em linhas gerais, o teor de FDN para todos os cereais colhidos visando produção de forragem no estágio vegetativo aumentou no corte aos 68 DAP, em relação ao corte aos 48 DAP. A maior magnitude de crescimento foi encontrada no trigo, com aumento de 23,61%. Tal comportamento também ocorreu para a FDA do trigo, triticale e a cevada, sendo que desta vez a cevada apresentou maior incremento (22,15%). Já para aveia branca e aveia preta, houve redução nos percentuais de FDA, na ordem de 6,66 e 7,26%, respectivamente.

Tabela 5. Composição nutricional de cereais de inverno submetidos a dois manejos de corte no estágio vegetativo, visando produção de forragem

Cereais de inverno	MS	FDN	FDA	HEM	PB	MM	NDT
g kg de MS ⁻¹							
1 corte (48 DAP)							
Trigo	130,3 ^{ab}	469,7	268,8 ^b	202,0 ^{bc}	231,6 ^b	66,5 ^c	593,4 ^a
Triticale	132,5 ^{ab}	481,1	250,5 ^b	221,8 ^{ab}	209,1 ^c	78,3 ^b	603,7 ^a
Cevada	147,5 ^a	487,1	233,0 ^b	254,2 ^a	256,6 ^a	75,1 ^{bc}	613,6 ^a
Aveia Branca	126,4 ^b	463,9	326,5 ^a	161,6 ^d	198,5 ^c	93,4 ^a	560,8 ^b
Aveia Preta	142,2 ^{ab}	488,2	326,1 ^a	166,6 ^{cd}	195,8 ^c	80,2 ^b	561,1 ^b
2 cortes (68 DAP)							
Trigo	124,5 ^a	614,9 ^a	320,9	281,2 ^a	197,6	66,0 ^c	564,0
Triticale	126,3 ^a	564,6 ^b	304,8	259,8 ^{ab}	185,7	64,9 ^c	573,1
Cevada	119,1 ^{ab}	534,2 ^b	299,3	245,2 ^b	207,7	78,5 ^b	576,2
Aveia Branca	107,5 ^b	531,3 ^b	306,1	251,4 ^{ab}	184,8	88,6 ^a	572,3
Aveia Preta	112,6 ^{ab}	558,7 ^b	304,0	249,6 ^{ab}	198,6	77,6 ^b	573,5

Médias seguidas de letras minúsculas para coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Com relação à HEM, houve crescimento para todas as forragens avaliadas, exceto para a cevada, que apresentou redução de 3,67% com corte aos 68 DAP em relação ao corte aos 48 DAP. Dentre as outras forragens, a aveia branca apresentou maior crescimento, sendo este na ordem de 35,71%.

Em linhas gerais, o teor de PB mostrou redução em todos os cereais avaliados com o corte aos 68 DAP, exceto para a aveia preta que apresentou crescimento, mesmo que mínimo na ordem de 1,40%. Analisando as outras culturas, observa-se que a cevada apresentou maior redução no teor proteico, sendo esta de 23,54%.

Para o teor de MM, não observou-se grande influência do manejo de cortes, entretanto é constatada uma relação de redução nos teores com o aumento de um para dois cortes em estágio vegetativo, exceto para a cevada, que apresentou um incremento de 4,33%.

Já no momento da ensilagem (Tabela 6) para o tratamento sem cortes, para a HEM não houve diferença ($P>0,05$) entre as culturas avaliadas. Para o FDN e FDA, a aveia preta apresentou os maiores teores para ambos os parâmetros. Na avaliação da proteína bruta, a cevada foi superior (87,0 g kg de MS^{-1}) frente às outras forragens avaliadas e para MM a aveia preta obteve os maiores valores (54,0g kg de MS^{-1}).

Para o tratamento com um corte, houve diferença ($P<0,05$) somente para FDN, FDA e PB. Para o teor de FDN e de FDA, a aveia preta apresentou os maiores teores entre as forragens avaliadas e, na avaliação da PB, a cevada foi superior (109,9g kg de MS^{-1}). Para o tratamento com dois cortes, houve diferença ($P<0,05$) para todos os parâmetros avaliados. Constatou-se que independentemente dos tratamentos, a cevada e o triticale apresentaram os maiores valores de NDT.

Tabela 6. Composição nutricional de cereais de inverno submetidos a manejos de corte no estágio vegetativo (0, 1 ou 2 cortes) e colhidos em estágio de grão farináceo no momento da ensilagem

Cereais de inverno	MS	FDN	FDA	HEM	PB	MM	NDT
	g kg de MS^{-1}						
0 cortes							
Trigo	367,0 ^a	659,6 ^b	428,7 ^b	237,2	76,8 ^{abc}	41,5 ^c	503,3 ^c
Triticale	342,1 ^a	621,0 ^b	392,8 ^c	228,1	83,8 ^{ab}	40,1 ^c	523,5 ^b
Cevada	238,0 ^b	565,8 ^c	333,5 ^d	232,2	87,0 ^a	49,4 ^{ab}	556,9 ^a
Aveia Branca	243,8 ^b	619,9 ^b	382,4 ^c	237,5	68,4 ^c	45,6 ^{bc}	529,4 ^b
Aveia Preta	262,7 ^b	704,2 ^a	465,7 ^a	238,5	73,5 ^{bc}	54,0 ^a	482,4 ^d
1 corte							
Trigo	371,3 ^a	622,1 ^{bc}	413,6 ^b	208,5	74,6 ^b	45,6	511,8 ^b
Triticale	371,9 ^a	613,3 ^{bc}	395,6 ^{bc}	217,6	72,1 ^b	42,0	521,9 ^{ab}
Cevada	300,0 ^{bc}	596,3 ^c	359,2 ^c	225,9	109,9 ^a	47,3	542,5 ^a
Aveia Branca	275,6 ^b	654,1 ^b	422,8 ^b	231,4	62,4 ^b	54,4	506,6 ^b
Aveia Preta	316,6 ^b	713,4 ^a	493,5 ^a	219,9	59,9 ^b	50,7	466,7 ^c
2 cortes							
Trigo	483,4 ^a	599,9 ^c	390,9 ^b	201,5 ^c	76,9 ^a	45,0 ^{ab}	524,6 ^c
Triticale	390,0 ^c	633,4 ^{bc}	355,2 ^c	278,2 ^b	75,2 ^a	37,2 ^b	544,7 ^b
Cevada	438,0 ^b	668,3 ^{ab}	314,2 ^d	354,0 ^a	84,9 ^a	40,1 ^b	567,8 ^a
Aveia Branca	340,0 ^d	673,9 ^{ab}	429,9 ^a	239,6 ^{bc}	60,5 ^b	42,6 ^b	502,6 ^d
Aveia Preta	373,2 ^{cd}	683,5 ^a	425,9 ^{ab}	257,6 ^b	76,3 ^a	53,5 ^a	504,8 ^{cd}

Médias seguidas de letras minúsculas para coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

DISCUSSÃO

Em linhas gerais, os cereais de inverno avaliados em sistema para produção de forragem verde e posterior corte para ensilagem, apresentaram bons rendimentos tanto para o primeiro como para o segundo corte no estágio vegetativo. Avaliando o rendimento de forragem no manejo com um corte, observa-se que a aveia preta foi superior aos resultados médios obtidos por Fontaneli et al. (2009), (720 *versus* 622 kg de MS ha⁻¹). Todavia, em comparação com os dados destes mesmos autores, mas com relação às demais culturas avaliadas, as produções foram inferiores, sendo que a cevada foi o que apresentou maior diferença produtiva (400 *versus* 936 kg de MS ha⁻¹).

Com relação ao manejo composto por dois cortes prévio a colheita para ensilagem, as cultivares avaliadas mostraram produtividades inferiores aos resultados médios de Bortolini et al. (2004), sendo que a maior diferença foi para o triticale (1.552 contra 3.162 kg de MS ha⁻¹). Todavia, os dados do presente trabalho foram superiores aos achados por Cecato et al. (2001), com relação à aveia branca e preta submetidas a dois cortes. Tal fato também ocorreu para o trigo, uma vez que este foi superior aos dados médios encontrados por Hastenpflug et al. (2011) (1.520 *versus* 1.323 kg de MS ha⁻¹).

A grande amplitude de resultados para a produção de forragem com cereais de inverno pode ser atribuída a vários fatores, dentre os quais destaca-se: cultivar, condições edafo-climáticas, condução da lavoura experimental, teor da MS no corte e metodologia de corte, fato este que também gerou diferença entre as espécies avaliadas no presente estudo.

Constatou-se que para o manejo sem corte prévio à ensilagem, a maior produção de massa de forragem seca foi registrada para o triticale e o trigo (12.317 e 11.335 kg ha⁻¹). Tais resultados foram superiores aos encontrados por Fontaneli et al. (2009), Meinerz et al. (2011) e Lehmen et al. (2014), os quais observaram, para o triticale e o trigo, as produções de 5.234 e 5.096 kg MS ha⁻¹; 9.267 e 8.262 kg MS ha⁻¹; 10.071 e 9.812 kg MS ha⁻¹ respectivamente.

A aveia branca e a aveia preta também mostraram boas produções de MS (9.443 e 9.752 kg MS ha⁻¹), sendo semelhantes aos resultados encontrados por Lehmen et al. (2014) (9.144 e 9.552 kg MS ha⁻¹).

Para os tratamentos 1 corte e 2 cortes, observou-se decréscimo nas produção de massa de forragem seca disponível para ensilagem em relação ao sistema sem cortes no estágio vegetativo. Tal efeito de decréscimo produtivo é justificado por Bortolini et al.

(2004), que indicam que o sistema de desfolha provoca estresse na planta pela remoção da área foliar. Quanto mais desfolhas, maior remoção da área foliar e consumo de nutrientes de reserva. Com isto, diminui-se a área fotossinteticamente ativa, o que por conseguinte implica em menor rendimento da forragem (HARRISON et al., 2011).

No entanto, observa-se que o triticale destacou-se entre os demais por possuir maior potencial produtivo no momento da ensilagem adotado (Tabela 2 e Figura 3). Esta alta produção pode ser atribuída ao fato do triticale ser um cereal advindo do cruzamento entre o trigo e o centeio, o que o leva a possuir características positivas de ambos os cereais, sobretudo o potencial produtivo aliado à tolerância de crescimento sob diferentes formas de manejo (McGOVERIN et al., 2011). Devido a estas características intrínsecas, seu uso em sistemas de duplo propósito, tanto visando produção de grãos como a produção de silagem, é indicado.

Outros fatores que impactaram na produção de massa de forragem seca dos cereais foram o teor de MS, os componentes morfológicos e a altura. Observa-se que houve aumento do teor de MS e incremento dos componentes espiga e material senescente com o aumento do número de cortes no estágio vegetativo. Meinerz et al. (2011), avaliando cereais de inverno em manejo de cortes, também observaram aumento no teor de MS dos materiais no momento da ensilagem, o que foi correlacionado com maior proporção de espigas. Além disto, Meinerz et al. (2012) observaram aumento na taxa de acúmulo diário de matéria seca nas lâminas foliares, gerando senescência e decréscimo da produção de massa de forragem seca na sucessão de cortes.

Notou-se que, de maneira geral, houve redução da altura das plantas no momento da ensilagem, o que também contribuiu com a redução da massa de forragem seca. Carletto (2013) observou o mesmo efeito, no qual avaliando o trigo, houve redução na altura das plantas do manejo sem cortes para o manejo com dois cortes (0,75; 0,64 e 0,47 m, respectivamente).

Bartmeyer et al. (2011), ao avaliar trigo de duplo propósito após período de pastejo por bovinos de corte, também notaram diferença significativa na altura das plantas, sendo de menor magnitude para os tratamentos em pastejo comparado com o tratamento sem pastejo. Tais fatos corroboram os dados observados no presente experimento, em que a altura de planta também foi consideravelmente menor nos sistemas com maior número de cortes.

A redução da altura também está correlacionada com a redução de índice foliar por parte da planta, o que implicaria diretamente na taxa de fotossíntese, reduzindo a

quantidade de fotoassimilados disponíveis, impactando em menores produções de MS e de grãos (TAIZ E ZEIGER, 1991). Os programas de melhoramento genético, especialmente do trigo, buscam obtenção de plantas com porte mais baixo, pois em locais de elevadas altitudes e com ventos fortes como a região de Guarapuava (PR), a produtividade do trigo pode ser comprometida pelo acamamento das plantas. Nesse sentido, a desfolha favorece a redução ou eliminação do acamamento, pela redução no comprimento de colmos e produção de espigas menores (BORTOLINI et al., 2004). No presente experimento, observou-se a ocorrência de acamamentos principalmente para a aveia branca e aveia preta, principalmente no sistema sem cortes, pois são plantas de maior altura, sendo susceptíveis aos efeitos citados anteriormente. Para os demais cereais, independentemente do sistema, não se observou ocorrência de acamamento.

Constatou-se que houve aumento nos índices de senescência para todos os cereais com o aumento no número de cortes (Figura 4). O aumento nos percentuais de material senescente, por sua vez, gera incremento de materiais pouco digestíveis, como a celulose ou indigestíveis, como a lignina, reduzindo o valor nutricional e o potencial de consumo das silagens (VAN SOEST, 1994).

No sentido da produção de silagem *in situ*, efeitos na diminuição de altura contribui para redução na quantidade de grãos no material ensilado, com consequente menor qualidade de conservação (JOBIM e NUSSIO, 2013).

Com relação à avaliação nutricional da forragem oriunda dos cortes no estágio vegetativo, sabe-se que neste estágio as forrageiras de inverno possuem em sua composição alta proporção de conteúdo celular em detrimento a menores proporções de material fibroso, o que proporciona teoricamente alto potencial de digestão (NASCIMENTO JÚNIOR et al., 2013). Além disto, nota-se que a FDN tem efeito inversamente proporcional sobre o consumo e a digestibilidade da matéria seca do alimento. Ou seja, com o aumento destas frações há decréscimo significativo da digestibilidade do alimento, além de redução no consumo voluntário, uma vez que estes carboidratos fibrosos exigem maior dispêndio de tempo para ruminção, além de gerarem maior efeito de enchimento (VAN SOEST, 1994; NUSSIO et al., 2011).

Na comparação das forragens submetidas ao manejo com um corte no estágio vegetativo, embora os teores de FDN não tenham mostrado diferença significativa (Tabela 5), houve diferença nos teores de FDA, em que o trigo, o triticale e a cevada apresentaram os menores valores, possibilitando um maior potencial de digestibilidade da fibra.

Já para o manejo com dois cortes no estágio vegetativo, observou-se aumento para a fração fibrosa de todos os cereais, o que pode ser atribuído ao próprio estágio de desenvolvimento das culturas, pois uma planta mais velha possui maior espessamento e lignificação da parede celular, gerando tais alterações (CARVALHO e PIRES, 2008).

A cevada ainda apresentou maior teor de PB para ambos os sistemas de corte em estágio vegetativo. A cevada apresenta estes altos teores de PB em virtude de um programa de melhoramento intenso, no qual foram descobertos genes que influenciam tanto a quantidade como a qualidade da proteína deste cereal (BUMBIERIS JR. et al., 2011).

A aveia branca, por sua vez, apresentou o maior teor de MM para os dois sistemas de corte. Isto pode ser atribuído à sua alta exigência nutricional, o que necessitou grande exportação de minerais do solo em resposta à sua grande produção por corte (CARVALHO et al., 2013)

Na avaliação integrada dos três manejos de corte, a cevada apresentou características nutricionais mais relevantes em detrimento às demais culturas, pois apresentou os menores teores de FDN e FDA, além dos maiores teores de PB e valores intermediários para HEM e MM. O triticale, por sua vez, se destacou por possuir valores intermediários, integrando boa qualidade nutricional com excelente potencial produtivo.

CONCLUSÕES

O triticale foi a cultura que apresentou maior potencial para produção de forragem em sistema de manejo de duplo propósito, com cortes no estágio vegetativo e posterior ensilagem.

Para os demais cereais avaliados, apesar do valor nutricional manter-se estável, a produção de massa de forragem teve influência negativa dos sistemas de cortes, não recomendando-se o regime de dois cortes sucessivos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. Washington, D.C., 16 ed., 1094p, 1995.

BARTMEYER, T.N.; DITTRICH, J.R.; SILVA, H.A. da; MORAES, A. de; PIAZZETTA, R.G.; GAZDA, T.L.; CARVALHO, P.C. de F. Trigo de duplo propósito

submetido ao pastejo de bovinos nos campos gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1247-1253, 2011.

BERNARDES, T.F.; REGO, A.C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.97, p.1852-1861, 2014.

BORTOLINI, P.C.; SANDINI, I.; CARVALHO, P. D. F.; MORAES, A. D. Cereais de inverno submetidos ao corte no sistema de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.45-50, 2004.

BUMBIERIS JR, V.H.; OLIVEIRA, M.R.; JOBIM, C.C.; BARBOSA, M.A.F.; CASTRO, L.M.; BARBERO, R.P. Perspectivas para uso de silagem de cereais de inverno no Brasil. In: JOBIM, C.C.; CECATO, U.; CANTO, M.W. IV Simpósio de Produção e utilização de forragens conservadas, 4. Maringá, PR. **Anais...Maringá: Sthampa**, 2011.

CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

CARLETTO, R. Desempenho agrônomo de trigo duplo propósito em sistemas de corte. Guarapuava, 2013. 92p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2013.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V. Organização dos tecidos de plantas forrageiras e suas implicações para os ruminantes. **Archivos de Zootecnia**, v.57, p.13-28, 2008.

CARVALHO, P.C.F.; SANTOS, D.T.; GONÇALVES, E.N.; MORAES, A.; NABINGER, C. Forrageiras de clima temperado. In: FONSECA, D.M; MATURSCHELLO, J.A: **Plantas forrageiras**. p.494-537, 2013.

CECATO, U.; REGO, F.C.A.; GOMES, J.A.N.; CANTO, M.W.; JOBIM, C.C.; CONEGLIAN, S.; MOREIRA, F.B. Produção e composição química em cultivares e linhagens de aveia (*Avena spp*). **Acta Scientiarum**, Maringá, v.23, n.4, p.775-780, 2001.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. 400p Porto Alegre, SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004.

FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; MINELLA, E.; CAIERÃO, E. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.11, p.2116-2120, 2009.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis: apparatus reagents, procedures and some applications**. Washington, D. C, [s.n.], Agricultural Handbook, p.379, 1970.

HARRISON, M.T.; EVANS, J.R.; DOVE, H.; MOORE, A.D. Dual-purpose cereals: can the relative influences of management and environment on crop recovery and grain yield be dissected? **Crop & Pasture Science**, v.62, p.930-946, 2011.

HASTENPFLUG, M.; BRAIDA, J.A.; MARTIN, T.N.; ZIECH, M.F.; SIMIONATO, C.C.; CASTAGNINO, D.S. Cultivares de trigo duplo propósito submetidos ao manejo nitrogenado e a regimes de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.63, n.1, p.196-202, 2011.

IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Versão 1.0. 2000. (formato digital, 1 CD).

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R: **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros**. p.649-660, 2013.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A., SCHIMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, p.101-119, 2007.

LEHMEN, R.I.; FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. dos. Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.7, p.1180-1185, 2014.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

McGOVERIN, C.M.; SNYDERS, F.; MULLER, N.; BOTES, W.; FOX, G.; MANLEY, M. A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v.91, p.1155-1165, 2011.

MEINERZ, G.R.; OLIVO, C.J.; FONTANELI, R.S.; AGNOLIN, C.A.; HORST, T.; DE BEM, C.M. Produtividade de cereais de inverno de duplo propósito na depressão central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.41, n.4, p.873-882. 2012.

MEINERZ, G.R.; OLIVO, J.C.; VIÉGAS, J.; NÖRNBERG, J.L.; AGNOLIN, C.A.; CHEIBLER, R.B.; HORST, T.; FONTANELI, R.S. Silagem de cereais de inverno submetidos ao manejo de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.10, p.2097-2104, 2011.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; VILELA, H.H.; SOUSA, B.M.L.; SILVEIRA, M.C.T. Fatores que afetam a qualidade de plantas forrageiras. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R: **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros**. p.409-424, 2013.

NUSSIO, L.G; CAMPOS, F.P; LIMA, M.L.M. Metabolismo de Carboidratos Estruturais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. p.193-238. 2.ed., Jaboticabal: Funep, 2011.

ROSÁRIO, J.G.; NEUMANN, M.; UENO, R.K.; MARCONDES, M.M.; MENDES, M.C. Produção e utilização de silagem de trigo. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.5, n.1, p.207-218, 2012.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide statistics**. 4 ed. Version 6. Cary, North Caroline, V.2, 1993. 943 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos, métodos químicos e biológicos**. 3ª. ed. - 4ª reimpressão. Universidade Federal de Viçosa, p.235, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Califórnia: The Benjamin/Cummings Publishings Company, Redwood, 565p., 1991.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**, ed., New York: Cornell University Press, 1994, 476 p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition, **Journal of dairy Science**, Savoy, v.74, p.3583-3597, 1991.

V – Avaliação de silagens de cereais de inverno em um sistema integrado de produção de forragem verde e silagem

Evaluation of winter cereals silages of an integrated system of green forage and silage production

RESUMO: O objetivo do experimento foi avaliar a qualidade nutricional, perdas de matéria seca e estabilidade aeróbia de silagens de cereais de inverno submetidas a um sistema integrado para produção de forragem verde e de silagem. Os materiais utilizados foram o trigo (*Triticum aestivum* cv. BRS Gralha Azul), cevada (*Hordeum vulgare* cv. BRS Brau), aveia branca (*Avena sativa* cv. URS Guará), aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) e triticale (*X Triticosecale* cv. IPR 11), sob três estratégias de manejo: sem cortes prévios (T₁), com um corte (T₂), e com dois cortes (T₃) em estágio vegetativo e subsequente produção de silagem para cada tratamento. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em arranjo fatorial (5x3), composto por cinco espécies forrageiras e três manejos de cortes, com cinco repetições cada. Na avaliação nutricional, a cevada possuiu valores baixos de FDA (311,7 e 375,3g kg de MS⁻¹) e altos de NDT (569,2 e 533,4g kg de MS⁻¹) para o sistema com um e dois cortes, respectivamente. No tocante à avaliação de perdas de MS, constatou-se que, na intersecção dos resultados dos três manejos de corte, a cevada e a aveia branca possuíram os maiores índices de recuperação de MS (95,52% e 92,88%, respectivamente). Para a estabilidade aeróbia, os materiais foram bastante semelhantes entre si e foram bastantes estáveis após a abertura dos silos, com exceção da aveia branca e aveia preta no manejo sem cortes. A silagem de cevada apresentou maior estabilidade nutricional com o aumento no número de cortes, apresentando inclusive maiores recuperações de MS. As silagens de trigo e de triticale apresentaram bons valores nutricionais, alta estabilidade aeróbica, porém com baixa recuperação de MS durante a armazenagem para todos os tratamentos avaliados.

Palavras-chave: cevada; estabilidade aeróbia; manejo de cortes; proteína; recuperação de matéria seca.

ABSTRACT: The objective of the experiment was to promote an evaluation of nutritional quality, dry matter losses and aerobic stability of winter cereals silage resulted to an integrated system of forage and silage production. The materials used were wheat (*Triticum aestivum* cv. BRS Crow Blue), barley (*Hordeum vulgare* cv. BRS

Brau), white oat (*Avena sativa* cv. URS Guar), black oat (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) and triticale (*X Triticosecale* cv IPR 11) under three management strategies: without previous cuts (T₁), one cut (T₂) and two cuts (T₃) in vegetative stage with posterior silage making for each treatment. The experimental design was a randomized block in a factorial arrangement, composed of five forage species, three managements cuts, with five replicates each. In nutritional assessment, barley owned low values of ADF (311.7 and 375.3 g kg de DM⁻¹) and high TDN (569.2 and 533.4 g kg de DM⁻¹) for one and two-cut system, respectively. Regarding the evaluation of DM losses, at the intersection of the results of three cutting managements, barley and white oat possessed the best DM recovery rates (95.52% e 92.88%, respectively). As for the aerobic stability, the materials were quite similar to each other and were quite stable after opening the silos, with the exception of white and black oat in the management without cuts. The barley silage has higher nutritional stability with increased the cuts number, with even greater DM recoveries. Wheat and triticale silage presented good nutritional values, high stabilities aerobic, but with low DM recovery during storage for all the treatments.

Keywords: barley; aerobic stability; cut management; protein; dry matter recovery

INTRODUÇÃO

A região Sul do país, em decorrência de suas condies climáticas, possibilita o cultivo de cereais de inverno no tocante  melhor aproveitamento de recursos como a terra (ROSÁRIO et al., 2012). Além disto, estes materiais possuem grande versatilidade, podendo ser aproveitados para a alimentao animal tanto no estdio vegetativo, sendo usado para forrageamento direto (NASCIMENTO JR. et al., 2013), quanto no estdio reprodutivo, voltado para a produo de gros e seus usos em raoes ou para a produo de silagem (BORTOLINI et al., 2004).

Embora o uso das silagens de cereais de inverno não seja representativa no Brasil, na Europa seu uso passou de “cultura esporádica” para “cultura de base” com o passar dos anos pelo seu excelente valor alimentício e boas qualidades de conservao, apresentando inclusive bons aspectos produtivos (BUMBIERIS JR et al., 2011).

Com isto, despertou-se o interesse do desenvolvimento de diferentes estratégias de uso destas culturas, possibilitando melhor aproveitamento de áreas, além de estimular o planejamento forrageiro na região Sul do país. Uma destas estratégias seria

associar cortes no período vegetativo com posterior diferimento da área para produção de silagem, gerando um aproveitamento em duplo propósito.

Embora alguns estudos tenham sido conduzidos nesse contexto (HASTENPFLUNG et al., 2011; CARLETTO, 2013), na literatura há poucos indícios do valor nutricional das silagens de cereais de inverno resultantes desta estratégia de manejo.

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade nutricional de silagens de cereais de inverno submetidos a um sistema integrado de produção de forragem verde e posterior ensilagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) pertencente ao setor de ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), localizado no município de Guarapuava – PR, situado na zona subtropical do Paraná (MAACK, 2002), sob as coordenadas geográficas 25°23'02" de latitude sul e 51°29'43" de longitude oeste e 1.026 m de altitude.

O clima da região segundo a classificação de Köppen é o temperado de altitude – Cfb (Subtropical mesotérmico úmido), com verões amenos e inverno moderado, sem estação seca definida e com geadas severas. A precipitação média anual é de 1944 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% (IAPAR, 2000).

A Figura 1 e 2 apresentam os dados de precipitação pluviométrica em mm, insolação em horas dia⁻¹, temperatura máxima e mínima em °C e umidade relativa do ar em %, ocorridos no período de junho a novembro de 2014, durante o desenvolvimento das avaliações de corte de forragem e colheita para silagem.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno Típico (POTT et al., 2007), e em ocasião antecipada ao plantio apresentou as seguintes características químicas (perfil de 0 a 20 cm): pH CaCl₂ 0,01M: 4,7; P: 1,1 mg dm⁻³; K⁺: 0,2 cmol_c dm⁻³; MO: 2,62%; Al³⁺: 0,0 cmol_c dm⁻³; H⁺+Al³⁺: 5,2 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺: 5,0 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺: 5,0 cmol_c dm⁻³ e saturação de bases: 67,3%.

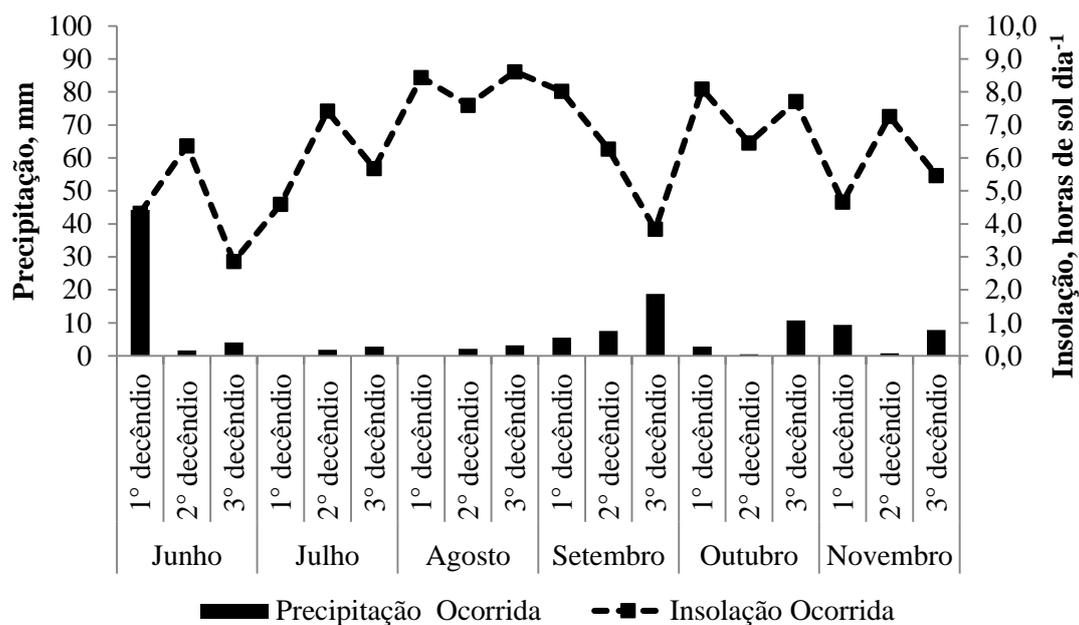


Figura 1. Dados de precipitação pluviométrica (mm) e insolação em horas dia⁻¹ ocorridos no período de junho a novembro de 2014, por decêndio, em Guarapuava – PR.

Fonte: Estação Meteorológica do IAPAR instalada no CEDETEG/UNICENTRO, Guarapuava – PR.

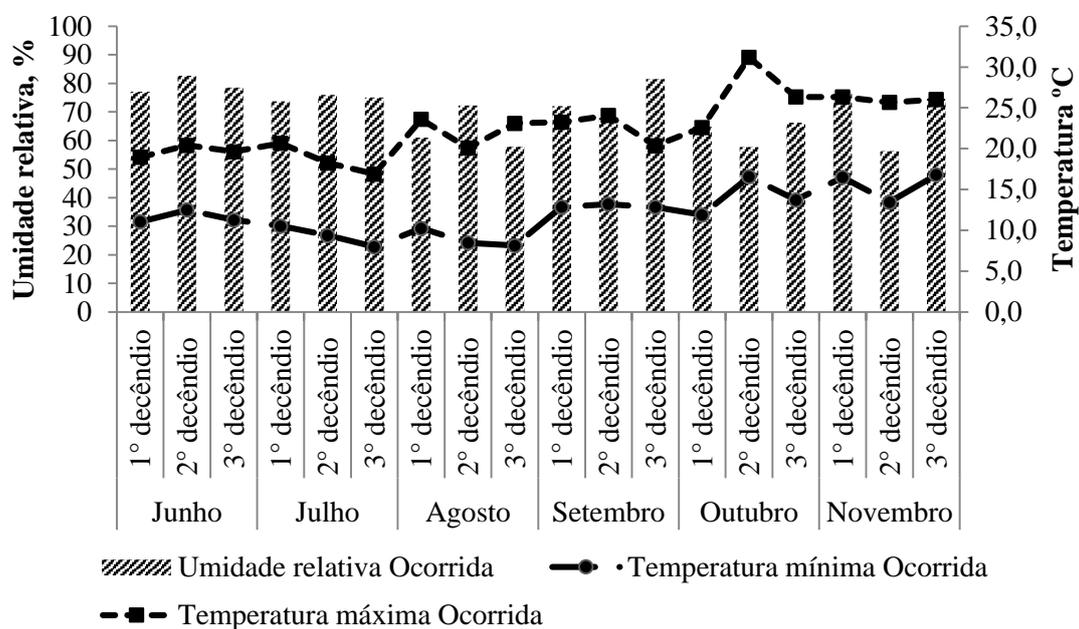


Figura 2. Dados de temperatura máxima e mínima em °C e umidade relativa do ar em %, ocorridos no período de junho a novembro de 2014, por decêndio, em Guarapuava – PR.

Fonte: Estação Meteorológica do IAPAR instalada no CEDETEG/UNICENTRO, Guarapuava – PR.

Condução de lavoura experimental e análises agronômicas

Como material experimental utilizou-se o trigo (*Triticum aestivum* cv. BRS Gralha Azul), cevada (*Hordeum vulgare* cv. BRS Brau), aveia branca (*Avena sativa* cv. URS Guará), aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) e triticale (*X Triticosecale* cv. IPR 11).

O campo experimental constituiu-se de uma área total de 225 m², distribuída em 75 parcelas de 3 m² cada (3 m x 1 m), onde foi utilizada área útil de 1,60 m² (1 m x 1,6 m) para as avaliações. Cada parcela representou uma unidade experimental (repetição).

A semeadura no campo experimental ocorreu no dia 03 de junho de 2014, em sistema de plantio direto através de semeadora modelo Semeato SHM 15/17 de maneira uniforme (mesma densidade) para todas as culturas. No plantio, o espaçamento entre linhas foi de 0,17 m, a profundidade de semeadura foi de 0,04 m com distribuição de 400 sementes por m².

Por ocasião do plantio, realizou-se a adubação de base com 300 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 08-30-20 (N-P₂O₅-K₂O), respeitando recomendações da comissão de fertilidade do solo de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (2004). A adubação nitrogenada de cobertura foi feita em uma única aplicação, 30 dias após o plantio com 196 kg ha⁻¹ de uréia (46-00-00), o que totalizou 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

As plantas daninhas foram controladas quimicamente com o uso de herbicidas, primeiramente na dessecação da área experimental realizada no dia 10 de maio de 2014, utilizando-se herbicida à base de *Glifosate* (produto comercial Roundup WG[®]: 3,0 kg ha⁻¹). Já no manejo da cultura, 30 dias após o plantio, foi efetuada a aplicação do herbicida à base de *metsulfuron-metyl* (produto comercial Ally[®]: 6,6 g ha⁻¹), controlando assim a infestação de nabo (*Raphanus raphanistrum*), picão preto (*Bidens pilosa*), guanxuma (*Sida rhombifolia*) e maria-mole (*Senecio brasiliensis*), sendo estas as principais plantas daninhas infestantes no período da condução do experimento.

O controle de pragas foi realizado até 30 dias após a emergência das plantas, de acordo com avaliações de campo, indicando o ponto de dano econômico, sendo utilizado o inseticida à base de *Imidacloprido* + *Beta cflutrina* (produto comercial Connect[®]: 500 ml ha⁻¹) para o controle de Pulgão-verde-dos-cereais (*Rhopalosiphum graminum*) e Percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthoso*).

Para o controle de doenças fúngicas foi necessário o emprego de fungicida à base de *propiconazol* (produto comercial Tilt®: 0,75 l ha⁻¹) para o controle de oídio (*Blumeria graminis f. sp. tritici*) e Giberela (*Fusarium graminearum*). Para a cevada avaliada, foi requerido uma segunda aplicação de *propiconazol* em virtude da alta incidência de oídio.

Os tratamentos constaram do manejo dos cereais de inverno sob distintos regimes de cortes, com posterior corte para produção de silagem, sendo T₁: sem corte prévio a colheita para ensilagem, T₂: um corte, 48 Dias após o plantio (DAP) no dia 21 de julho de 2014 e T₃: dois cortes, sendo o primeiro 48 DAP e o segundo 68 DAP, o que correspondeu aos dias 21 de julho de 2014 e 10 de agosto 2014. O regime de manejo nos tratamentos submetidos a um corte (T₂) ou a dois cortes (T₃) seguiram recomendações de Fontaneli et al. (2009), ou seja, os cortes foram realizados quando as plantas, em cada tratamento, atingiram altura média de 25 cm, sendo estas rebaixadas a 8 cm da superfície do solo.

O corte das plantas, contidas na área útil de cada parcela (1,60 m²), foi realizado de forma manual com o auxílio de foices. Foram coletadas cinco amostras aleatórias e representativas (quadro de 0,25 m²) da área, colhidas a 8 cm da superfície do solo o que permitiu estimar as produções de massa de forragem (kg ha⁻¹). Foi coletada uma amostra com peso de 500g de plantas de cada parcela, sendo posteriormente condicionada em estufa de ar forçado, regulada para temperatura de 55°C, onde as amostras permaneceram até a obtenção de peso constante entre as pesagens para a determinação dos teores de matéria seca da planta inteira, conforme AOAC (1995), e consequentemente quantificação da produção de massa seca de forragem (kg ha⁻¹).

A primeira avaliação do corte de forragem teve início no dia 21 de julho de 2014, quando as plantas estavam com 48 DAP e possuíam as características recomendadas para colheita de forragem. Já a segunda avaliação (tratamento de dois cortes) ocorreu 20 dias após o primeiro corte, no dia 10 de agosto de 2014, quando os cereais de inverno voltaram a apresentar altura média de 25 cm, com 68 DAP, sendo possível realizar o segundo corte de forragem.

De uma forma mais ampla, após a realização dos cortes visando medidas da produção de forragem, conforme citado anteriormente, foram vedadas as áreas visando a produção de silagem em uma mesma área e gerar comparação entre uma área sem corte para forrageamento (unicamente produção de silagem), uma área com um corte e uma área com dois cortes e produção de silagem subsequente.

As silagens, para cada cultura, foram produzidas quando as plantas atingiram o estágio de grão farináceo, momento indicado para a ensilagem, de acordo com Fontaneli et al. (2009). Neste contexto, as silagens foram produzidas aos 115 DAP (27 de setembro de 2014) para o trigo, o triticale e a cevada, e aos 121 DAP (4 de outubro de 2014) para aveia branca e aveia preta para T₁ (regime de manejo sem corte), aos 135 DAP (18 de outubro de 2014) para o trigo, triticale e a cevada e aos 142 DAP para aveia branca e aveia preta (25 de outubro de 2014) para T₂ (regime de manejo com um corte) e 153 DAP (6 de novembro de 2014) para trigo, triticale e cevada e 161 DAP (15 de novembro de 2014) para aveia branca e aveia preta para T₃ (regime de manejo com dois cortes).

No momento da ensilagem, as plantas de cada parcela foram colhidas a 8 cm da superfície do solo e, posteriormente, os materiais foram processados em picador de forragem estacionário, modelo EM 6400 da marca Nogueira[®], e ensiladas em silos experimentais. Após o processamento, foi observado tamanho médio de partícula de 3,7 cm, determinado segundo metodologia proposta por Jobim et al. (2007).

Os silos foram tubos de PVC, com 10 cm de diâmetro x 50 cm de altura (Volume de 0,003 m³) e capacidade para cerca de 3 kg, compactados de forma manual e devidamente identificados com etiquetas. Para vedação dos silos, foi utilizada lona preta e fita adesiva. Após a ensilagem, os silos foram armazenados em área coberta por um período de 60 dias, quando foram abertos e uma amostra de 500 g de cada tratamento foi condicionada em estufa para a determinação de MS e posteriormente encaminhada para a análise química, conforme AOAC (1995).

Análises de perdas de matéria seca

Nos silos experimentais, foram adicionados 200 g de areia limpa, uma fina camada de tecido, para que a silagem não entrasse em contato com a areia, e uma tela separadora, para desta forma permitir que o efluente seja drenado por diferença de peso. As variáveis avaliadas foram índice de recuperação de matéria seca (% MS), perdas por efluentes (kg efluente t⁻¹) e perdas por gases (% MS) durante o período de armazenagem.

O índice de recuperação de matéria seca (IRMS) foi obtido pela diferença de peso entre a massa de forragem e seu teor de matéria seca na ensilagem, em contraste com as mesmas variáveis na abertura, seguindo a equação: $IRMS = (MFA * MSA) / (MFE * MSE)$, onde MFA: Massa de forragem na abertura; MAS: Matéria seca na abertura; MFE: Massa de forragem na ensilagem; MSE: Matéria seca na ensilagem. As

perdas por efluentes foram obtidas por diferença dos silos experimentais conforme a equação: $\text{Efluente} = (\text{PSA} - \text{PSE}) / \text{MFE}$, onde PSA: Peso do silo na abertura; PSE: peso do silo na ensilagem. As perdas gasosas, por sua vez, foram determinadas pela equação: $[(\text{PSE} - \text{PSV}) * \text{MSE}] - [(\text{PSA} - \text{PSV}) * \text{MAS}] / [(\text{PSE} - \text{PSV}) * \text{MSE}]$, onde PSV: peso do silo vazio. Todas as equações foram recomendadas por Jobim et al. (2007).

Avaliação de Estabilidade Aeróbia

As avaliações da estabilidade aeróbia (EA) foram obtidas por meio de medidas de temperatura e de pH, as quais foram iniciadas após a abertura dos silos. Em cada silo, a silagem foi descompactada para facilitar a exposição do material ensilado ao ar, conforme descrito por Kung Jr. et al., (2000), e o material foi alocado em baldes com capacidade para 4 kg. O período experimental teve duração de 168 horas (em torno de 7 dias após abertura dos silos).

Os baldes foram acondicionados em sala com controle de temperatura, programado para permanecer em temperatura constante de 25°C, durante todo o período experimental. Para determinar a EA das silagens, foi realizada a leitura da temperatura das silagens diretamente nos baldes, utilizando um termômetro digital de haste longa modelo *Gulterm 1001*, inserido no centro da massa da forragem. As leituras de temperatura foram realizadas diariamente, às 6 h, às 12 h e às 18 h, juntamente com as leituras de pH. As leituras de pH foram feitas através do uso de potenciômetro digital, de acordo com a metodologia estabelecida por Cherney & Cherney (2003).

Como critério para definição de quebra de estabilidade aeróbia, foi considerado quando a temperatura do material ensilado ultrapassava em 2°C a temperatura do ambiente, conforme orientação de Taylor e Kung Jr. (2002), ou quando o pH aumentava em níveis acima de 0,5 unidades em até cinco dias, conforme citado por Weinberg et al. (2008).

Com a mensuração destes parâmetros, foi possível determinar a estabilidade aeróbia (tempo em horas para quebra), a média das temperaturas, assim como a média do pH durante o período de aeração.

Análises químicas

As amostras pré secas das silagens de cereais de inverno foram moídas a 1 mm em moinho tipo "*Willey*", onde sequencialmente determinou-se a matéria seca total em estufa, a 105°C por 16 horas (SILVA e QUEIROZ, 2009), proteína bruta (PB) pelo método micro Kjeldahl e matéria mineral (MM) por incineração a 550°C (4 horas). Foram determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), conforme Van

Soest et al. (1991), utilizando-se α amilase termoestável (Termamyl 120L, Novozymes Latin América Ltda.), fibra em detergente ácido (FDA) segundo Goering e Van Soest (1970) e os teores de Hemicelulose por diferença (Hemicelulose = FDN - FDA) seguindo metodologia proposta por Silva e Queiroz (2009). O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) na forragem foi estimado segundo a equação $NDT = 74,49 - 0,5635 * FDA$ ($r^2 = 0,84$), descrita por Cappelle et al. (2001) para volumosos.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso em arranjo fatorial composto por cinco espécies de cereais de inverno (Trigo, Triticale, Cevada, Aveia Branca e Aveia Preta), três sistemas de corte (T_1 - sem cortes, T_2 - com um corte e T_3 - com dois cortes) e cinco repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados utilizando o teste Tukey, ao nível de 5% de significância, por intermédio do programa estatístico SAS (1993). Os dados referentes à estabilidade aeróbia também foram conduzidos para análise de regressão (*proc reg*) do SAS. O modelo matemático utilizado para a análise de variância das variáveis da planta foi:

$$Y_{ij} = \mu + BL + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = Espécies de cereais de inverno i na repetição j ;

μ = média dos tratamentos;

BL = efeito do bloco;

A_i = efeito da espécie i ; $i = 1...5$;

B_j = efeito do manejo de cortes j ; $j = 1...3$;

AB_{ij} = efeito da interação entre espécie e manejo de cortes;

e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ij} .

RESULTADOS

Pode-se observar que houve diferença ($P < 0,05$) para todos os parâmetros nutricionais avaliados nas silagens resultantes das culturas, nos diferentes sistemas de manejo anteriores à ensilagem (Tabela 1).

No sistema sem cortes, no estágio vegetativo, as silagens de trigo e de aveia preta apresentaram os maiores valores de FDN, fato também observado para o FDA na aveia preta. Independentemente do sistema de manejo prévio à ensilagem, a aveia preta apresentou valores elevados da fração FDN e FDA. Para HEM, os cereais de destaque, que obtiveram maiores valores foram o trigo e a cevada, sendo que este último teve seu

teor aumentado com o aumento no número de cortes em período vegetativo, enquanto que o trigo apresentou comportamento oposto.

Com relação à PB das silagens, a cevada e o triticale apresentaram as maiores concentrações, enquanto que a aveia branca e a aveia preta apresentaram as menores.

Para a MM, a cevada, aveia branca e aveia preta obtiveram os maiores valores, embora que para o sistema com um corte no período vegetativo, os cereais não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) para este parâmetro. Destaca-se a cevada como o cereal com os maiores teores de NDT no sistema com um e dois cortes.

Tabela 1. Composição nutricional de silagens de cereais de inverno submetidos a manejos de corte em estágio vegetativo e ensilados em estágio de grão farináceo mole

Tratamentos	MS	FDN	FDA	HEM	PB	MM	NDT
	g kg de MS ⁻¹						
0 cortes							
Trigo	289,7 ^a	732,6 ^a	381,2 ^c	351,4 ^a	74,8 ^{abc}	31,6 ^{bc}	530,0 ^a
Triticale	272,0 ^b	664,2 ^b	412,2 ^{bc}	266,9 ^{bc}	77,9 ^{ab}	30,4 ^c	512,5 ^{ab}
Cevada	227,9 ^c	654,6 ^b	379,4 ^c	275,2 ^b	83,5 ^a	42,3 ^a	531,0 ^a
Aveia Branca	225,7 ^c	651,7 ^b	436,9 ^b	214,8 ^c	64,5 ^c	38,2 ^{ab}	498,6 ^b
Aveia Preta	22,80 ^c	729,8 ^a	507,0 ^a	222,8 ^{bc}	68,0 ^{bc}	39,5 ^a	459,2 ^c
1 cortes							
Trigo	342,0 ^a	704,3 ^b	388,2 ^a	304,7 ^{ab}	73,5 ^{ab}	30,4	526,1 ^b
Triticale	298,0 ^b	646,7 ^c	386,4 ^a	279,7 ^b	71,3 ^{ab}	32,6	527,1 ^b
Cevada	287,3 ^{bc}	663,2 ^c	311,7 ^b	315,2 ^{ab}	88,1 ^a	39,1	569,2 ^a
Aveia Branca	253,8 ^c	675,3 ^{bc}	394,7 ^a	280,5 ^b	63,9 ^b	37,9	522,4 ^b
Aveia Preta	290,2 ^{bc}	781,7 ^a	426,5 ^a	355,2 ^a	60,5 ^b	36,1	504,5 ^b
2 cortes							
Trigo	452,8 ^a	685,4 ^{bc}	421,1 ^b	264,3 ^b	66,9 ^{ab}	37,0 ^{bc}	507,6 ^b
Triticale	366,8 ^b	701,6 ^{abc}	411,3 ^b	290,3 ^b	75,1 ^a	34,1 ^c	513,1 ^b
Cevada	420,9 ^a	748,5 ^a	375,3 ^c	373,2 ^a	75,4 ^a	40,2 ^{abc}	533,4 ^a
Aveia Branca	325,0 ^b	677,3 ^c	419,6 ^b	257,6 ^b	60,7 ^b	46,1 ^a	508,4 ^b
Aveia Preta	350,8 ^b	728,1 ^{ab}	479,7 ^a	248,9 ^b	59,5 ^b	42,4 ^{ab}	474,5 ^c

Médias, seguidas de letras minúsculas para coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. NDT (%) = $74,49 - (0,5635 * FDA)$.

Na avaliação das perdas de MS (Tabela 2), analisando a perda por efluentes, no sistema com nenhum corte prévio, observou-se que o trigo apresentou maior produção (24,86 kg t⁻¹), seguido por triticale (19,80 kg t⁻¹). Para o sistema com um corte, a maior produção de efluentes foi da aveia preta (21,90 kg t⁻¹), seguidos pela cevada (14,79 kg t⁻¹). Por último, no manejo com dois cortes, o triticale apresentou maiores quantidades (21,59 kg t⁻¹), seguidos pelo trigo (12,14 kg t⁻¹). Cabe destacar que a aveia branca apresentou baixa produção de efluentes, independentemente do sistema de manejo empregado no período vegetativo.

Tabela 2. Avaliação de perdas de matéria seca de silagens de cereais de inverno submetidos a manejos de corte e ensilados em estágio de grão farináceo

Tratamentos	Efluentes (kg t ⁻¹)			Gases (% MS)		
	0 cortes	1 corte	2 cortes	0 cortes	1 corte	2 cortes
Trigo	24,86 ^a	17,97 ^{ab}	12,14 ^b	9,76 ^a	12,22 ^a	26,90 ^a
Triticale	19,80 ^b	18,20 ^{ab}	21,59 ^a	8,20 ^b	10,42 ^{ab}	16,30 ^c
Cevada	12,06 ^c	14,79 ^b	2,98 ^c	4,74 ^c	8,66 ^b	21,08 ^b
Aveia Branca	9,55 ^c	8,95 ^c	1,28 ^d	4,76 ^c	8,42 ^b	10,02 ^d
Aveia Preta	10,37 ^c	21,90 ^a	2,69 ^c	5,24 ^c	10,04 ^{ab}	16,10 ^c

Médias, seguidas de letras minúsculas para coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Já na avaliação da perda por gases, o trigo apresentou maiores valores para os três sistemas, embora no sistema com um corte no período vegetativo os valores deste cereal não tenham diferido ($P > 0,05$) do triticale e da aveia preta.

Tais resultados impactaram no índice de recuperação de MS, como pode ser observado na Tabela 3. Na avaliação dos resultados dos três manejos de corte, pode-se observar que a cevada apresentou os maiores valores, obtendo média de 95,52% para este parâmetro. Por outro lado, o triticale foi o cereal que apresentou menor recuperação de MS, com média de 81,33%.

Tabela 3. Índice de recuperação de matéria seca de silagens de cereais de inverno submetidos a manejos de corte e ensilados em estágio de grão farináceo

Tratamentos	Índice de Recuperação da MS (%)		
	0 cortes	1 corte	2 cortes
Trigo	85,80 ^{bc}	92,26 ^a	91,65 ^b
Triticale	74,04 ^d	77,09 ^b	92,87 ^{ab}
Cevada	95,01 ^a	96,28 ^a	95,27 ^a
Aveia Branca	90,47 ^{ab}	92,58 ^a	95,59 ^a
Aveia Preta	84,07 ^c	91,65 ^a	93,96 ^{ab}

Médias, seguidas de letras minúsculas para coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Na avaliação da temperatura das silagens (Tabela 4), de acordo com o período de avaliação, percebe-se que as forragens obtiveram em geral comportamento linear, com exceção do trigo, aveia branca e aveia preta no sistema sem cortes, as quais obtiveram comportamento quadrático.

Tabela 4. Médias e equação de regressão do comportamento da temperatura, após a abertura do silo, das silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes manejos de corte

Cereal	Equação de regressão			C.V %	R ²	P>F
	b0	b1 X	b2 X ²			
0 cortes						
Trigo	23,25	0,007	-0,00004	2,70	0,03	0,7428
Triticale	23,07	0,006		3,34	0,19	0,0502
Cevada	23,07	0,008		3,45	0,26	0,019
Aveia Branca	21,99	0,076	-0,0004	3,05	0,72	<0,0001
Aveia Preta	22,60	0,042	-0,0002	3,33	0,41	0,011
1 corte						
Trigo	24,26	-0,007		4,45	0,14	0,0955
Triticale	23,85	-0,0009		5,35	0,001	0,8596
Cevada	23,72	-0,003		4,81	0,02	0,4817
Aveia Branca	23,30	-0,004		4,77	0,05	0,3369
Aveia Preta	24,09	-0,007		5,06	0,10	0,1581
2 cortes						
Trigo	24,10	-0,005		5,05	0,06	0,2635
Triticale	24,13	-0,008		4,91	0,15	0,0912
Cevada	24,21	-0,007		5,15	0,10	0,1644
Aveia Branca	24,12	-0,008		4,80	0,14	0,0939
Aveia Preta	24,40	-0,008		5,16	0,14	0,0952

Com relação ao pH (Tabela 5) a amplitude de resultados foi maior. Para o sistema sem cortes, apenas a aveia preta apresentou comportamento linear, enquanto que as demais apresentaram resposta quadrática. Para o manejo com um corte, o trigo, a cevada e a aveia branca tiveram comportamento linear enquanto que para o triticale e a aveia preta foram quadráticos. No manejo com dois cortes, todas as silagens obtiveram comportamento linear, com exceção da aveia preta que a resposta foi quadrática.

Tabela 5. Médias e equação de regressão do comportamento do pH, após a abertura do silo, das silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes manejos de corte

Cereal	Equação de regressão			C.V %	R ²	P>F
	b0	b1 X	b2 X ²			
0 cortes						
Trigo	4,04	-0,0008	0,000004	1,19	0,09	0,4287
Triticale	4,09	-0,0112	0,000099	12,65	0,37	0,0180
Cevada	3,96	-0,004	0,00009	17,05	0,47	0,0039
Aveia Branca	3,48	0,018	0,00009	12,37	0,89	0,0001
Aveia Preta	3,89	0,018		21,19	0,47	0,0007
1 corte						
Trigo	4,65	0,0008		4,34	0,05	0,3079
Triticale	4,12	-0,004	0,00004	7,16	0,31	0,0422
Cevada	4,02	0,0009		6,89	0,03	0,4164
Aveia Branca	4,33	0,0018		7,39	0,09	0,1779
Aveia Preta	4,64	-0,0027	0,00003	3,88	0,63	0,0002
2 cortes						
Trigo	4,91	0,0018		2,20	0,46	0,0009
Triticale	4,41	0,0006		3,52	0,05	0,3286
Cevada	4,43	0,0009		1,17	0,52	0,0003
Aveia Branca	4,34	0,0014		2,66	0,33	0,0078
Aveia Preta	4,81	-0,0005	0,000014	6,61	0,10	0,3876

Na Tabela 6 são demonstrados a temperatura média e pH médio das silagens submetidos a diferentes manejos de corte, após a abertura do silo. Pode-se observar que a cevada, a aveia branca e a aveia preta obtiveram maiores temperatura e pH para o sistema sem cortes. Vale a ressalva de que nenhum dos materiais obteve um valor de temperatura superior a temperatura ambiente da sala (25°C).

Tabela 6. Temperatura média e pH médio das silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes manejos de corte, após a abertura do silo

Tratamentos	Temperatura média ¹			pH médio		
	0 cortes	1 cortes	2 cortes	0 cortes	1 corte	2 cortes
Trigo	23,46 ^b	23,72	23,70 ^{ab}	4,01 ^b	4,72 ^{ab}	5,04 ^a
Triticale	23,58 ^b	23,78	23,53 ^b	4,10 ^b	4,17 ^c	4,46 ^c
Cevada	23,69 ^{ab}	23,48	23,69 ^{ab}	4,43 ^b	4,15 ^c	4,50 ^c
Aveia Branca	24,08 ^a	23,57	23,53 ^b	5,58 ^a	4,46 ^b	4,44 ^c
Aveia Preta	23,76 ^{ab}	23,57	23,76 ^a	5,21 ^a	4,76 ^a	4,88 ^b

Médias, seguidas de letras minúsculas para coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

¹Temperatura ambiente da sala mantida a 25°C.

Para o pH médio, no sistema sem cortes, os maiores valores encontrados foram para a aveia branca e aveia preta (5,58 e 5,21, respectivamente). Para o manejo com um corte, a silagem de aveia preta também apresentou maiores valores de pH dentre os

materiais avaliados. No entanto, para o manejo com dois cortes no estágio vegetativo, a silagem trigo foi a que apresentou o maior pH.

Este comportamento da temperatura e do pH tem implicância direta na quantidade de horas para a perda da estabilidade aeróbia, como pode ser observado na figura 3.

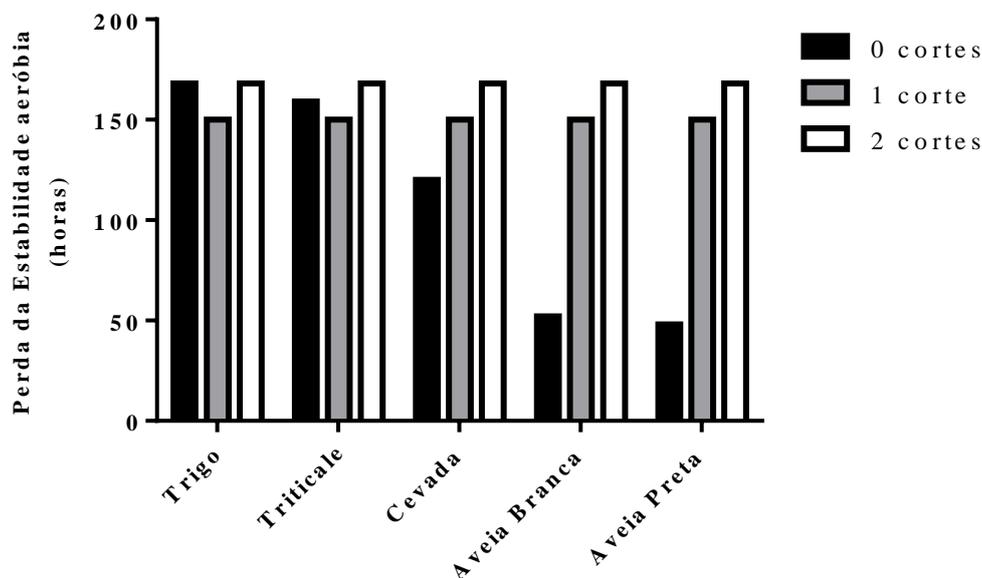


Figura 3. Avaliação da estabilidade aeróbia de silagens de cereais de inverno submetidos a um sistema integrado de produção de forragem verde e posterior produção de silagem.

Na análise da figura 3, pode-se destacar a aveia branca e a aveia preta no sistema sem cortes, uma vez que apresentaram a menor estabilidade aeróbia dentre todos os tratamentos avaliados.

DISCUSSÃO

De acordo com os dados encontrados, observa-se para o sistema sem cortes que a aveia preta e o trigo apresentaram maiores teores de FDN. Para a aveia preta, os resultados são bastante semelhantes aos observados em literatura. A exemplo, Lehmen et al. (2014) avaliaram dois genótipos distintos e obtiveram média de 74,50%, superior aos demonstrados no presente trabalho (72,98%). Meinerz et al. (2011), por sua vez, trabalhando com três genótipos de aveia preta, registraram média inferior, na ordem de 69,59%.

Por outro lado, os valores de FDN observados no trigo divergem da literatura. Lehmen et al. (2014) avaliando três genótipos, observaram que o trigo obteve valores

médios de 63,66%, cerca de 13,10% menor que os resultados encontrados no presente trabalho. Em consonância, Meinerz et al. (2011) também observaram resultados inferiores de FDN (61,68%), cerca de 15,80% menor que os resultados encontrados neste trabalho.

Em comparação com os valores de FDA, observou-se que o trigo obteve os menores valores observados juntamente com a cevada, enquanto que os maiores valores deste parâmetro foram observados pela aveia preta. Isto se justifica pela maior quantidade de hemicelulose obtida pelo trigo. Este teor, em comparação com a literatura, foi 25,09% maior (35,14% contra 26,32%) do que a média dos genótipos de trigo avaliados por Meinerz et al. (2011).

A hemicelulose, dentre os três constituintes do FDN, é a que possui maior potencial de digestão, o que conferiria ao trigo por consequência digestibilidade teórica maior em contraste com a aveia preta. No entanto, os teores de FDN elevados podem impactar na repleção do trato gastrointestinal podendo gerar limitação no consumo dos animais ruminantes (NUSSIO et al., 2011). Outros fatores que contribuem para o aumento dos teores de FDN na planta são presença de doenças, ocorrência de estresse hídrico ou de geadas (BUXTON e O’KILEY, 2003), todavia estes fatores não ocorreram durante a realização do experimento.

Os comportamentos das frações fibrosas foram bastante semelhantes entre si, de acordo com os manejos de corte, com exceção do trigo. Observou-se aumento nos teores de FDN com aumento de um para dois cortes prévios no estágio vegetativo. No entanto, os teores de FDA obtiveram redução e posterior aumento nos valores, enquanto que a HEM apresentou aumento e posterior redução com o aumento no número de cortes. O trigo apresentou comportamento distinto, observando redução dos teores de FDN e HEM, juntamente com o aumento nos teores de FDA, de acordo com o aumento no número de cortes.

A plasticidade fenotípica ocorrida no estágio vegetativo elevou os teores de FDN das forragens, o que pode ser a principal implicação dos comportamentos supracitados. Outro ponto seria que o manejo de um corte possibilitou o aumento de perfilhamento (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996), o que gerou aumento de HEM e diminuição de FDA para as forragens, o que não ocorreu no trigo.

Com relação aos teores de proteína, a silagem de cevada, juntamente com a do trigo e triticale, apresentam teor proteico superior aos demais cereais de inverno. Em comparação com a literatura disponível, os resultados encontrados para este cereal

(8,35%) são inferiores aos encontrados por Huuskonen (2013) (10,1%), e superiores aos encontrados por Meinerz et al. (2011) (7,41%). Já Lehmen et al. (2014) encontrou valor bastante próximo aos achados no presente trabalho (8,40%). A cevada também apresentou os maiores valores de matéria mineral, sendo o valor encontrado inferior aos relatados por Huuskonen (2013) (6,80 contra 4,23%).

Com o aumento no número de cortes, os teores de proteína tenderam a decrescer e os de matéria mineral tenderam a aumentar. Isto ocorre porque com a necessidade de consumo de nutrientes para a rebrota, alta quantidade de nitrogênio é requerida, o que impacta sobre o teor de proteína. Juntamente a isto, os teores de matéria mineral, pelo efeito de concentração, tendem a ser superiores (BUXTON e O’KILEY, 2003).

O teor de proteína bruta e de matéria mineral de um alimento tem estreita ligação com a capacidade tampão, a qual pode ser entendida como uma resistência da massa de forragem ao abaixamento do pH (JOBIM e NUSSIO, 2013). Por consequência, quanto maiores estes teores, maior a extensão da proteólise ocorrida no silo, bem como aumento de íons, especialmente o sódio (Na^+), potássio (K^+) e cálcio (Ca^{+2}). Sabe-se que com a proteólise há produção de amônia (o que eleva o teor de N-NH_3), que é uma substância alcalinizante e consequentemente tende a neutralizar o pH do meio, por meio do aumento da capacidade tampão, o que por conseguinte leva a maiores quantidades de perdas de MS (ROOKE e HATFIELD, 2003).

Todavia, a cevada, mesmo apresentando grandes teores de PB e MM, apresentou menores perdas por efluentes e por gases, apresentando inclusive valores superiores no índice de recuperação de MS na intersecção dos três manejos de corte (Tabela 2 e 3). O resultado médio do índice de recuperação de MS dos três manejos de corte foi 95,22%, sendo bastante semelhante ao índice encontrado por Addah et al. (2014), avaliando a média dos tratamentos de silagem de cevada sem inoculantes microbianos.

No caso do trigo e tritcale, as altas perdas, tanto por efluentes como por gases, implicaram em taxas de recuperação de silagem inferiores neste estudo. A justificativa para este fato é decorrente da flora epifítica natural destas espécies. No trigo, Ni et al. (2015) conseguiram identificar altas quantidades de microrganismos heterofermentativos, contribuindo em 66,7% do total das bactérias lácticas (BAL). Tais microrganismos possuem um padrão de fermentação distinto, levando à formação de diferentes compostos, como o ácido acético e o 1,2 propanodiol, o que impactam em maiores perdas de MS em comparação com a rota homoláctica, o que poderia justificar as maiores perdas encontradas (McDONALD et al., 1991; PAHLOW et al., 2003). O

triticale possivelmente teria uma predominância de microrganismos semelhantes, uma vez que este material é originado a partir do trigo (McGOVERIN et al., 2011).

A fermentação homolática é o modo mais eficiente de se transformar hexoses em ácido lático, altamente positivo para o processo de conservação, pois este ácido é forte e desta forma as perdas de matéria seca e de energia no processo são mínimas, sendo que há ainda decréscimo rápido do pH, inativando microrganismos indesejados como os clostrídeos e as enterobactérias (PAHLOW et al., 2003).

Avaliando-se os sistemas de corte, percebe-se aumento nos índices de recuperação de MS, corroborados por menor ocorrência de perdas. Fato este é advindo de que a quantidade de nutrientes solúveis é menor, uma vez que houve consumo de nutrientes necessários para que haja a rebrota (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996). Consequentemente, menos nutrientes acabam acessíveis para os microrganismos, o que possibilita maior índice de recuperação de MS, contudo com valor nutricional inferior.

Tal diminuição de nutrientes também acabou impactando sobre a estabilidade aeróbia do material, uma vez que os materiais que obtiveram maiores estabilidades ao contato com o oxigênio foram advindos do tratamento com dois cortes no período vegetativo. Notadamente, conforme supracitado, em situações em que há menores quantidades de nutrientes, a estabilidade aeróbia tende a ser maior (JOBIM et al., 2009). O oposto pode ser verificado no sistema sem cortes, uma vez que a cevada, a aveia branca e a preta perderam estabilidade e apresentaram maiores pH médios (Tabela 6).

Estabilidade aeróbia, por definição, seria a resistência à degradação do material quando exposto ao ar, uma vez que quando isto ocorre, há colonização do material por vários microrganismos, em especial pelas leveduras, as quais convertem o ácido lático e substratos presentes em etanol, o qual não possui valor conservativo. Sendo assim, o pH aumenta e outros microrganismos começam a se desenvolver, aumentando o metabolismo e consequente temperatura do material ensilado (PAHLOW et al., 2003).

Dentre as forragens, o trigo e o triticale se destacaram por possuírem maiores estabilidades aeróbia. Tal fato também tem justificativa pela sua flora epifítica, uma vez que possui bastantes microrganismos heterofermentativos, conforme supracitado. Embora tenham causados maiores perdas de MS, a fermentação mediada por estes tipos de microrganismo ocasiona efeitos positivos sobre a estabilidade aeróbia, ou seja, previne deterioração da matéria seca depois da abertura do silo, uma vez que a produção de ácido acético e 1,2 propanodiol que posteriormente se transforma em ácido propiônico, possuem efeito antifúngico, atuando em leveduras, os principais

microrganismos espoliadores da silagem (PAHLOW et al., 2003; ROOKE e HATFIELD, 2003).

CONCLUSÕES

A silagem de cevada apresentou maiores valores de NDT em relação aos demais cereais, associados com maiores recuperações de MS. As silagens de trigo e de triticale apresentaram as maiores estabilidades aeróbias, porém com baixa recuperação de MS durante a armazenagem.

REFERÊNCIAS

ADDAH, W.; BAAH, J.; OKINE, E.K.; OWENS, F.N.; McALLISTER, T.A. Effects of chop-length and a ferulic acid esterase-producing inoculant on fermentation and aerobic stability of barley silage, and growth performance of finishing feedlot steers. **Animal Feed Science and Technology**, v.197, p.34-46, 2014.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. Washington, D.C., 16 ed., 1094p, 1995.

BORTOLINI, P.C.; SANDINI, I.; CARVALHO, P. D. F.; MORAES, A. D. Cereais de inverno submetidos ao corte no sistema de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.45-50, 2004.

BUMBIERIS JR, V.H.; OLIVEIRA, M.R.; BARBOSA, M.A.F.; JOBIM, C.C. Use of winter cereals for forage conservation. In: DANIEL, J.L.P; NUSSIO, L.G. International symposium on forage quality and conservation, 2. São Pedro, SP. **Anais...Piracicaba: Fealq**, 2011.

BUXTON, D.R.; O’KILEY, P. Preharvest plant factors affecting ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison, p.199-250, 2003.

CARLETTO, R. Desempenho agrônomo de trigo duplo propósito em sistemas de corte. Guarapuava, 2013. 92p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2013.

CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing Silage Quality. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). **Silage Science and Technology**. Madison, Wisconsin, USA. p.141-198, 2003.

FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; MINELLA, E.; CAIERÃO, E. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.11, p.2116-2120, 2009.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis: apparatus reagents, procedures and some applications. Washington, D.C, [s.n.], Agricultural Handbook, p.379, 1970.

HASTENPFLUG, M.; BRAIDA, J.A.; MARTIN, T.N.; ZIECH, M.F.; SIMIONATO, C.C.; CASTAGNINO, D.S. Cultivares de trigo duplo propósito submetidos ao manejo nitrogenado e a regimes de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.63, n.1, p.196-202, 2011.

HUUSKONEN, A. Performance of growing and finishing dairy bulls offered diets base on whole crop barley silage with or without protein supplementation relative to a grass silage-based diet. **Agricultural and Food Science**, v.22, p.424-434, 2013.

IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Versão 1.0. 2000. (formato digital, 1 CD).

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R: **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros**. p.649-660, 2013.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A., SCHIMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, p.101-119, 2007.

JOBIM, C.C.; SILVA, M.S.; CALIXTO JÚNIOR, M. Challenges in the utilization of high moisture grains silages for ruminants. In: International symposium on forage quality and conservation, 1. Piracicaba, SP. **Anais...**p.91-108, 2009.

KUNG JR., L.; ROSINLOON, J.R.; RANJIT, K. Microbial populations, fermentation and-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.83, p.1479-1486, 2000.

LEHMEN, R.I.; FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. dos. Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.7, p.1180-1185, 2014.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson J. and Illius A.W. (eds) *The ecology and management of grazing systems. Proceedings...* Wallingford: CAB International, p.3-37, 1996.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

McDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 339p.

McGOVERIN, C.M.; SNYDERS, F.; MULLER, N.; BOTES, W.; FOX, G.; MANLEY, M. A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v.91, p.1155-1165, 2011.

MEINERZ, G.R.; OLIVO, J.C.; VIÉGAS, J.; NÖRNBERG, J.L.; AGNOLIN, C.A.; CHEIBLER, R.B.; HORST, T.; FONTANELI, R.S. Silagem de cereais de inverno submetidos ao manejo de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.10, p.2097-2104, 2011.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; VILELA, H.H.; SOUSA, B.M.L.; SILVEIRA, M.C.T. Fatores que afetam a qualidade de plantas forrageiras. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R: **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros**. p.409-424, 2013.

NI, K.; WANG, Y.; CAI, Y.; PANG, H. Natural lactic acid bacteria population and silage fermentation of whole-crop wheat. **Asian and Australasian Journal of Animal Science**, v.28, n.8, p.1123-1132, 2015.

NUSSIO, L.G; CAMPOS, F.P; LIMA, M.L.M. Metabolismo de Carboidratos Estruturais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. p.193-238. 2.ed., Jaboticabal: Funep, 2011.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison, p.31-94, 2003.

POTT, C.A.; MÜLLER, M.M.L.; BERTELLI, P.B. Adubação verde como alternativa agroecológica para recuperação da fertilidade do solo. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v.3, n.2, p.51-63, 2007.

ROOKE, J.A.; HATFIELD, R.D. Biochemistry of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage Science and Technology**. Madison, p.95-135, 2003.

ROSÁRIO, J.G.; NEUMANN, M.; UENO, R.K.; MARCONDES, M.M.; MENDES, M.C. Produção e utilização de silagem de trigo. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.5, n.1, p.207-218, 2012.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide statistics**. 4 ed. Version 6. Cary, North Caroline, V.2, 1993. 943 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos, métodos químicos e biológicos**. 3ª. ed. - 4ª reimpressão. Universidade Federal de Viçosa, p.235, 2009.

TAYLOR, C.C.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.85, p.126-1532, 2002.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition, **Journal of dairy Science**, Savoy, v.74, p.3583-3597, 1991.

WEINBERG, Z.G.; CHEN, Y.; SOLOMON, R. The quality of commercial wheat silages in Israel. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.92, p.638-644, 2008.

VI- Composição nutricional e estabilidade aeróbia de silagens de cereais de inverno em diferentes tempos de estocagem

Nutritional composition and aerobic stability of winter cereals silages in different storage time

RESUMO: O objetivo do experimento foi avaliar a composição nutricional, a recuperação de matéria seca e a estabilidade aeróbia de silagens de cereais de inverno, submetidas a diferentes tempos de estocagem. Os materiais utilizados foram o trigo (*Triticum aestivum* cv. BRS Galha Azul), cevada (*Hordeum vulgare* cv. BRS Brau), aveia branca (*Avena sativa* cv. URS Guará), aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) e triticale (*X Triticosecale* cv. IPR 11), em três tempos de estocagem: 60 dias (T₁), 120 dias (T₂), e 180 dias (T₃). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial 5x3, sendo cinco espécies forrageiras e três tempos de estocagem, com cinco repetições. Na avaliação nutricional, a silagem de cevada apresentou valores baixos de FDA (331,2; 355,2 e 378,5 g kg MS⁻¹) e altos de NDT (558,2; 544,7 e 531,6 g kg MS⁻¹), além de maiores taxas de desaparecimento ruminal para os três tempos de estocagem. Com relação ao comportamento dos cereais de inverno, houve aumento nos teores de FDN, PB e MM e diminuição dos teores de NDT com o aumento dos dias de estocagem. A silagem de trigo mostrou aumento na taxa de desaparecimento ruminal com o aumento de dias de estocagem. Já para a estabilidade aeróbia, os materiais foram semelhantes entre si e estáveis após a abertura dos silos, com exceção da aveia branca e aveia preta, sobretudo na armazenagem por 60 dias. A estocagem por um período superior de 60 dias, com exceção do trigo, não trouxe benefícios para os parâmetros avaliados das silagens dos cereais de inverno.

Palavras-chave: Armazenamento, deterioração aeróbia, recuperação de MS.

ABSTRACT: The objective of the experiment was to evaluate the nutritional composition, dry matter recovery and aerobic stability of winter cereals silage under different storage times. The materials used were: wheat (*Triticum aestivum* cv. BRS Galha Azul), barley (*Hordeum vulgare* cv. BRS Brau), white oat (*Avena sativa* cv. URS Guará), black oat (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) and triticale (*X Triticosecale* IPR 11 horsepower), in three storage time: 60 days (T₁), 120 days (T₂), e 180 days (T₃). The experimental design was completely randomized in a 5x3 factorial arrangement, with five forage species and three storage times, with five replicates. In nutritional

assessment, barley silage presented ADF low values (331.2, 355.2 and 378.5 g kg DM⁻¹) and high NDT (558.2, 544.7 and 531.6 g kg DM⁻¹), and higher ruminal disappearance rates for the three storage periods. Regarding the behavior of winter cereals, there was an increase in NDF, CP and MM and decreased dietary TDN with increasing days of storage. The wheat silage showed an increase in ruminal disappearance rate with increasing days of storage. As for the aerobic stability, materials were similar and stable after opening the silos, with the exception of black and white oat, especially in storage for 60 days. The storage for more than 60 days, except for wheat, resulted no benefits for all parameters evaluated in silages of winter cereals.

Keywords: Storage, aerobic deterioration, DM recovery.

INTRODUÇÃO

A ensilagem, como qualquer processo fermentativo, pode ser compreendida como um conjunto de reações bioquímicas, tais como oxirreduções, que são mediadas intrinsecamente por enzimas e/ou outros produtos metabólicos de microrganismos (JOBIM e NUSSIO, 2013). Sendo assim, a premissa básica desta fermentação seria a utilização de carboidratos e posterior formação de ácidos orgânicos, por microrganismos como as bactérias ácido lácticas, causando rápido decréscimo do pH, o que por consequência leva à conservação do material pela inibição de microrganismos espoliadores, a exemplo de leveduras e enterobactérias (NEUMANN et al., 2014).

Desta forma, a fase de estabilidade fermentativa da ensilagem, se inicia após a massa ensilada atingir a menor magnitude de pH necessária para gerar redução na atividade microbiológica (JOBIM e NUSSIO, 2013). No entanto, há evidências de modificação da qualidade nutricional dos alimentos durante a conservação, uma vez que há ainda a presença de enzimas pH-tolerantes que podem realizar hidrólise parcial de partículas fibrosas, contribuindo para o pool de carboidratos solúveis na forragem. Isto posto, o tempo de estocagem, por sua vez, no tocante à qualidade de silagens, assume grande relevância (ROOKE e HATFIELD, 2003).

Bioquimicamente, durante o período de estocagem é sensato afirmar que as principais modificações ressaltadas em literatura são a hidrólise de prolaminas e da hemicelulose. As prolaminas, matriz proteica que recobre grânulos de amido, podem ser solubilizadas por ácidos orgânicos presentes na silagem, aumentando a exposição e consequente digestibilidade do amido presente (HUNTINGTON, 1997). A hidrólise da

fração hemicelulose, por sua vez, aumenta o pool de carboidratos no material podendo gerar ganhos no valor alimentício das silagens (WEINBERG e CHEN, 2013).

Tentando comprovar tais efeitos, Daniel et al. (2014), por meio de meta-análise, observaram que silagens de milho que foram armazenadas por longos períodos apresentaram melhorias na qualidade da silagem, em especial na digestibilidade do amido. Os autores inferem que a digestibilidade do amido apresenta comportamento linear, embora possua a maioria dos efeitos benéficos após o primeiro mês de fermentação.

Porém, para as forrageiras de inverno, as pesquisas relatadas em literatura são praticamente inexistentes. Além de tudo, o estudo do tempo de estocagem, com possíveis benefícios sobre a qualidade final da silagem, pode gerar modificações sobre o comportamento técnico no que diz respeito ao planejamento forrageiro na propriedade.

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar as silagens de cinco cereais de inverno submetidos a diferentes tempos de estocagem e seus reflexos sobre a qualidade nutricional, perdas de matéria seca e estabilidade aeróbia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Núcleo de Produção Animal (NUPRAN) pertencente ao Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), localizado no município de Guarapuava – PR, situado na zona subtropical do Paraná (MAACK, 2002), sob as coordenadas geográficas 25°23'02" de latitude sul e 51°29'43" de longitude oeste e 1.026 m de altitude.

O clima da região segundo a classificação de Köppen é o temperado de altitude – Cfb (Subtropical mesotérmico úmido), com verões amenos e inverno moderado, sem estação seca definida e com geadas severas. A precipitação média anual é 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% (IAPAR, 2000).

A Figura 1 e 2 apresentam os dados de precipitação pluviométrica em mm decênio⁻¹, insolação em horas dia⁻¹, temperatura máxima e mínima em °C e umidade relativa do ar em %, ocorridos no período de junho a novembro de 2014, durante o desenvolvimento dos cereais de inverno em avaliação.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno Típico (POTT et al., 2007), e em ocasião antecipada ao plantio apresentou as seguintes características químicas (perfil de 0 a 20 cm): pH CaCl₂ 0,01M: 4,7; P: 1,1 mg dm⁻³; K⁺: 0,2 cmol_c dm⁻³

$^{3-}$; MO: 2,62%; Al^{3+} : 0,0 $cmol_c dm^{-3}$; $H^+ + Al^{3+}$: 5,2 $cmol_c dm^{-3}$; Ca^{2+} : 5,0 $cmol_c dm^{-3}$; Mg^{2+} : 5,0 $cmol_c dm^{-3}$ e saturação por bases: 67,3%.

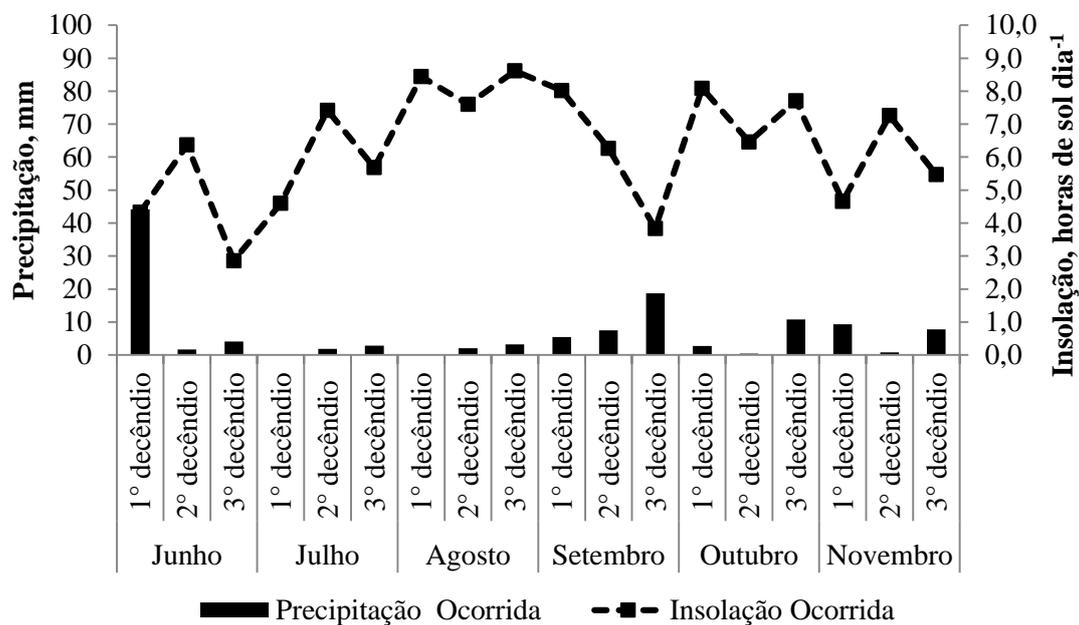


Figura 1. Dados de precipitação pluviométrica (mm) e insolação em horas dia⁻¹ ocorridos no período de junho a novembro de 2014, por decêndio, em Guarapuava – PR.

Fonte: Estação Meteorológica do IAPAR instalada no CEDETEG/UNICENTRO, Guarapuava – PR.

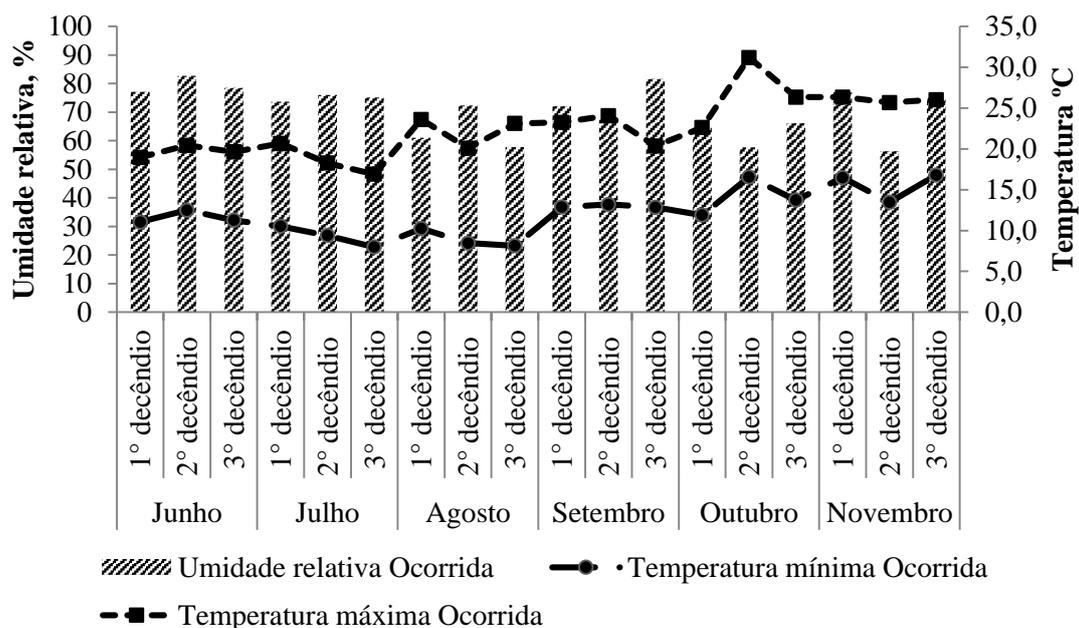


Figura 2. Dados de temperatura máxima e mínima em ° C e umidade relativa do ar em %, ocorridos no período de junho a novembro de 2014, por decêndio, em Guarapuava – PR.

Fonte: Estação Meteorológica do IAPAR instalada no CEDETEG/UNICENTRO, Guarapuava – PR.

Como material experimental, utilizou-se o trigo (*Triticum aestivum* cv. BRS Gralha Azul), cevada (*Hordeum vulgare* cv. BRS Brau), aveia branca (*Avena sativa* cv. URS Guará), aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) e triticale (*X Triticosecale* cv. IPR 11).

O campo experimental constituiu-se de uma área total de 225 m², distribuída em cinco faixas de 45 m² para cada cereal para as avaliações.

A semeadura do campo experimental ocorreu no dia 03 de junho de 2014, em sistema de plantio direto, com uso de semeadora modelo Semeato SHM 15/17, de maneira uniforme (mesma densidade) para todas as culturas. No plantio, o espaçamento entre linhas foi de 0,17 m, a profundidade de semeadura foi de 0,04 m, com distribuição de 400 sementes por m².

Por ocasião do plantio, realizou-se a adubação de base com 300 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 08-30-20 (N-P₂O₅-K₂O), respeitando recomendações da comissão de fertilidade do solo de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (2004). A adubação nitrogenada de cobertura foi feita em uma única aplicação, 30 dias após o plantio, com 196 kg ha⁻¹ de ureia (46-00-00), o que totalizou 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

As plantas daninhas foram controladas quimicamente com o uso de herbicidas, primeiramente na dessecação da área experimental realizada no dia 10 de maio de 2014, utilizando-se herbicida à base de *Glifosate* (produto comercial Roundup WG[®]: 3,0 kg ha⁻¹), já no manejo da cultura, 30 dias após o plantio foi efetuada a aplicação do herbicida à base de *metsulfuron-metyl* (produto comercial Ally[®]: 6,6 g ha⁻¹), controlando assim a infestação de nabo (*Raphanus raphanistrum*), picão preto (*Bidens pilosa*), guanxuma (*Sida rhombifolia*) e maria-mole (*Senecio brasiliensis*), sendo estas as principais plantas daninhas infestantes no período da condução do experimento.

O controle de pragas foi realizado até 30 dias após a emergência das plantas, de acordo com avaliações de campo, indicando o ponto de dano econômico, sendo utilizado o inseticida à base de *Imidacloprido* + *Beta ciflutrina* (produto comercial

Connect[®]: 500 mL ha⁻¹) para o controle de Pulgão-verde-dos-cereais (*Rhopalosiphum graminum*) e Percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthoso*).

Para o controle de doenças fúngicas, foi necessário o emprego de fungicida à base de *propiconazol* (produto comercial Tilt[®]: 0,75 L ha⁻¹) para o controle de oídio (*Blumeria graminis f. sp. tritici*) e Giberela (*Fusarium graminearum*). Para a cevada avaliada, foi requerida uma segunda aplicação de *propiconazol*, em virtude da alta incidência de oídio.

As silagens, para cada cultura, foram produzidas quando as plantas atingiram o estágio de grão farináceo, momento indicado para a ensilagem, de acordo com Fontaneli et al. (2009). Neste contexto, as silagens de trigo, triticale e cevada foram produzidas aos 115 dias após o plantio (DAP) (27 de setembro de 2014) e as silagens de aveia branca e aveia preta aos 121 DAP (4 de outubro de 2014).

No momento da ensilagem, as plantas de cada parcela foram colhidas a 8 cm da superfície do solo e, posteriormente, os materiais foram processados em picador de forragem estacionário, modelo EM 6400 da marca Nogueira[®]. Após o processamento, foi observado um tamanho médio de partícula de 3,7 cm, determinado segundo metodologia proposta por Jobim et al. (2007). Após o processamento, amostras de cerca de 1000 g de cada cereal foram ensiladas à vácuo em sacos plásticos (mini bags) com soldas (Nylon poli, 150 micras com 25 cm de largura x 35 cm de comprimento) utilizando-se de embaladora a vácuo (TM-280 Tecmaq) para a remoção do oxigênio e selagem adequada dos silos experimentais. Os tratamentos consistiram de diferentes tempos de estocagem, sendo T₁: Armazenagem por 60 dias; T₂: Armazenagem por 120 dias e T₃: Armazenagem por 180 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial 5x3, sendo cinco espécies forrageiras e três tempos de estocagem, com cinco repetições cada, totalizando 75 silos experimentais. Cada silo representou uma unidade experimental.

Após a ensilagem, os silos foram armazenados em área coberta. Após a abertura dos silos, cinco amostras de 200 g de cada tratamento foram acondicionadas em estufa para a determinação de MS. e posteriormente encaminhadas para a análise química conforme AOAC (1995).

Determinação de perdas de matéria seca

Nas avaliações de perdas na ensilagem em função do tempo de armazenagem, o índice de recuperação de matéria seca (IRMS) foi obtido através da metodologia proposta por Jobim et al. (2007), seguindo a equação: IRMS= (MFA*MSA)

/(MFE*MSE), onde MFA: Massa de forragem na abertura; MAS: Matéria seca na abertura; MFE: Massa de forragem na ensilagem; MSE: Matéria seca na ensilagem.

Avaliação de Estabilidade Aeróbia

As avaliações da estabilidade aeróbia (EA) foram obtidas por meio de medidas de temperatura e de pH, as quais foram iniciadas após a abertura dos silos. Em cada silo, a silagem foi descompactada para facilitar a exposição do material ensilado ao ar, conforme descrito por Kung Jr. et al. (2000), e uma amostra de 400 g do material foi alocada em baldes com capacidade para 4 kg. O período experimental teve duração de 168 horas (7 dias após abertura dos silos).

Os baldes foram acondicionados em ambiente com controle de temperatura, programada para permanecer em temperatura constante de 25°C, durante todo o período experimental. Para determinar a EA das silagens, foi realizada a leitura da temperatura das silagens diretamente nos baldes, utilizando um termômetro de haste longa modelo *Gulterm 1001* digital inserido no centro da massa da forragem. As leituras de temperatura foram realizadas diariamente, às 6 h, 12 h e 18 h, juntamente com as leituras de pH. As leituras de pH foram feitas por meio do uso de potenciômetro digital, de acordo com a metodologia estabelecida por Cherney & Cherney (2003).

Como critério para definição de quebra de estabilidade aeróbia, esta foi considerada quando a temperatura do material ensilado ultrapassava em 2°C à temperatura do ambiente, conforme orientação de Taylor e Kung Jr. (2002), ou quando o pH aumentava em níveis acima de 0,5 unidades em até cinco dias, conforme citado por Weinberg et al. (2008).

Com a mensuração destes parâmetros, foi possível determinar a estabilidade aeróbia (tempo em horas para quebra), a média das temperaturas, assim como a média do pH durante o período de aeração.

Análises químicas

As amostras pré secas das silagens de cereais de inverno foram moídas a 1 mm em moinho tipo "*Willey*", onde sequencialmente determinou-se a matéria seca total em estufa, a 105°C por 16 horas, proteína bruta (PB) pelo método micro Kjeldahl, matéria mineral (MM) por incineração a 550°C (4 horas), e o extrato etéreo segundo Silva e Queiroz (2009). Foram determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), conforme Van Soest et al. (1991), utilizando-se α amilase termoestável (Termamyl 120 L, Novozymes Latin América Ltda.), fibra em detergente ácido (FDA) segundo Goering

e Van Soest (1970), e os teores de Hemicelulose por diferença (Hemicelulose = FDN - FDA) seguindo metodologia proposta por Silva e Queiroz (2009).

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) na forragem foi estimado segundo a equação $NDT = 74,49 - 0,5635 * FDA$ ($r^2 = 0,84$), descrita por Cappelle et al. (2001) para volumosos.

Taxa de desaparecimento de matéria seca

Na avaliação de taxa de desaparecimento da MS, foram utilizados três bovinos fistulados no rúmen. Esta avaliação ocorreu nas dependências da Fazenda Experimental Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá. Os animais foram previamente adaptados, durante um período de 14 dias, nos quais foram exclusivamente alimentados com silagem de milho, sem a inclusão de alimentos concentrados. Os materiais secos foram pesados e colocados em sacos de náilon e posteriormente foram submetidos à técnica de incubação *in situ* nestes animais, durante um período de 24 horas. As dimensões dos sacos foram de 10 cm x 20 cm e seguiu-se a metodologia de Vanzant et al. (1998).

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial, composto por cinco espécies de cereais de inverno (Trigo, Triticale, Cevada, Aveia Branca e Aveia Preta), três tempos de estocagem (T_1 – 60 dias, T_2 – 120 dias e T_3 -180 dias) e cinco repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados utilizando o teste Tukey ao nível de 5% de significância, por intermédio do programa estatístico SAS (1993). Os dados referentes à estabilidade aeróbia, comportamento nutricional e taxa de desaparecimento de MS também foram conduzidos para análise de regressão (*proc reg*) do SAS. Para a determinação dos 4 pontos de avaliação, foram utilizados os 3 tempos de estocagem juntamente com a análise dos materiais no momento da ensilagem. O modelo matemático utilizado para a análise de variância das variáveis da planta foi:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = Espécies de cereais de inverno i na repetição j ;

μ = média dos tratamentos;

A_i = efeito da espécie i ; $i = 1...5$;

B_j = efeito do tempo de estocagem j ; $j = 1...3$;

AB_{ij} = efeito da interação entre espécie e tempo de estocagem;

e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ij} .

RESULTADOS

Na avaliação da composição nutricional das silagens (Tabela 1), nota-se que a cevada apresentou destaque entre os cereais avaliados por apresentar baixos teores de FDA e os maiores de NDT, embora não diferindo do triticale para o tempo de estocagem de 180 dias. Em contraste, a aveia preta apresentou valores altos de FDN, FDA e MM, e teores baixos de NDT.

Tabela 1. Composição nutricional de silagens de cereais de inverno ensilados em estádio de grão farináceo e submetidos a diferentes tempos de estocagem

Tratamentos	FDN	FDA	HEM	PB	MM	NDT
	g kg MS ⁻¹					
60 dias						
Trigo	666,2 ^{ab}	420,2 ^a	246,0	55,9 ^b	41,8 ^c	508,0 ^b
Triticale	670,8 ^{ab}	416,7 ^a	254,1	54,3 ^b	44,7 ^c	510,0 ^b
Cevada	614,3 ^b	331,2 ^b	283,1	87,4 ^a	50,8 ^b	558,2 ^a
Aveia Branca	680,1 ^{ab}	424,3 ^a	255,9	54,4 ^b	54,3 ^{ab}	505,8 ^b
Aveia Preta	709,7 ^a	443,9 ^a	265,8	43,0 ^b	58,0 ^a	494,7 ^b
120 dias						
Trigo	663,6 ^{bc}	434,9 ^b	228,6 ^b	70,8	48,8 ^{bc}	499,7 ^b
Triticale	674,7 ^b	438,5 ^b	236,1 ^b	59,8	45,6 ^c	497,7 ^b
Cevada	627,1 ^c	355,2 ^c	271,9 ^a	86,9	53,5 ^{ab}	544,7 ^a
Aveia Branca	660,3 ^{bc}	417,3 ^b	243,0 ^b	78,2	53,8 ^{ab}	509,7 ^b
Aveia Preta	785,5 ^a	507,6 ^a	277,9 ^a	60,3	57,4 ^a	458,8 ^c
180 dias						
Trigo	666,4 ^{bc}	419,5 ^{bc}	246,9 ^c	95,4 ^{ab}	45,5 ^b	508,4 ^{ab}
Triticale	707,5 ^b	446,2 ^b	261,2 ^{abc}	74,3 ^{bc}	52,5 ^{ab}	493,4 ^b
Cevada	642,9 ^c	378,5 ^c	264,4 ^{ab}	99,9 ^a	48,3 ^{ab}	531,6 ^a
Aveia Branca	711,7 ^b	459,7 ^b	252,0 ^{bc}	66,1 ^c	50,4 ^{ab}	485,8 ^b
Aveia Preta	799,4 ^a	520,1 ^a	279,3 ^a	58,8 ^c	55,9 ^a	451,8 ^c

Médias seguidas de letras minúsculas para coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

No comportamento das variáveis avaliadas em relação ao tempo de estocagem, observa-se que para o teor de FDN, os cereais apresentaram comportamentos significativos ($P < 0,05$) com exceção do trigo. O comportamento foi quadrático para triticale e aveia branca e linear crescente para cevada e aveia preta. O teor de FDA nas silagens apresentou comportamento quadrático para o trigo, cevada e aveia preta, enquanto que para o triticale e aveia branca foi linear positivo.

Para o teor de hemicelulose, somente o trigo e a aveia preta apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$), com efeito quadrático de acordo com o aumento dos dias de estocagem.

Tabela 2. Equação de regressão do comportamento da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) e nutrientes digestíveis totais (NDT) de acordo com os dias de estocagem das silagens de cereais de inverno

Híbrido	Equação	CV (%)	R ²	P>F
FDN				
Trigo	$Y = 66,129 + 0,0029D$	3,22	0,009	0,6828
Triticale	$Y = 62,422 + 0,066D - 0,00012D^2$	2,91	0,73	<0,0001
Cevada	$Y = 57,568 + 0,040D$	4,50	0,52	0,0003
Aveia Branca	$Y = 61,847 - 0,0120D + 0,00035D^2$	3,41	0,77	<0,0001
Aveia Preta	$Y = 71,290 + 0,0530D$	1,85	0,87	<0,0001
Média geral	$Y = 63,466 + 0,0488D - 0,00005D^2$	8,22	0,18	<0,0001
FDA				
Trigo	$Y = 38,008 + 0,0912D - 0,00038D^2$	3,92	0,63	0,0002
Triticale	$Y = 40,972 + 0,0207D$	4,54	0,36	0,0052
Cevada	$Y = 37,937 - 0,0656D + 0,00036D^2$	6,86	0,23	0,0992
Aveia Branca	$Y = 44,513 + 0,0019D$	8,79	0,001	0,8822
Aveia Preta	$Y = 50,102 - 0,0599D + 0,00041D^2$	5,20	0,35	0,0254
Média geral	$Y = 42,013 + 0,011D$	12,03	0,02	0,1300
HEM				
Trigo	$Y = 35,429 - 0,1634D + 0,00055D^2$	10,38	0,75	<0,0001
Triticale	$Y = 26,937 - 0,0410D + 0,00018D^2$	6,62	0,22	0,1179
Cevada	$Y = 27,645 - 0,0059D$	6,34	0,05	0,3178
Aveia Branca	$Y = 22,587 + 0,010D$	10,94	0,07	0,2343
Aveia Preta	$Y = 22,396 + 0,0985D - 0,00038D^2$	10,20	0,46	0,0047
Média geral	$Y = 26,740 - 0,0077D$	13,62	0,02	0,1502
PB				
Trigo	$Y = 4,184 + 0,01701D - 0,00006D^2$	10,65	0,90	<0,0001
Triticale	$Y = 4,2383 + 0,01746D$	22,52	0,46	0,0009
Cevada	$Y = 5,157 + 0,05722D - 0,00017D^2$	14,07	0,74	<0,0001
Aveia Branca	$Y = 4,263 + 0,04129D - 0,00014D^2$	26,23	0,35	0,0247
Aveia Preta	$Y = 4,926 + 0,00532D$	15,47	0,16	0,0740
Média geral	$Y = 4,5837 + 0,02623D - 0,00004D^2$	24,99	0,38	<0,0001
MM				
Trigo	$Y = 7,545 - 0,0412D + 0,00029D^2$	9,80	0,79	<0,0001
Triticale	$Y = 8,306 - 0,0593D + 0,00030D^2$	20,96	0,41	0,0099
Cevada	$Y = 8,455 + 0,0064D$	12,17	0,14	0,0985
Aveia Branca	$Y = 6,002 + 0,0405D - 0,000018D^2$	27,25	0,16	0,2244
Aveia Preta	$Y = 7,051 - 0,0411D + 0,00020D^2$	16,79	0,42	0,0096
Média geral	$Y = 7,538 - 0,0221D + 0,00014D^2$	24,58	0,08	0,0105
NDT				
Trigo	$Y = 60,941 - 0,19626D + 0,00079D^2$	2,70	0,92	<0,0001
Triticale	$Y = 56,822 - 0,0503D$	4,67	0,67	<0,0001
Cevada	$Y = 60,065 - 0,0430D$	3,88	0,65	<0,0001
Aveia Branca	$Y = 56,848 - 0,09769D + 0,00030D^2$	5,22	0,59	0,0004
Aveia Preta	$Y = 52,012 - 0,04201D$	3,45	0,75	<0,0001
Média geral	$Y = 58,074 - 0,1214D + 0,00041D^2$	6,22	0,53	<0,0001

D*: Número de dias

Para a proteína bruta, todos os cereais, com exceção da aveia preta, evidenciaram diferença significativa ($P < 0,05$), sendo que o triticale apresentou comportamento linear crescente enquanto que os demais cereais apresentaram comportamento quadrático. Quanto à matéria mineral, as silagens de trigo, triticale e de aveia preta apresentaram comportamento quadrático. Todas as silagens mostraram diferença significativa para o teor de NDT, sendo quadrático para trigo e aveia branca, e linear decrescente para os demais.

O tempo de estocagem não influenciou a taxa de desaparecimento ruminal da MS das silagens (Tabela 3). No entanto, a avaliação entre cereais foi significativa, sendo que a cevada apresentou a maior taxa de desaparecimento ruminal (50,03%).

Tabela 3. Taxa de desaparecimento ruminal da matéria seca de silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes tempos de estocagem

Cereal de inverno	Taxa de desaparecimento ruminal da MS (%)			
	Tempos de estocagem			
	60 dias	120 dias	180 dias	Média
Trigo	37,21	42,32	51,05	43,95 ^C
Triticale	50,57	49,24	44,61	48,16 ^{AB}
Cevada	50,42	45,84	52,78	50,03 ^A
Aveia Branca	49,66	46,39	37,85	44,64 ^{BC}
Aveia Preta	35,49	39,61	29,19	33,79 ^D
Média	44,67	44,68	43,10	

Médias seguidas de letras minúsculas para linha e seguidas por letras maiúsculas para coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

A taxa de desaparecimento de MS das silagens de trigo, aveia branca e aveia preta apresentaram comportamento quadrático significativo ($P < 0,05$). O trigo apresentou ponto de mínimo aos 77 dias de estocagem, enquanto que a aveia branca e a aveia preta apresentaram pontos de máxima de 72 e 95 dias de estocagem, respectivamente (Figura 3). As silagens de triticale, de cevada e a média geral dos tratamentos não mostraram diferença para a taxa de desaparecimento da MS em função do tempo de armazenagem.

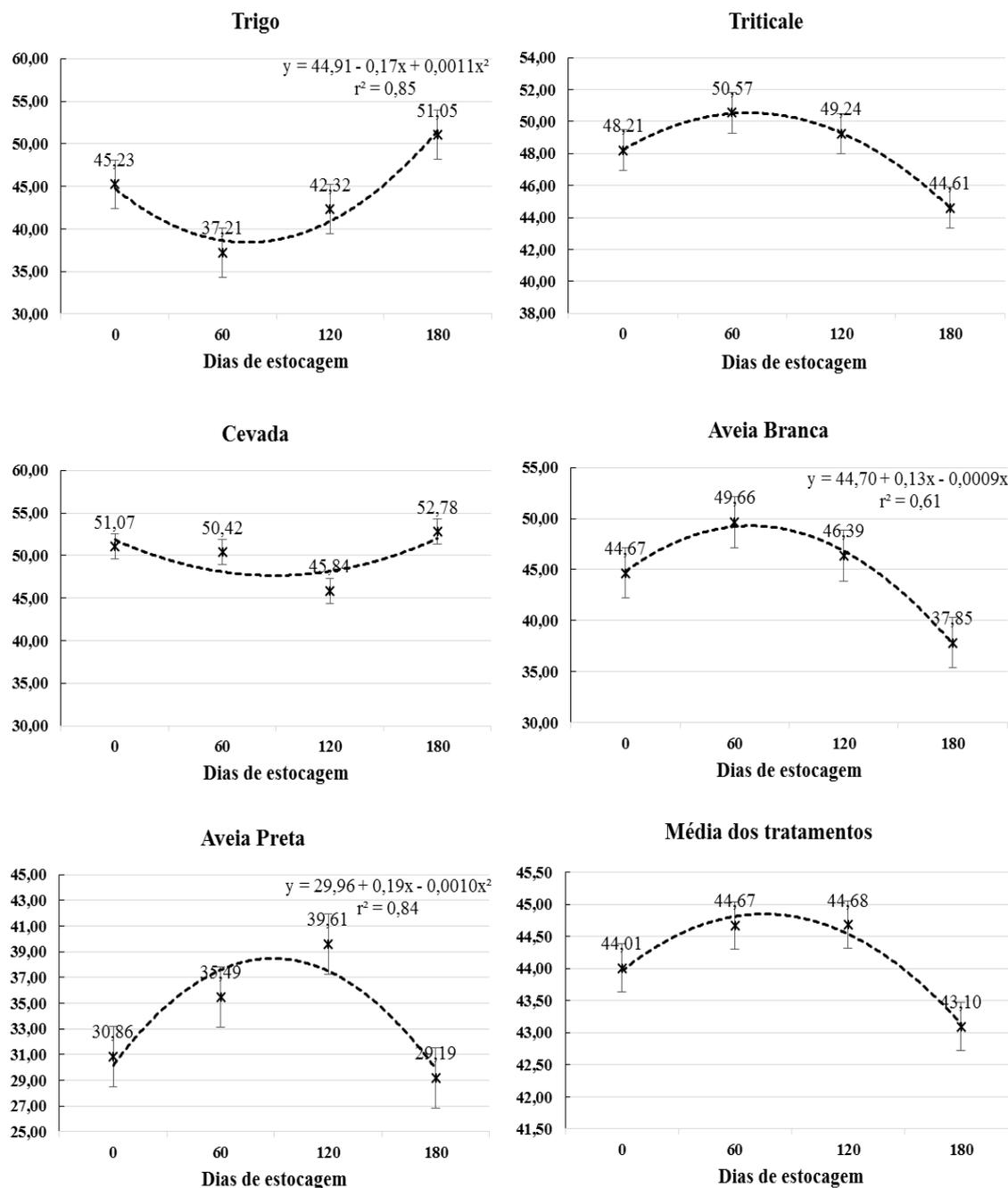


Figura 3. Comportamento da taxa de desaparecimento de MS no rúmen de silagens de cereais de inverno em diferentes tempos de estocagem.

O índice de recuperação de MS das silagens não apresentou diferença entre os cereais de inverno para estocagem durante 60 dias (Tabela 4). No entanto, com 120 e 180 dias de estocagem, houve diferença ($P < 0,05$), sendo que o maior índice foi da cevada (92,22% e 90,22%) e o menor da aveia preta (74,70%, 77,24%), respectivamente, embora não tenha sido diferente do triticale e da aveia branca.

Tabela 4. Índice de recuperação de matéria seca de silagens de cereais de inverno ensilados em estágio de grão farináceo e submetidos a diferentes tempos de estocagem

Tratamentos	Recuperação de MS (%)		
	60 dias	120 dias	180 dias
Trigo	89,84	80,42 ^{ab}	78,14 ^b
Triticale	83,64	83,93 ^{ab}	80,94 ^{ab}
Cevada	92,52	92,22 ^a	90,22 ^a
Aveia Branca	82,06	85,72 ^{ab}	80,10 ^{ab}
Aveia Preta	82,32	74,70 ^b	77,24 ^b
Médias	86,07 ^A	83,40 ^{AB}	81,32 ^B

Médias seguidas de letras minúsculas para coluna e seguidas por letras maiúsculas para linha diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Para os períodos de estocagem, constatou-se que o pH, no momento da abertura dos silos, não apresentou diferença entre as silagens na média para os tempos de armazenagem. Constatou-se que os maiores valores, independentemente do tempo de estocagem, foram observados nas silagens de aveia branca e de aveia preta (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de pH na abertura das silagens de cereais de inverno ensilados em estágio de grão farináceo e submetidos a diferentes tempos de estocagem

Cereal de inverno	pH			
	60 dias	120 dias	180 dias	Média
Trigo	3,82	3,89	4,02	3,91 ^b
Triticale	3,85	3,71	3,94	3,83 ^b
Cevada	3,87	4,05	4,09	4,00 ^b
Aveia Branca	4,58	4,64	4,65	4,62 ^a
Aveia Preta	4,19	5,28	5,26	4,91 ^a
Média	4,06	4,28	4,39	

Médias seguidas de letras minúsculas para coluna e seguidas por letras maiúsculas para linha diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Com relação à estabilidade aeróbia, constatou-se que, independentemente do tempo de estocagem, as silagens de trigo, triticale e de cevada foram mais estáveis após a abertura do silo (Tabelas 6, 7 e Figura 4). A silagem de aveia branca foi a que, independentemente do tempo de estocagem, registrou o menor número de horas para a perda da estabilidade aeróbia. A equação para temperatura foi quadrática somente para silagem de aveia preta no tempo de 60 dias. Para todos os cereais, no tempo de 120 dias, os valores de temperatura apresentaram comportamento linear, enquanto aos 180 dias foi linear somente para a silagem de trigo.

Tabela 6. Médias e equação de regressão do comportamento da temperatura, após a abertura dos silos, de silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes tempos de estocagem

Cereal	Equação de regressão			Média (°C)	C.V (%)	R ²	P>F
	b0	bx	bx ²				
60 dias							
Trigo	23,15	0,0064	-0,00004	23,22	1,96	0,10	0,3762
Triticale	23,16	-0,0011		23,08	1,99	0,02	0,5365
Cevada	22,92	0,01107	-0,00007	23,07	1,83	0,23	0,1009
Aveia Branca	22,63	0,01537	-0,00009	22,95	2,20	0,20	0,1501
Aveia Preta	21,43	0,10953	-0,0005	24,40	4,97	0,66	<0,001
120 dias							
Trigo	24,78	-0,0130		23,84	1,84	0,74	<0,001
Triticale	24,60	-0,0114		23,77	2,17	0,62	<0,001
Cevada	24,82	-0,0134		23,85	2,32	0,66	<0,001
Aveia Branca	24,86	-0,0112		24,04	2,06	0,63	<0,001
Aveia Preta	24,80	-0,0126		23,89	1,83	0,73	<0,001
180 dias							
Trigo	22,86	-0,0057		22,44	2,82	0,21	0,0381
Triticale	22,65	-0,0040		22,36	2,99	0,10	0,1549
Cevada	22,54	-0,0039		22,26	3,71	0,07	0,2579
Aveia Branca	22,65	-0,0045		22,33	3,21	0,11	0,1355
Aveia Preta	22,78	-0,0059		22,35	3,18	0,18	0,0551

Tabela 7. Médias e equação de regressão dos valores de pH, após a abertura dos silos, de silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes tempos de estocagem

Cereal	Equação de regressão			Média	C.V (%)	R ²	P>F
	b0	bx	bx ²				
60 dias							
Trigo	3,86	0,00029		3,88	1,45	0,08	0,2184
Triticale	3,88	-0,0021	0,000013	3,83	0,89	0,51	0,0021
Cevada	3,94	-0,0007	0,000007	3,94	1,34	0,25	0,0830
Aveia Branca	5,62	0,0009		5,69	3,90	0,05	0,3012
Aveia Preta	4,57	-0,0183	0,00026	5,40	9,25	0,91	<0,001
120 dias							
Trigo	3,86	0,00015		3,88	1,83	0,01	0,5883
Triticale	3,66	0,00058		3,70	2,09	0,15	0,0820
Cevada	4,09	0,00068		4,14	6,83	0,01	0,5601
Aveia Branca	4,76	-0,0047	0,00008	5,08	9,80	0,54	0,0012
Aveia Preta	5,34	0,0028	-0,000007	5,48	1,66	0,49	0,0029
180 dias							
Trigo	4,03	0,00101	-0,000005	4,06	0,91	0,15	0,2334
Triticale	3,94	0,00039		3,97	1,39	0,14	0,0982
Cevada	4,13	-0,0003		4,11	2,95	0,02	0,4694
Aveia Branca	4,79	-0,0087	0,000095	4,94	9,46	0,52	0,0019
Aveia Preta	5,26	0,0030	-0,000014	5,37	1,00	0,51	0,0022

Os valores de pH observados durante a avaliação da estabilidade aeróbia resultaram em comportamento quadrático no tempo de 60 dias para as silagens de

triticale e de aveia preta. As silagens de aveia branca e de aveia preta apresentaram pH com comportamento quadrático para o período de 120 e 180 dias de armazenagem.

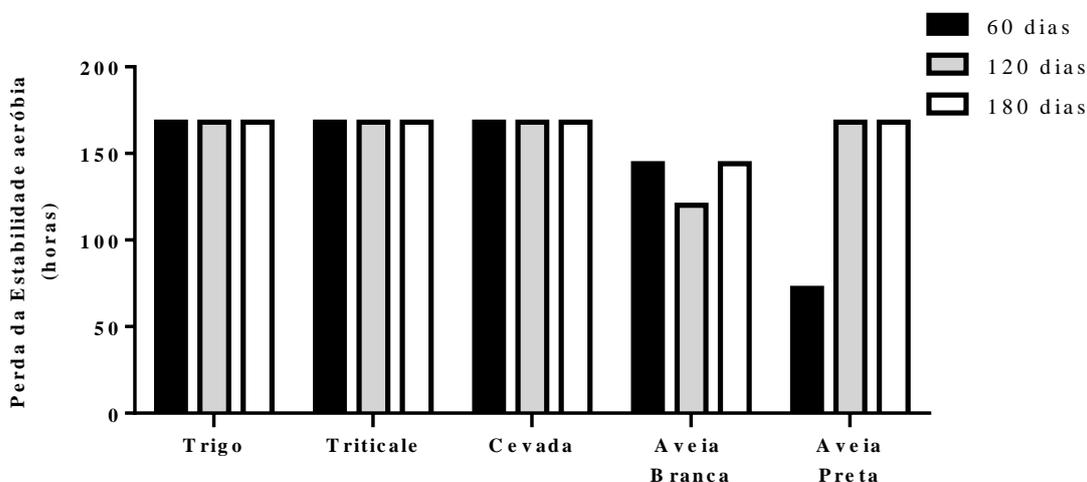


Figura 4. Avaliação do tempo (horas) para perda da estabilidade aeróbia de silagens de cereais de inverno submetidos a diferentes tempos de estocagem.

DISCUSSÃO

Observa-se que, independentemente do tempo de estocagem, a aveia preta apresentou maiores teores de FDN em comparação aos outros materiais avaliados. Notadamente, esta característica de alto teor de FDN é bastante concisa em literatura, o que inclusive é um dos fatores que conferem a esta forragem uma grande rusticidade e maior resistência a doenças foliares (CARVALHO et al., 2013). Lehmen et al. (2014) avaliaram dois genótipos distintos de aveia preta e obtiveram uma média de 74,50% de FDN, o que corresponde a um valor 4,97% superior aos achados para o tempo de estocagem de 60 dias e 5,15% e 6,80% inferior aos demonstrados para o tempo de estocagem de 120 e 180 dias, respectivamente. Meinerz et al. (2011), por sua vez, trabalhando com três genótipos de aveia preta, obtiveram uma média na ordem de 69,59%, valor este inferior aos resultados do presente trabalho, independentemente do tempo de estocagem.

Os teores de FDN, de acordo com o aumento no número de dias de estocagem, apresentaram comportamento quadrático significativo (Tabela 2), com exceção do trigo. Tal fato ocorre em decorrência das perdas da matéria orgânica, a qual gera efeito de concentração da FDN em virtude de uma menor quantidade de componentes não estruturais disponível. Este efeito de concentração do FDN é indesejável, pois pode

impactar na repleção do trato gastrointestinal, podendo gerar limitação no consumo dos animais ruminantes, o que consequentemente pode limitar o potencial produtivo (NUSSIO et al., 2011). Além disto, com a diminuição de carboidratos solúveis, consequentemente resulta-se em diminuição dos teores de NDT.

Em relação aos valores de FDA, pode-se observar que a silagem de cevada apresentou os menores valores, independentemente do tempo de estocagem. Isto é devido ao seu alto valor nutritivo e baixa quantidade de material lignificado, o que confere à cevada um alto potencial de digestão (HUUSKONEN, 2013).

A hemicelulose, por sua vez, dentre os três constituintes do FDN, é a que possui maior potencial de digestão (NUSSIO et al., 2011). Além disto, esta fração possui papel importante dentro do perfil fermentativo, pois existem evidências de solubilização da mesma durante o processo, aumentando o pool de carboidratos solúveis (ROOKE e HATFIELD, 2003), o que aumentaria o valor nutricional do material estocado por um período maior de tempo. Para a silagem de milho, Der Bedrosian et al. (2012) observaram este fato, ocorrendo solubilização parcial da hemicelulose.

No presente estudo, este efeito de diminuição da fração hemicelulose somente ocorreu para o trigo ($P = <0,0001$) e para a aveia preta ($P = 0,0047$) (Tabela 2). Para o trigo, o reflexo disto foi uma maior taxa de desaparecimento ruminal com o aumento dos dias de estocagem (Tabela 3 e Figura 3), sendo este um resultado de destaque deste trabalho. Weiberg e Chen (2013) também encontraram este efeito em silagens de trigo. Esta solubilização ocorrida na aveia preta refletiu em aumento na taxa de desaparecimento ruminal da MS da silagem, aos 95 dias de estocagem (Ponto de máximo).

Com relação aos teores de proteína, a silagem de cevada apresentou teor superior aos demais cereais de inverno, independentemente do tempo de armazenagem. Em comparação com os dados da literatura disponível, os resultados encontrados para este cereal são inferiores aos 10,10% encontrados por Huuskonen (2013) e superiores aos 7,41% encontrados por Meinerz et al. (2011). Já Lehmen et al. (2014) encontrou valor bastante próximo aos achados do presente trabalho (8,40%).

Com o aumento no tempo de estocagem, os teores de proteína demonstraram comportamento quadrático na média dos tratamentos. Segundo Der Bedrosian et al. (2012), este aumento poderia ser reflexo da maior quantidade de nitrogênio solúvel, resultante da intensa proteólise ocorrida durante o tempo de fermentação. Segundo estes autores, mesmo em condições de pH baixos durante a estocagem, algumas enzimas

proteolíticas dos microrganismos da massa ensilada ainda estão ativas, degradando o material, sobretudo as prolaminas de recobrimento dos grãos, e aumentando a quantidade de nitrogênio amoniacal (N-NH₃). Young et al. (2012) também observaram esta mesma tendência em silagens de milho armazenadas por longos períodos.

No entanto, a quantidade de prolaminas é menor em cereais de inverno com relação ao milho, e desta forma, a justificativa mais plausível se pauta na concentração deste nutriente, com vistas às menores recuperações da MS, conforme já observado por Junges (2014). Tal fato também ocorreu com a matéria mineral, sendo este um efeito previamente esperado.

É importante ressaltar que o teor de proteína bruta e de matéria mineral de um alimento tem estreita ligação com a capacidade tampão do material ensilado, a qual pode ser entendida como uma resistência da massa de forragem ao abaixamento do pH no silo (JOBIM e NUSSIO, 2013). Tal fato poderia refletir em uma maior proliferação de microrganismos, o que substancialmente aumentaria as perdas da MS (ROOKE e HATFIELD, 2003). Desta forma, fica evidente que a justificativa pela diminuição na recuperação de MS com o aumento no número de dias de estocagem está atrelada às condições supracitadas, que implicaram em maiores valores de pH na abertura em tempos de estocagem mais longos (Tabela 4 e 5).

A exemplo, a silagem de aveia preta mostrou baixos índices de recuperação de MS e também baixa taxa de desaparecimento ruminal da MS, embora tivesse hidrólise da fração hemicelulose. A justificativa para estes fatos é relacionada com o alto teor de MM, o que culminou em maior pH na abertura. Logo, a baixa quantidade de substrato disponível juntamente com o pH elevado da silagem, provavelmente, possibilitou a atuação microbiana que gerou consumo de nutrientes no silo, conforme a explicação de Rooke e Hatfield (2003).

Contudo, para o trigo e triticale, embora tenham baixos índices de recuperação de MS, observaram-se valores de pH, na abertura dos silos, mais baixos que os demais cereais de inverno. A justificativa poderia estar justamente na flora epifítica presente destes cereais. No trigo, por exemplo, Li et al. (2015) conseguiram identificar altas quantidades de microrganismos heterofermentativos, contribuindo em 66,7% do total das bactérias lácticas (BAL). Tais microrganismos possuem um padrão de fermentação distinto, levando à formação de diferentes compostos, como o ácido acético e o 1,2 propanodiol, os quais impactam em maiores perdas de MS em comparação com a rota

homolática, o que poderia justificar as maiores perdas encontradas (McDONALD et al., 1991; PAHLOW et al., 2003).

Kleinschmitt e Kung Jr. (2006) observaram que estes microrganismos, mesmo em condições de pH baixo, podem ser ativos, realizando o ciclo bioquímico ressaltado anteriormente, contribuindo para as perdas de MS. O triticales também pode ter a mesma justificativa, pois este material é originado a partir do trigo (McGOVERIN et al., 2011).

Além disto, a flora epifítica composta por heterofermentativos implica em maior produção de ácido acético e 1,2 propanodiol, o qual posteriormente é transformado em ácido propiônico (PAHLOW et al., 2003; ROOKE e HATFIELD, 2003). A maior estabilidade da silagem de trigo e triticales, desta forma, pode estar associada a esta maior concentração teórica de ácidos orgânicos, como o acético e o propiônico, embora não determinados no presente estudo. Estes compostos possuem efeito antifúngico, atuando em leveduras, os principais microrganismos espoliadores da silagem, aumentando, assim, a estabilidade aeróbica (PAHLOW et al., 2003; ROOKE e HATFIELD, 2003).

Vale destacar que a cevada também apresentou uma grande estabilidade aeróbia, associada a alto índice de recuperação de MS.

CONCLUSÃO

O aumento no tempo de armazenagem acima de 60 dias afetou negativamente a composição nutricional e a recuperação de MS das silagens dos cereais de inverno.

Dentre os cereais avaliados, a cevada foi a silagem que apresentou maior valor nutricional pelos maiores valores de NDT, embora não se tenha observado diferença para o triticales na estocagem por 180 dias.

As silagens de trigo e de triticales apresentaram alta estabilidade aeróbia, independentemente do tempo de estocagem a que foram submetidos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. Washington, D.C., 16 ed., 1094p, 1995.

CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

CARVALHO, P.C.F.; SANTOS, D.T.; GONÇALVES, E.N.; MORAES, A.; NABINGER, C. Forrageiras de clima temperado. In: FONSECA, D.M.; MATURSCELLO, J.A: **Plantas forrageiras**. p.494-537, 2013.

CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing Silage Quality. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). **Silage Science and Technology**. Madison, Wisconsin, USA. p.141-198, 2003.

DER BEDROSIAN, M.C.; NESTOR JR., K.E.; KUNG JR., L. The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.95, p.5115-5126, 2012.

FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS; H.P.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; MINELLA, E.; CAIERÃO, E. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.11, p.2116-2120, 2009.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis: apparatus reagents, procedures and some applications. Washington, D. C, [s.n.], Agricultural Handbook, p.379, 1970.

HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, p.852-867, 1997.

HUUSKONEN, A. Performance of growing and finishing dairy bulls offered diets base on whole crop barley silage with or without protein supplementation relative to a grass silage-based diet. **Agricultural and Food Science**, v.22, p.424-434, 2013.

IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Versão 1.0. 2000. (formato digital, 1 CD).

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R: **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros**. p.649-660, 2013.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A., SCHIMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, p.101-119, 2007.

JUNGES, D. **Tempo de armazenamento e manejo do painel no valor nutritivo de silagens de milho**. 2014. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”. 149p.

KLEINSCHMIT, D. H.; KUNG JR., L. The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the fermentation of corn silage during various stages of ensiling. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.89, p.3999–4004, 2006.

KUNG JR., L.; ROSINLOON, J.R.; RANJIT, K. Microbial populations, fermentation and-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.83, p.1479-1486, 2000.

LEHMEN, R.I.; FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. dos. Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.7, p.1180-1185, 2014.

LI, K.; WANG, Y.; CAI, Y.; PANG, H. Natural lactic acid bacteria population and silage fermentation of whole-crop wheat. **Asian and Australasian Journal of Animal Science**, v.28, n.8, p.1123-1132, 2015.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

McDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 339p.

McGOVERIN, C.M.; SNYDERS, F.; MULLER, N.; BOTES, W.; FOX, G.; MANLEY, M. A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v.91, p.1155-1165, 2011.

MEINERZ, G.R.; OLIVO, J.C.; VIÉGAS, J.; NÖRNBERG, J.L.; AGNOLIN, C.A.; CHEIBLER, R.B.; HORST, T.; FONTANELI, R.S. Silagem de cereais de inverno submetidos ao manejo de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.10, p.2097-2104, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle – NRC**. Washington, D.C.: National Academy Press. 2001. 157p.

NEUMANN, M.; FIGUEIRA, D.N.; BUMBIERIS JÚNIOR, V.H.; UENO, R.K.; LEAO, G.F.M. Ensilagem: Estratégias visando maior produção de leite. In: I Simpósio Brasileiro de Ruminantes Leiteiros (UDILEITE). **Anais...** 2014, p.130-166.

NUSSIO, L.G; CAMPOS, F.P; LIMA, M.L.M. Metabolismo de Carboidratos Estruturais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. p.193-238. 2.ed., Jaboticabal: Funep, 2011.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage Science and Technology**. Madison, p.31-94, 2003.

POTT, C.A.; MÜLLER, M.M.L.; BERTELLI, P.B. Adubação verde como alternativa agroecológica para recuperação da fertilidade do solo. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v.3, n.2, p.51-63, 2007.

ROOKE, J.A; HATFIELD, R.D. Biochemistry of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage Science and Technology**. Madison, p.95-135, 2003.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide statistics**. 4 ed. Version 6. Cary, North Caroline, V.2, 1993. 943 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos, métodos químicos e biológicos**. 3ª. ed. - 4ª reimpressão. Universidade Federal de Viçosa, p.235, 2009.

TAYLOR, C.C.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.85, p.126-1532, 2002.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition, **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.74, p.3583-3597, 1991.

VANZANT, E.S.; COCHRAN, R.C.; TITGEMEYER, E.C. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, p.2717-2729, 1998.

WEINBERG, Z.G.; CHEN, Y. Effects of storage period on the composition of whole crop wheat and corn silages. **Animal Feed Science and Technology**, v.185, p.196-200, 2013.

WEINBERG, Z.G.; CHEN, Y.; SOLOMON, R. The quality of commercial wheat silages in Israel. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.92, p.638-644, 2008.

YOUNG, K.M.; LIM, J.M.; DER BEDROSIAN, M.C.; KUNG JR., L. Effect of exogenous protease enzymes on the fermentation and nutritive value of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.95, p.6687-6694, 2012.