

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

SILAGEM PRÉ-SECADA DE AVEIA BRANCA E AVEIA  
PRETA EMURCHECIDAS COM DOSES DE GLIFOSATO

Autor: Antonio Vinicius Iank Bueno  
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Fevereiro – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

SILAGEM PRÉ-SECADA DE AVEIA BRANCA E AVEIA  
PRETA EMURCHECIDAS COM DOSES DE GLIFOSATO

Autor: Antonio Vinicius Iank Bueno  
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

“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 Pastagens e Forragicultura”

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Fevereiro – 2015

### Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

|       |   |
|-------|---|
|       | Bueno, Antonio Vinicius Iank  |
| B928s | Silagem pré-secada de aveia branca e aveia preta emurchecidas com doses de glifosato / Antonio Vinicius Iank Bueno. -- Maringá, 2015.<br><br>64 f. : il., figs., tabs.<br><br>Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim.<br><br>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2015.<br><br>1. Silagem de aveia. 2. Silagem de aveia - Perfil fermentativo. 3. Silagem de aveia - Estabilidade aeróbia. 4. Glifosato. 5. Matéria seca. I. Jobim, Clóves Cabreira, orient. II. Cecato, Ulysses, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título. |
|       | CDD 22.ed. 636.0862   |



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**SILAGEM PRÉ-SECADA DE AVEIA BRANCA E AVEIA  
PRETA EMURCHECIDAS COM DOSES DE GLIFOSATO**

Autor: Antonio Vinicius Iank Bueno  
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

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

APROVADA em 27 de fevereiro de 2015.

Prof. Dr. Marcos Weber do Canto

Prof. Dr. Mikael Neumann

  
Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim  
(Orientador)

*Nos campos da observação, o acaso favorece apenas as mentes preparadas.*  
*Louis Pasteur*

Aos meus pais, Antonio Pergentino Bueno e Jussara Ap<sup>a</sup>. Iank Paulo Bueno, e à minha irmã, Thais Maria Iank Bueno, que sempre me ajudaram nos momentos difíceis!

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar o dom da vida, sem o qual nada disso seria possível.

À Universidade Estadual de Maringá, por ter-me possibilitado desenvolver este trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Clóves Jobim, pela confiança em me escolher como orientado, pela ajuda e ensinamentos durante este período importante da minha vida profissional e pessoal.

A todos os colegas do Grupo de Estudos em Silagem e Feno (GESF), pelo auxílio prestado durante todo o decorrer dos trabalhos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UEM, pelos conhecimentos passados, paciência e atenção.

À equipe de funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, funcionários e ao servidor Wilson Marssola, pela ajuda prestada durante o desenvolvimento dos trabalhos no campo e análises laboratoriais.

Aos colegas do PPZ e demais, que de alguma forma me auxiliaram durante todo esse trajeto.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

ANTONIO VINICIUS IANK BUENO, filho de Antonio Pergentino Bueno e Jussara Ap<sup>a</sup>. Iank Paulo Bueno, nasceu em Telêmaco Borba, Paraná, no dia 27 de Junho de 1989.

Em Dezembro de 2012, concluiu o curso de Medicina Veterinária pela Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO.

Em março de 2013, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração: Pastagens e Forragicultura, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Conservação de Forragens.

No dia 27 de fevereiro de 2015, submeteu-se à banca para defesa da Dissertação.

## ÍNDICE

|  | Página |
|--|--------|
| LISTA DE TABELAS .....   | viii   |
| LISTA DE FIGURAS .....   | x      |
| RESUMO .....   | xi     |
| I – INTRODUÇÃO .....   | 2      |
| II – REVISÃO DE LITERATURA .....   | 3      |
| 1. Cultura da Aveia ( <i>Avena spp.</i> ) .....  | 3      |
| 1.1. Aveia Branca ( <i>Avena sativa</i> L.) .....  | 3      |
| 1.2. Aveia Preta ( <i>Avena strigosa</i> Schreb) .....   | 5      |
| 2. Produção e Características da Silagem de Aveia ( <i>Avena spp.</i> ) .....                            | 6      |
| 3. Produção de silagem pré-secada .....  | 8      |
| 4. Modo de ação do glifosato sobre as plantas .....  | 10     |
| 5. Uso potencial do glifosato como dessecante .....  | 12     |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 13     |
| II - OBJETIVOS GERAIS .....  | 17     |
| IV - Silagem de Aveia Branca ( <i>Avena sativa</i> L. cv. Corona.) emurhecida com uso de glifosato. .... | 18     |
| RESUMO .....   | 18     |
| ABSTRACT .....   | 19     |
| INTRODUÇÃO .....   | 20     |
| MATERIAL E MÉTODOS .....   | 21     |

|   |    |
|---|----|
| RESULTADOS .....  | 28 |
| DISCUSSÃO .....   | 34 |
| CONCLUSÕES .....  | 37 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 38 |
| V - Silagem de Aveia Preta ( <i>Avena strigosa</i> . cv. Agrocoxilha) emurhecida com uso de glifosato. .... | 42 |
| RESUMO.....   | 42 |
| ABSTRACT.....   | 43 |
| INTRODUÇÃO .....  | 44 |
| MATERIAL E MÉTODOS .....  | 45 |
| RESULTADOS .....  | 51 |
| DISCUSSÃO .....   | 56 |
| CONCLUSÕES .....  | 59 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 60 |
| VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 63 |

## LISTA DE TABELAS

|   | Página |
|---|--------|
| <b>II - REVISÃO DE LITERATURA</b>   |        |
| Tabela 1 Produção de MS de diferentes cultivares de aveia branca ( <i>Avena sativa</i> L.) em diferentes estádios de colheita. ....                                     | 4      |
| Tabela 2 Produção de MS de diferentes cultivares de aveia preta ( <i>Avena strigosa</i> Schreb.) em diferentes estádios de maturação. ....                              | 5      |
| Tabela 3 Composição química das silagens de aveia branca e aveia preta em diferentes épocas de colheita. ....   | 6      |
| Tabela 4 Perfil fermentativo da silagem de <i>Avena</i> spp em diferentes épocas de colheita  | 8      |
| <br>  |        |
| <b>IV - Produção de silagem de Aveia Branca (<i>Avena sativa</i> L. cv. Corona.) emurchedida com uso de dessecante químico.</b>   |        |
| Tabela 1 Caracterização morfológica e produção total e razão folha/colmo da forragem de aveia branca no momento da ensilagem. ....                                      | 22     |
| Tabela 2 Caracterização da composição química da aveia branca na ensilagem (base g/kg de MS). ....  | 23     |
| Tabela 3 Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão e equação de regressão) da composição química (base g/kg de MS), pH e perdas das silagens de aveia branca. .... | 31     |
| Tabela 4 Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão e equação de regressão) da estabilidade aeróbia das silagens de aveia branca. ....                              | 32     |
| Tabela 5 Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão e equação de regressão) do perfil fermentativo das silagens de aveia branca. ....                               | 33     |
| <br>  |        |
| <b>V - Produção de silagem de Aveia Preta (<i>Avena strigosa</i> cv. Agrocoxilha.) emurchedida com uso de dessecante químico.</b>                                       |        |

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 Caracterização morfológica e produção total e razão folha/colmo da forragem de aveia branca no momento da ensilagem. ....                                     | 46 |
| Tabela 2 Caracterização da composição química da aveia preta na ensilagem (base g/kg de MS).....   | 47 |
| Tabela 3 Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão e equação de regressão) da composição química (base g/kg de MS), pH e perdas das silagens de aveia preta. .... | 53 |
| Tabela 4 Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão e equação de regressão) da estabilidade aeróbia das silagens de aveia preta. ....                              | 54 |
| Tabela 5 Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão e equação de regressão) do perfil fermentativo das silagens de aveia preta. ....                               | 55 |

## LISTA DE FIGURAS

|  | Página |
|--|--------|
| IV - Produção de silagem de Aveia Branca ( <i>Avena sativa</i> L. cv. Corona.) emurhecida com uso de dessecante químico.   |        |
| Figura 1 Temperatura mínima, máxima e precipitação durante o período experimental no campo .....                           | 21     |
| V - Produção de silagem de Aveia Preta ( <i>Avena strigosa</i> cv. Agrocoxilha.) emurhecida com uso de dessecante químico. |        |
| Figura 1 Temperatura mínima, máxima e precipitação durante o período experimental no campo .....                           | 45     |

## RESUMO I

Avaliou-se o efeito da pré-secagem da Aveia Branca (*Avena sativa* L. cv. Corona) com uso do glifosato (N-fosfometilglicina) sobre a qualidade nutricional, perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e recuperação de matéria seca das silagens resultantes. Para tanto, foram utilizadas as dosagens de 0 (controle), 500, 750, 1000 e 1250 ml/ha, com 4 repetições por tratamento, em delineamento totalmente casualizado. Os procedimentos estatísticos para as análises dos dados foram realizados por meio de Inferência Bayesiana. Foi observado que a aplicação do glifosato elevou os teores de matéria seca quando comparado ao controle nas doses de 500, 750 e 1000 ml/ha, o que se refletiu sobre o índice de recuperação de matéria seca, sendo relatada máxima recuperação (93,44%) caso o glifosato fosse aplicado na dose de 864,2 ml/ha. Com relação à composição nutricional, foi observado comportamento quadrático para a variável fibra em detergente neutro, onde o menor valor relatado (642,8 g/kg de matéria seca) seria obtido caso a aplicação do produto fosse na ordem de 1141,32 ml/ha. Já para a hemicelulose, foi encontrado comportamento linear negativo, ou seja, para cada aumento de 1 ml do glifosato seria observada uma redução da fração na ordem de 0,05 g/kg de matéria seca. O uso do glifosato também gerou redução dos teores de proteína bruta, sendo observada uma queda de 0,04 g/kg de matéria seca para cada 1 ml de glifosato aplicado, assim como para o pH, onde essa queda seria na ordem de 0,01 no valor final de pH para cada 1 ml de glifosato. Com relação à estabilidade aeróbia, não foram observados resultados significativos para maioria dos tratamentos, podendo-se dar destaque às silagens resultantes da aplicação de 750 ml/ha de glifosato, as quais apresentaram, nos valores médios, redução dos valores de temperatura máxima (28,14°C), soma de temperaturas (234°C) e média das temperaturas (26,01°C) e maior tempo de estabilidade aeróbia (74 horas). O ponto de mínima concentração de ácido butírico (0,34 % da matéria seca) seria observado caso o glifosato fosse aplicado na dose de 900,8 ml/ha. Já para o butanediol (0,73 % da matéria seca) e ácido fórmico (0,18% da matéria seca) haveria elevação dos teores destes metabólitos quando o produto fosse utilizado nas doses de 861,7 e 874,3 ml/ha, respectivamente. A mínima concentração de lactatoetila (146,6 g/kg de matéria seca) seria obtida quando aplicado o glifosato na ordem de 808,55 ml/ha. Quando usado na dose de 916,51 ml/ha, o glifosato elevaria a concentração de amônia em relação ao nitrogênio total para 5%. Desta forma, analisando-se os resultados obtidos neste estudo, recomenda-se o uso do glifosato na dose de 500 ml/ha para confecção da silagem emurchecida de aveia branca.

Palavras-Chave: glifosato, matéria seca, perfil fermentativo, estabilidade aeróbia.

## RESUMO II

Avaliou-se o efeito da pré-secagem da Aveia Preta (*Avena stibosa* cv. Agrocoxilha) com uso do glifosato (N-fosfometilglicina) sobre a qualidade nutricional, perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e recuperação de matéria seca das silagens resultantes. Para tanto, foram utilizadas as dosagens de 0 (controle), 500, 750, 1000 e 1250 ml/ha, com 4 repetições por tratamento, em delineamento totalmente casualizado. Os procedimentos estatísticos para as análises dos dados foram realizados por meio de Inferência Bayesiana. Foi observado que a aplicação do glifosato elevou os teores médios de matéria seca quando comparado ao controle, em todas das dosagens testadas. Com relação às alterações na composição nutricional, foi observado efeito linear negativo na concentração de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e celulose, sendo que para cada aumento de 1 ml na dosagem do glifosato foram observadas reduções na ordem de 0,12 g/kg de matéria seca para fibra em detergente neutro e 0,04 g/kg de matéria seca para fibra em detergente ácido, assim como para celulose. Houve efeito quadrático para a variável hemicelulose e nitrogênio insolúvel em detergente neutro, onde o ponto de máxima concentração de hemicelulose (312,8 g/kg de matéria seca) ocorreria caso a dosagem de glifosato utilizada fosse de 729,96 ml/ha e o valor mais elevado para nitrogênio insolúvel em detergente neutro (1,6 g/kg de matéria seca) seria encontrado quando o glifosato fosse utilizado na dose de 759,52 ml/ha. A dessecação elevou as perdas de matéria orgânica das silagens após a exposição ao oxigênio, sendo que para cada 1 ml de glifosato utilizado foi observado aumento nas perdas na ordem de 0,010%. O uso do glifosato foi capaz de reduzir a soma de temperaturas (0,023°C para cada 1 ml de aumento na dose de glifosato). Já para temperatura máxima observada, foi encontrado efeito quadrático, sendo que a máxima temperatura (32,31°C) ocorreria caso o glifosato fosse utilizado na dose de 556,79 ml/ha. A dessecação foi capaz de alterar o perfil fermentativo das silagens resultantes quando comparadas à silagem não tratada. Foi observado efeito quadrático para concentração de ácido acético e butanediol, onde o ponto de mínima concentração de ácido acético (0,56% da matéria seca) seria observado quando o produto fosse aplicado na dose de 947,6 ml/ha. Já para o butanediol, o ponto de máxima (0,35% da matéria seca) ocorreria quando o uso do desseccante fosse de 869,3 ml/ha. Desta forma, analisando-se os resultados obtidos neste estudo, recomenda-se o uso do glifosato na dose de 500 ml/ha para confecção da silagem emurhecida de aveia preta.

Palavras-Chave: glifosato, matéria seca, perfil fermentativo, estabilidade aeróbia.

## ABSTRACT I

This experiment aimed to evaluate the effect of wilting White Oat (*Avena sativa* L. cv. Corona) using glyphosate (N-fosfometilglicine) on the nutritional quality, fermentation characteristics, aerobic stability and dry matter recovery of the resulting silages. The dosages used were 0 (control), 500, 750, 1000 and 1250 mL/ha with 4 replicates per treatment in a completely randomized design. Statistical procedures for data analyzes were performed by Bayesian Inference. The application of glyphosate increased the dry matter in treated silages compared to the control, at doses 500, 750 and 1000 ml/ha, which reflected on the dry matter recovery rate, being reported maximum recovery (93.44 %) if glyphosate was applied at the rate of 864.2 ml/ha. Quadratic effect was observed for neutral detergent fiber, where the lowest value reported (642.8g/kg of dry matter) would be obtained if the application of the product were in the order of 1141.32 ml/ha. Hemicellulose showed negative linear behavior, for each increase of 1 ml of glyphosate was observed a reduction of the fraction in the amount of 0.05 g / kg of dry matter. The use of glyphosate also reduced crude protein (0.04 g / kg of dry matter per 1 ml of glyphosate applied) as for pH where the drop would be on the order of 0.01 per ml of glyphosate. Regarding the aerobic stability did not show significant results for most treatments, being able to highlight the silage resulting from the application of 750 ml / ha of glyphosate, which had, in the mean values, reduction of maximum temperature values (28.14°C), sum of temperatures (234°C) and average temperatures (26.01°C) and longer aerobic stability (74 hours). The use of glyphosate was able to change the fermentation profile of the resulting silage when compared to untreated silages, and the observed effects presented quadratic behavior. The point of minimum concentration of butyric acid (0.34% of dry matter) would be observed if the glyphosate was applied at the rate of 900.8 ml/ha. As for the butanediol (0.73% DM) and formic acid (0.18% dry matter) would increase the levels of these metabolites when the product was used in doses of 861.7 and 874.3 ml/ha, respectively. The minimum concentration of ethyl-lactate (146.6 g/kg dry matter) was obtained glyphosate when applied in the order of 808.55 ml / ha. When used in a dose of 916.51 ml/ha glyphosate raise the concentration of ammonia to total nitrogen at 5%. Thus, analyzing the results of this study it is recommended the use of glyphosate at a dose of 500 ml/ha to wilt the white oat for silage making.

Keywords: glyphosate, dry matter, fermentation profile, aerobic stability.

## ABSTRACT II

This experiment aimed to evaluate the effect of wilting Black Oat (*Avena strigosa* cv. Agrocoxilha) using glyphosate (N-fosfometilglicine) on the nutritional quality, fermentation characteristics, aerobic stability and dry matter recovery of the resulting silages. The dosages used were 0 (control), 500, 750, 1000 and 1250 mL/ha with 4 replicates per treatment in completely a randomized design. Statistical procedures for data analyzes were performed by Bayesian Inference. Application of glyphosate increased the average dry matter compared to the control in all tested dosages. Regarding the changes in the nutritional composition, negative linear effect on the concentration of neutral detergent fiber was observed, as for cellulose fiber and acid detergent. And for each increase of 1 ml at a dose of glyphosate, the reductions were observed in the order of 0.12 g/kg dry matter for neutral detergent fiber and 0.04 g/kg of dry matter for acid detergent fiber, as well as cellulose. There was quadratic effect for hemicellulose variable and neutral detergent insoluble nitrogen, where the point of maximum concentration of hemicellulose (312.8 g/kg of dry matter) would occur if the glyphosate dosage used was of 729.96 ml/ha and the higher value to a neutral detergent insoluble nitrogen (1.6g / kg dry matter) was found when the glyphosate was used at a dose of 759.52 ml / ha. The wilting raised the loss of organic matter in silages after exposure to oxygen, and for each 1 ml of glyphosate used it was observed increase in losses on the order of 0.010%. The use of glyphosate was able to reduce the amount of temperatures (0.023°C for each 1 ml of glyphosate increase in dose). As for the maximum temperature observed a quadratic effect was found, and the maximum temperature (32.31°C) would occur if the glyphosate was used at a dose of 556.79 ml/ha. The wilting was able to change the fermentation profile of the resulting silages when compared to untreated silage. Quadratic effect was observed for concentrations of acetic acid and butanediol, wherein the point of minimum concentration of acetic acid (0.56% dry matter) would be observed when the product was applied at the rate of 947.6 ml/ha. As for the butanediol, the maximum point (0.35% dry matter) would occur when the use of desiccant was of 869.3 ml/ha. Thus, analyzing the results of this study, it is recommended the use of glyphosate at a dose of 500 ml/ha to wilt the white oat for silage making.

Keywords: glyphosate, dry matter, fermentation profile, aerobic stability.

## I – INTRODUÇÃO

A aveia é um dos principais cereais de inverno cultivados no mundo atualmente, ocupando a 7ª posição no ranking mundial (USDA, 2012). Segundo De Mori *et al.* (2012), o principal destino deste cereal é a produção de grãos para alimentação animal, sendo que, no período de 1998-2007, 71,4% do total teve este destino. No Brasil, a área estimada ocupada por esta cultura é de aproximadamente 153 mil hectares, sendo os principais Estados produtores: Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso do Sul (De Mori *et al.*, 2012).

Um dos principais meios de fornecimento deste alimento como forragem aos animais é por meio de sistemas pastoris, uma vez que a adoção destes mostra-se de forma prática e econômica devido ao baixo investimento em implementos agrícolas e instalações. Porém, devido à estacionalidade da produção, muitas vezes a adoção unicamente de sistemas pastoris pode se tornar inviável, pois a oferta de alimento não ocorre de maneira uniforme (Jobim, *et al.*, 2005). Desta forma, a estocagem de alimento faz-se necessária, pois, com a intensificação da produção de ruminantes.

Neste contexto, a conservação de forragens é de interesse, pois, pode-se explorar o potencial da cultura conforme a necessidade do sistema produtivo. Outras vantagens que podem ser elencadas são: a possibilidade de uso da terra para agricultura, pois, não há competição diretamente com a produção de outras culturas de valor agregado mais elevado, como a soja ou milho; o uso de áreas que poderiam ficar ociosas durante o inverno; reduz-se o risco da falta de alimentos volumosos em períodos críticos do ano; em caso de excedente a forragem pode ser comercializada (Bumbieres Junior *et al.*, 2011; Fontaneli e Fontaneli, 2009). A conservação de aveia pode ser através da fenação ou então na forma de silagem

Para adequada conservação do material ensilado, consideram-se como fatores de grande importância o teor de matéria seca no momento do corte, o teor de carboidratos solúveis e a capacidade tampão da forragem, pois estes tem influência direta sobre os processos fermentativos que irão ocorrer após o fechamento do silo (Wilkinson *et al.*, 2003; Rooke e Hatfield, 2003). Entretanto, a possibilidade de explorar ao ponto de ótima qualidade nutricional do alimento contrasta com a elevada capacidade tampão e umidade da forragem no momento do corte (Meinerz *et al.*, 2011)

A pré-secagem, ou emurchecimento da forragem antes da ensilagem se mostra uma técnica de interesse, pois faz com que a forragem seja, principalmente, conservada pela baixa atividade de água do material, pois o material fica exposto a condições que fazem com que grande parte da água seja eliminada, elevando o conteúdo de matéria seca, o que limita o crescimento microbológico (Muller *et al.*, 2011; Artemyeva *et al.*, 2014).

Porém, esta é um técnica que acaba elevando os custos operacionais, uma vez que além de mão-de-obra qualificada, são necessários maquinários específicos, os quais têm elevado custo de aquisição, etapas adicionais (viragem e enleiramento) quando comparada à ensilagem convencional, além dos riscos de perdas, pois como o material necessita permanecer mais tempo no campo, o risco de intempéries é maior (Pereira e Reis, 2001). A ocorrência de chuvas durante a secagem do material pode elevar as perdas de matéria seca, uma vez que além de estimular o consumo de açúcares devido à reativação dos processos respiratórios da planta e desenvolvimento microbológico, pode fazer com que haja a perda de folhas durante o recolhimento do material (Coblentz e Muck, 2012).

Neste contexto, o uso de dessecantes químicos se faz de interesse, pois além da redução do tempo de permanência do material no campo, elimina-se as etapas adicionais necessárias para confecção da silagem pré-secada. Muitos produtores têm adotado o uso do glifosato (N-fosfometil-glicina), para causar o emurchecimento da planta ainda “em pé”, porém estudos avaliando esta tecnologia ainda são escassos.

Sendo assim, teve-se como objetivo avaliar o efeito do emurchecimento da forragem de aveia com uso do glifosato sobre a qualidade nutricional, índice de recuperação de matéria seca, perfil fermentativo e estabilidade aeróbia nas silagens resultantes.

## II – REVISÃO DE LITERATURA

### 1. Cultura da Aveia (*Avena spp.*)

Um dos principais cereais de inverno cultivados no mundo é a aveia (*Avena spp.*), juntamente com outros cereais como milho, trigo, cevada, centeio e triticale. São inúmeras as espécies desta forrageira, porém no Brasil são cultivadas apenas as aveias branca (*Avena sativa* L.) e a preta (*Avena strigosa* Schreb) (Machado, 2000; Bumbieres Junior *et al.*, 2011). A aveia é versátil, podendo ser cultivada em consórcio com outras espécies de gramíneas ou leguminosas, possuindo grande adaptabilidade.

Os principais Estados do Brasil que cultivam esta forragem são o Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e Espírito Santo (Sandini, 1999 citado por Bumbieres Junior *et al.*, 2011).

Esta forragem possui algumas finalidades, podendo ser utilizada para a produção de grãos (aveia branca), cobertura de solo para plantio direto (aveia preta) e produção de forragem, seja em pastejo, corte e fornecimento no cocho, ou ainda conservadas como feno ou silagem (Bumbieres Junior *et al.*, 2011).

As aveias brancas distinguem-se das pretas por apresentarem colmos mais grossos e folhas mais largas. Os grãos da aveia branca são em geral maiores e de coloração branca ou amarelada, enquanto os da aveia preta, além de serem menores, apresentam cores que variam do branco ao preto (Machado, 2000).

#### 1.1. Aveia Branca (*Avena sativa* L.)

Até o início da década de 80, as cultivares de aveia branca utilizadas na região sul do Brasil tinham sua genética proveniente de países como Argentina e Uruguai, porém estes genótipos apresentavam problemas de adaptação, sendo que ainda nesta época programas de melhoramento genético desenvolveram plantas mais adaptadas às condições de nosso país (Barbosa Neto *et al.*, 2000). Hoje, o principal objetivo dos programas de melhoramento genético é expandir as fronteiras de cultivo da aveia para além das já conhecidas.

Quando cultivada sob condições adequadas, esta cultura apresenta um bom rendimento de biomassa forrageira (Tabela 1), porém esta é dependente do estágio de

maturação ou dias após emergência (DAE) em que a planta é colhida, além das características climáticas, da fertilidade do solo e adubação nitrogenada. Além disso, a forragem apresenta uma boa relação folha/colmo, além da grande produção de grãos, características de interesse para produção de uma boa silagem (Meinerz *et al.*, 2011).

Tabela 1 Produção de MS de diferentes cultivares de aveia branca (*Avena sativa* L.) em diferentes estádios de colheita.

| Cultivar   | Produção de MS (kg/ha) | Estádio      | Autor(es)                     |
|------------|------------------------|--------------|-------------------------------|
| CTC 5      | 6.337                  | Maturação    | Kolchinski e Schuch<br>(2003) |
| UFRGS 15   | 5.941                  | Maturação    |                               |
| UFRGS 19   | 6.549                  | Maturação    |                               |
| ER 91156-1 | 6.746                  | Floração     | David <i>et al.</i> (2010)    |
| SI 98105-b | 7.079                  | Floração     |                               |
| ER 91156-1 | 9.170                  | Grão Pastoso |                               |
| SI 98105-b | 4.174                  | Grão Pastoso |                               |

Com relação às condições climáticas, a cultura é tolerante a temperaturas mais amenas, porém próximo à época de floração e formação de grãos, temperaturas abaixo de 3°C podem causar danos à planta e levar à esterilidade das flores (Leonard e Martineli, 2005; Castro *et al.*, 2012). No outro extremo, plantas expostas a altas temperaturas por longos períodos de tempo tendem a acelerar seu ciclo, podendo ocorrer paralisação da formação de grãos quando a planta é submetida a temperaturas acima de 32°C, aliada à baixa umidade (Mundstock, 1983; Castro *et al.*, 2012).

A alta umidade do ar (UR) é desfavorável à planta, pois está relacionada com o aparecimento de doenças que se desenvolvem em UR acima de 90%. De modo geral, considera-se adequada para a cultura uma UR abaixo de 70% (Brinholi, 1995; Castro *et al.*, 2012)

Já com relação à precipitação, a espécie não é muito exigente com relação à água, porém necessita de chuvas em épocas críticas, como a germinação, e em maior quantidade durante o emborrachamento, floração e primeira etapa na formação dos grãos (Castro *et al.*, 2012).

## 1.2 Aveia Preta (*Avena strigosa* Schreb)

A aveia preta é uma das gramíneas de clima temperado mais utilizadas como forragem, devido à sua resistência aos períodos de baixa pluviosidade; resistência a pragas; boa capacidade de perfilhamento e alta produção de biomassa (Tabela 2), quando comparada às demais espécies forrageiras cultivadas na mesma estação.

Devido a estas características, a aveia preta, em sistemas de produção a pasto e integração lavoura-pecuária (ILP), é considerada uma boa alternativa como forragem (Fontaneli *et al.*, 2000). Esta espécie vem ganhando destaque em sistemas de plantio direto, devido à sua grande formação de palha e boa relação carbono/nitrogênio (Santos *et al.*, 2002; Carvalho, 2010).

Com relação à condição ambiental para o cultivo da aveia preta, é interessante que nos estágios iniciais de formação da planta as temperaturas sejam amenas, pois isso estimula o desenvolvimento dos perfilhos. Assim como na aveia branca, temperaturas acima de 32°C podem provocar a esterilidade das plantas além de acelerarem a maturação das plantas e grãos, o que pode reduzir a qualidade nutricional da forragem (Carvalho, 2010).

Tabela 2 Produção de MS de diferentes cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) em diferentes estádios de maturação.

| Cultivar   | Produção de MS<br>(kg/ha) | Estádio      | Autor(es)                      |
|------------|---------------------------|--------------|--------------------------------|
| IPFA 99009 | 6.455                     | Massa Mole   | Fontaneli <i>et al.</i> (2009) |
| Agro Zebu  | 5.419                     | Massa Mole   |                                |
| A.P.C      | 5.479                     | Floração     | David <i>et al.</i> (2010)     |
| UTFP 971   | 3.547                     | Floração     |                                |
| A.P.C      | 9.166                     | Grão Pastoso |                                |
| UTFP 971   | 7.907                     | Grão Pastoso |                                |

## 2. Produção e Características da Silagem de Aveia (*Avena* spp.)

A ensilagem de cereais de clima temperado pode ser uma alternativa para o aproveitamento dos materiais cultivados durante o inverno, uma vez que muitas vezes o potencial destes como volumoso na alimentação de ruminantes pode acabar sendo subutilizado. Desta forma, a cultura da aveia se mostra de interesse para esta finalidade, pois além desta produzir uma quantidade de biomassa (MS/ha) satisfatória, a silagem resultante possui uma boa composição nutricional, sendo um material que apresenta grande quantidade de proteína bruta (PB) em sua composição (Tabela 3).

Tabela 3 Composição química das silagens de aveia branca e aveia preta em diferentes épocas de colheita.

| AVEIA BRANCA           |                 |                 |                  |                  |                            |
|------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|----------------------------|
| Estádio                | MS <sup>1</sup> | PB <sup>2</sup> | FDN <sup>2</sup> | FDA <sup>2</sup> | Autor(es)                  |
| Florescimento          | 195,7           | 57              | 668,4            | 481,7            | Boin <i>et al.</i> (2005)  |
| Florescimento pleno    | 226,6           | 50,4            | 705              | 495,2            |                            |
| Grão Pastoso           | 275,2           | 70,9            | 637,2            | 445,7            |                            |
| Grão Farináceo         | 289,4           | 63,6            | 645,8            | 455,8            |                            |
| AVEIA PRETA            |                 |                 |                  |                  |                            |
| Grão Pastoso/Farináceo | 282             | 114             | 606              | 392              | Coan <i>et al.</i> (2001)  |
| Grão Pastoso           | 313             | 66              | 678              | -                | David <i>et al.</i> (2010) |
| Floração               | 213             | 98              | 677              | -                |                            |
| Grão Leitoso           | 299,9           | 114,5           | 603,4            | 251              | Silva (2014)               |

1-g/kg de matéria orgânica; 2-g/kg de matéria seca.

É possível observar que o estágio em que a forragem é ensilada tem grande influência sobre a qualidade final do volumoso. Desta forma, quando o objetivo é a produção em quantidade, deve-se colher o material mais tardiamente. Caso a melhor qualidade nutricional seja visada é recomendado que se proceda o corte antecipadamente, porém alguns aspectos devem ser levados em consideração durante a ensilagem de gramíneas, sendo estes: o teor de matéria seca apresentado pela planta no momento do corte, teor de carboidratos solúveis e capacidade tampão (Lima Jr *et al.*, 2014).

Quando a forragem é colhida com menos de 21% de MS, as perdas podem ser elevadas devido a possíveis fermentações indesejáveis e/ou formação de efluentes (McDonald, 1991). Geralmente, silagens que possuem um teor de umidade elevado apresentam pH final acima de 4, além da maior concentração de amônia, ácido butírico e redução na relação entre ácido láctico/acético (tabela 4). Isso ocorre pelo fato de que em condições de alta umidade as células vegetais continuam respirando, processo que consome carboidratos solúveis que seriam convertidos em ácidos orgânicos (Rooke e Hatfield, 2003). Desta forma, a queda do pH se faz de forma mais lenta, o que propicia a maior ação de bactérias acéticas.

Além disso, este ambiente com grande oferta de água e pH elevado é propício para a atividade de proteases das células vegetais, assim como bactérias do gênero *Clostridium*, o que pode ser observado pelo aumento nos teores de amônia e ácido butírico, metabólitos produzidos durante o consumo de proteínas, carboidratos solúveis e lactato por parte destes microrganismos (Pahlow et al., 2003).

Outro fator de relevância, que impacta na qualidade fermentativa da silagem, é o teor de carboidratos solúveis. Preconiza-se, para que ocorra uma fermentação adequada, um valor mínimo de 20 g de carboidratos solúveis /kg de MS (Wilkinson *et al.*, 1981).

Estes açúcares serão fermentados pelas bactérias presentes no material, os quais darão origem aos mais diversos produtos da fermentação como ácidos (lático, acético, butírico entre outros de menor relevância), ésteres, alcoóis, gás carbônico, água e calor.

Dentre estes metabólitos o que possui maior relevância para conservação da forragem é o ácido láctico, pois a queda do pH a níveis satisfatórios (abaixo de 4) é dependente da presença deste ácido na ordem de 3 e 6% da MS (Kung e Shaver, 2001).

Porém, a queda do pH não depende somente da presença deste ácido, tendo relação direta também com a capacidade tampão da forragem. A capacidade tampão, ou poder tampão, é definida como sendo a resistência apresentada pela massa de forragem às alterações do pH (Jobim *et al.*, 2007). Os fatores que influenciam diretamente o poder tampão da forragem são: o seu teor de proteína; a presença de íons inorgânicos (Na, Ca e K); ácidos orgânicos de baixa dissociação, como o ácido málico, fosfórico, cítrico e glicérico e seus sais (Hooke e Hatfield, 2003; Jobim *et al.*, 2007). Sendo assim, quando se ensila forragens com elevado poder tampão, há necessidade de uma conversão elevada de carboidratos solúveis em ácido láctico, para que a quantidade de íons H<sup>+</sup> dissociados consigam superar a capacidade sequestrante do meio, fazendo assim com que ocorra a queda do pH até níveis satisfatórios (Lima Jr *et al.*, 2014).

Gramíneas de clima temperado, como a aveia, geralmente possuem grande poder tampão, o que associado a um teor de umidade elevado no momento do corte pode fazer com que ocorra um elevado índice de fermentações secundárias, produção de efluentes e aumentos das perdas de matéria seca (Meinerz *et al.*, 2011).

Tabela 4 Perfil fermentativo da silagem de *Avena* spp em diferentes épocas de colheita

| Estádio       | MS (%) | pH   | NH <sub>3</sub> /N <sub>total</sub> (%) | Ácidos Orgânicos (% da MS) |         |          | Autor(es)                   |
|---------------|--------|------|---|----------------------------|---------|----------|-----------------------------|
|               |        |      |   | Lático                     | Acético | Butírico |                             |
| Vegetativo    | 18,8   | 4,4  | 12,2                                    | 6,67                       | 2,79    | 0,26     | Lopes e Mühlbach (1994)     |
| Florescimento | 21,3   | 4,77 | 9,1                                     | -                          | -       | -        | David <i>et al.</i> (2010)  |
| Grão Pastoso  | 33,6   | 3,8  | 2,9                                     | -                          | -       | -        |                             |
| Grão leitoso  | 25,9   | 3,8  | 9,7                                     | 9,5                        | 0,64    | -        | Bergen <i>et al.</i> (1991) |
| Grão Pastoso  | 34,2   | 4,1  | 11,2                                    | 6,2                        | 0,79    | -        |                             |

Dessa forma, técnicas que visem o incremento nos teores de MS da planta no momento da ensilagem se mostram de interesse, uma vez que podem auxiliar no controle de perdas e estímulo ao desenvolvimento de microrganismos benéficos. Alternativas como uso de aditivos absorventes de umidade ou então emurchecimento da massa se mostram eficazes.

### 3. Produção de silagem pré-secada

O emurchecimento, ou pré-secagem, consiste em colher a forragem deixando-a exposta à ação do ambiente, luz solar (sendo esta identificada como a mais importante), umidade e ventos, até que se atinja um teor de MS adequado, variando entre 35 a 45%, para que o material seja ensilado (Pereira e Reis, 2001). Coan *et al.* (2001), submetendo diferentes capins de clima temperado ao emurchecimento, conseguiram elevar, em média, os teores de MS de 32% para 40,2 % em seis horas. Berto e Mühlbach (1997) relatam que para a aveia preta foram necessárias 26 horas para que a MS passasse de 15,32% para 31,22%.

A técnica do emurchecimento é capaz de aumentar a relação ácido láctico/acético, reduzir a produção de amônia e restringir a produção de ácido butírico, além de haver economia de carboidratos solúveis, diminuição da solubilização do nitrogênio e evitar-se a produção de efluentes (Berto e Mühlbach, 1997). Tais respostas são relacionadas à redução de processos indesejáveis que podem ocorrer durante o processo de ensilagem, em resposta à demora na queda do pH (fermentação acética e butírica) ou então a alta atividade de água (fermentação butírica).

Além do corte da forragem, as outras etapas que se seguem durante a confecção da silagem pré-secada são: o enleiramento, revolvimento e recolhimento do material, para posterior armazenagem em estrutura própria (Pereira e Reis, 2001). Estas etapas também têm importância na taxa de desidratação, uma vez que a formação de leiras muito densas, revolvimento inadequado ou ausência desta etapa não permitem que o ar circule por toda a estrutura, impedindo assim que a umidade seja retirada e diminuindo a ação da luz solar sobre as plantas, pois somente terão ação sobre a camada superficial da leira (Pereira e Reis, 2001).

Como esta é uma técnica dependente das condições climáticas ideais, intempéries em qualquer fase antes do fechamento do silo podem levar a sérias perdas de nutrientes do material. Desta forma, tem-se procurado alternativas que possam fazer com que o processo seja mais rápido, evitando assim a ocorrência de imprevistos e reduzindo as chances de perdas, as quais culminam em redução da qualidade da silagem e elevação dos custos.

Uma alternativa que vem sendo utilizada a campo, porém ainda pouco estudada, é a aplicação de agentes dessecantes antes do corte do material, quando a forragem ainda se encontra “em pé” (Pereira e Reis, 2001). Estes têm por objetivo acelerar as perdas de umidade da forragem ainda no campo, podendo esta ser cortada e ser direcionada para o silo. Dessa forma, as etapas de enleiramento e viragem do material podem ser eliminadas do processo, fazendo com que este seja mais rápido e barato, pela menor utilização de máquinas e mão-de-obra.

O glifosato tem um potencial dessecante mais elevado devido à sua ação sistêmica em todos os tecidos da planta, o que é mais interessante em comparação a agentes químicos que tem ação por contato, sendo mais eficiente em condições de clima adverso, ou então quando este é aplicado em culturas altas e/ou densas (De Andrade *et al.*, 2003).

#### 4. Modo de ação do glifosato sobre as plantas

O glifosato (N-fosfometil glicina) foi descoberto em 1964, tendo seu uso descrito primeiramente como potencial quelante industrial, sendo que seu uso como herbicida só veio a ocorrer em 1971 (Yamada e Castro, 2007). Devido à limitada solubilidade do ácido em meio aquoso, os sais mais solúveis do ácido são mais utilizados em suas formulações comerciais.

O glifosato inibe especificamente a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs), que catalisa a condensação do ácido chiquímico, o qual converte precursores de carboidratos derivados da glicólise e da rota da pentose fosfato em aminoácidos aromáticos (Zobiole, 2010). A EPSPs catalisa a reação do chiquimato-3-fosfato com o fosfoenolpiruvato (PEP), o qual ocorre em duas fases. Primeiramente, a enzima EPSPs se liga ao chiquimato, formando um complexo que ao se juntar com o PEP forma o 5 enolpiruvilchiquimato-3-fosfato (Herrmann, 1995). O glifosato, após aplicado, é transportado até o cloroplasto onde se liga ao primeiro complexo formado nessa cascata de reação (EPSPs-chiquimato-3-fosfato), o que causa uma mudança conformacional na estrutura da molécula, o que deforma o sítio de ligação com o PEP, inibindo a reação com este último (Herrmann, 1995).

Sendo assim, a síntese de três aminoácidos essenciais, sendo estes a fenilalanina (Phe), Tirosina (Tyr) e Triptofano (Trp), é inibida. Estes aminoácidos têm ocorrência nas proteínas na ordem de 3,9; 3,2 e 1,4% (Nelson *et al.*, 2008). As enzimas EPSPs de todas as plantas, fungos e da maioria das bactérias isoladas e caracterizadas até hoje são inibidas pelo glifosato.

O uso do glifosato como agente dessecante pode levar a alterações em alguns parâmetros fisiológicos, tais como condutividade estomática, respiração e fotossíntese (Camargo, 2006).

Como os efeitos da aplicação do glifosato não são diretamente sobre os mecanismos fotossintéticos, sua ação sobre estes pode vir a ocorrer tardiamente após sua aplicação. Devido às alterações no metabolismo do ácido chiquímico, ocorre um aumento na concentração deste metabólito, com conseqüente redução da ribulose bifosfato e do ácido fosfoglicérico, os quais são intermediários no ciclo de Calvin durante a fotossíntese (Geiger e Bestman, 1990; Taiz and Zeiger, 2006; Zobiole, 2010).

Devido ao bloqueio na formação do complexo EPSPs-chiquimato-3-fosfato, ocorre elevação na demanda por eritrose-4-fosfato, como resposta à elevação da

atividade da enzima DAHP. Isso faz com que o carbono que seria utilizado durante o ciclo de Calvin seja desviado para a rota do chiquimato, através da ribulose-4-fosfato. Desta forma, a regeneração da ribulose bifosfato é limitada, reduzindo a atividade fotossintética. Este efeito foi descrito por Geiger e Bestman (1990), avaliando a aplicação do glifosato em plantas de beterraba. Tais consequências foram observadas cerca de 4 horas após a exposição das folhas com o produto.

Como a cutícula das plantas é quase impermeável às trocas gasosas, estas devem ser feitas através dos poros conhecidos como estômatos. Quaisquer mudanças com relação à resistência estomática são de importância, pois regulam as taxas de saída de água da planta e entrada de CO<sub>2</sub>. O glifosato pode causar a redução da transpiração após sua aplicação nas plantas, sendo que tal efeito se daria pela ação direta do glifosato sobre as células-guarda, forçando o fechamento dos estômatos (Yannicari *et al.*, 2012). Isso se deve à redução nas concentrações de ATP circulante na planta, o qual é importante, pois serve como moeda energética para mobilização da entrada do potássio para dentro das células e formação posterior do malato de potássio, causando inturgescência das células-guarda e abertura dos poros (Taiz e Zeiger, 2006). Com a redução da condutância estomática causada pelo fechamento das células-guarda estomática, há redução na assimilação de CO<sub>2</sub> por parte da planta, o que leva à redução nas taxas de respiração e fotossíntese (Zobiolo, 2010). Além disso, a aplicação deste agente químico pode levar à modificação na permeabilidade seletiva das membranas celulares, com alteração na funcionalidade das aquaporinas, alterando assim o transporte de água nas células vegetais com redução de absorção de água por parte da planta (Zobiolo, 2010).

O glifosato tem o potencial de alterar a síntese proteica das plantas tratadas, podendo causar redução nos teores de PB e aminoácidos totais no vegetal. Zobiolo (2010), em seu trabalho com plantas de soja resistentes ao glifosato, encontrou que a aplicação do produto teve a capacidade de reduzir linearmente a quantidade de aminoácidos com aumento da dosagem do dessecante. Este efeito é causado pelo modo de ação do glifosato, o qual inibe a síntese de aminoácidos essenciais para a planta, fazendo assim com que a produção de proteína seja prejudicada. Isto pode ser evidenciado pelo acúmulo de aminoácidos livres e chiquimato em plantas que sofreram ação do dessecante, como observado por Orcaray *et al.* (2012).

## 5. Uso potencial do glifosato como dessecante

De Andrade et al. (2003), avaliando o potencial uso do glifosato e do paraquat como dessecantes químicos para a cultura de capim elefante (*Pennisetum purpureum*), não observaram efeitos expressivos dos agentes químicos com relação ao incremento no conteúdo de MS da forragem, mesmo nas aplicações em dosagens mais elevadas (1600 mL/ha) e terem permanecido por mais tempo sobre influência do dessecante (2, 6, 10 e 14 dias). Além disso, os autores relatam ainda que houve pouca alteração com relação à composição química do material, além de haver prejuízos com relação à rebrota da forragem. Provavelmente, tais efeitos tenham sido observados pois é descrito no trabalho que ocorreram vários dias permaneceram nublados ou chuvosos, o que pode ter prejudicado a translocação do produto pelos tecidos da planta.

Já Camargo (2006) relata, em seu trabalho avaliando o uso do glifosato para confecção da silagem de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, que este não causou alterações consistentes em relação às variáveis analisadas, somente sendo observada redução da proteólise durante a fermentação. Desta forma, os níveis de MS atingidos com o experimento não foram suficientes para conter as perdas de nutrientes, resultando em silagens com níveis elevados de N-NH<sub>3</sub> e redução das frações solúveis, refletindo assim na estabilidade aeróbia, a qual foi elevada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTEMYEVA O. A., DUBOREZOV V. M., PAVLYUCHENKOVA O. V., KOTKOVSKAYA E. N., RALKOVA V. S. e PERESYOLKOVA D. A. (2014) *Impact of haylage harvest and storage technologies on forage microbial contamination. Vestnik OrelGAU*, **49**, 20-24.
- BARBOSA NETO J. F., MATIELLO R. R., CARVALHO F. I. F. D., OLIVEIRA J., PEGORARO D. G., SCHNEIDER F., SORDI M. E. B. and VACARO E. (2000) *Genetic progress in oat breeding in southern brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **35**, 1605-1612.
- BERGEN W., BYREM T. e GRANT A. (1991) *Ensiling characteristics of whole-crop small grains harvested at milk and dough stages. Journal of Animal Science*, **69**, 1766-1774.
- BERTO J. e MÜHLBACH P. (1997) *Silagem de aveia preta no estágio vegetativo, submetida à ação de inoculantes e ao efeito do emurchecimento. Revista Brasileira de Zootecnia*, **26**, 651-658.
- BOIN C., FLOSS E. L., CARVALHO M. P., PALHANO A. L., SOARES FILHO C. V. e PREMAZZI L. M. (2005) *Composição e digestibilidade de silagens de aveia branca produzidas em quatro estádios de maturação. Boletim de Indústria Animal*, **62**, 35-43.
- BUMBIERES JUNIOR V. H., OLIVEIRA M. R., JOBIM C. C., BARBOSA M. A. A. D. F., CASTRO L. M. e BARBERO R. P. (2011) *Perpectivas para o uso de silagem de cereais de inverno no brasil. In: JOBIM C. C., CECATO U., DO CANTO, M. W (eds) Anais do IV Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas, Maringá, Brasil, 2011*, pp. 39-73.
- BRINHOLI O. (1995) *Cultura da aveia (avena spp)*. Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP:Botucatu. 171 p.
- CAMARGO M. S. (2006) *Utilização de glifosato na produção de silagem emurchecida de brachiaria brizantha, stapf. Cv. Xaraés*, Universidade de São Paulo (USP). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- CARVALHO P. C. F. (2010) *Forrageiras de clima temperado. In: FONSECA D.M., MARTUSCHELLO, J.A. (eds) Plantas forrageiras. Viçosa, BR: Editora UFV*, pp. 494-537.
- CASTRO G. S. A., DA COSTA C. H. M. e NETO J. F. (2012) *Ecofisiologia da aveia branca. Scientia Agraria Paranaensis*, **11**, 1-15.
- COAN R. M., FREITAS D., REIS R. A. e RODRIGUES L. R. A. (2001) *Composição bromatológica das silagens de forrageiras de inverno submetidas ou não ao emurchecimento e ao uso de aditivos. ARS Veterinária*, **17**, 58-63.
- COBLENTZ W. e MUCK R. (2012) *Effects of natural and simulated rainfall on indicators of ensilability and nutritive value for wilting alfalfa forages sampled before preservation as silage. Journal of Dairy Science*, **95**, 6635-6653.

DAVID D. B. D., NÖRNBERG J. L., AZEVEDO E. B. D., BRÜNING G., KESSLER J. D. e SKONIESKI F. R. (2010) *Nutritional value of black and white oat cultivars ensiled in two phenological stages. Revista Brasileira de Zootecnia*, **39**, 1409-1417.

DE ANDRADE J. B., JÚNIOR E. F. and POSSENTI R. A. (2003) *Uso dos herbicidas paraquat e glifosato como dessecante no processo de ensilagem. Boletim de Industria Animal*, **60**, 23-38.

DE MORI C., FONTANELI R. S. e SANTOS H. P. (2012) Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da aveia, p. 26 Passo Fundo: Embrapa Trigo Documentos Online 136.

DOS SANTOS H. P. (2002) *Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas regiões planalto e missões do rio grande do sul: Embrapa Trigo*.

FONTANELI R. S., AMBROSI I., SANTOS H. D., IGNACZAK J. C. e ZOLDAN S. M. (2000) *Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema de plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **35**, 2129-2137.

FONTANELI R. S., FONTANELI R. S., SANTOS H. D., NASCIMENTO JUNIOR A., MINELLA E. e CAIERÃO E. (2009) *Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: Forragem verde e silagem ou grãos. Revista Brasileira de Zootecnia*, **38**, 2116-2120.

FONTANELI R. S. F. e FONTANELI R. S. (2009) *Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira*.

GEIGER D. R. e BESTMAN H. D. (1990) *Self-limitation of herbicide mobility by phytotoxic action. Weed Science*, 324-329.

HERRMANN K. M. (1995) *The shikimate pathway: Early steps in the biosynthesis of aromatic compounds. The Plant Cell*, **7**, 907.

JOBIM C. C., PEREIRA J., SANTOS G., REIS R., SIQUEIRA G. e BERTIPAGLIA L. (2005) *Sistemas de produção de leite com ênfase na utilização de volumosos conservados. Volumosos na produção de ruminantes. Jaboticabal, BR: Funep*, 61-82.

KOLCHINSKI E. e SCHUCH L. (2003) *Eficiência no uso do nitrogênio por cultivares de aveia branca de acordo com a adubação nitrogenada. Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **27**, 1033-1038.

KUNG L. e SHAVER R. (2001) *Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. Focus on Forage*, **3**, 1-5.

LEONARD K. e MARTINELLI J. (2005) *Virulence of oat crown rust in brazil and uruguay. Plant disease*, **89**, 802-808.

LIMA JÚNIOR D. M. D., RANGEL A. H. D. N., MORENO G. M. B., SILVA M. J. D. S. e RIBEIRO J. S. (2014) *Silagem de gramíneas tropicais não-graníferas. AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIARIDO*, **10**, 01-11.

LOPES S. E. e MÜHLBACH P. R. F. (1994) *Efeito de diferentes tratamentos no valor nutritivo da aveia branca (avena sativa L.) conservada nas formas de silagem ou feno. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, **23**, 518-526.

MACHADO L. A. Z. (2000) *Aveia: Forragem e cobertura do solo*. EMBRAPA Agropecuária Oeste.

MCDONALD P., HERDERSON A. R., HERON S. J. E (1991) *The biochemistry of silage*. Marlow, Bucks, UK: Chalcombe Publication.

MEINERZ G. R., OLIVO C. J., VIÉGAS J., NÖRNBERG J. L., AGNOLIN C. A., SCHEIBLER R. B., HORST T. e FONTANELI R. S. (2011) *Silagem de cereais de inverno submetidos ao manejo de duplo propósito. Revista Brasileira de Zootecnia*, **40**, 2097-2104.

MÜLLER C., HULTÉN C. e GRÖNDAHL G. (2011) *Assessment of hygienic quality of haylage fed to healthy horses. Grass and Forage Science*, **66**, 453-463.

MUNDSTOCK C. M. (1983) *Cultivo dos cereais de estacao fria: Trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste*: NBS. 265p.

ORCARAY L., ZULET A., ZABALZA A. e ROYUELA M. (2012) *Impairment of carbon metabolism induced by the herbicide glyphosate. Journal of Plant Physiology*, **169**, 27-33.

MORAES A. D., PELISSARI A., ALVES S. J., CARVALHO P. D. F. and CASSOL L. C. (2002) *Integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. Encontro de integração lavoura-pecuária no sul do Brasil*, **1**, 3-42.

NELSON D. L., e COX M. M. (2002) *Lehninger principles of biochemistry*. New York, US: Worth Publishers.

PEREIRA J. R. A. e REIS R. A. (2001) Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. *In: JOBIM C. C., CECATO U., DAMASCENO J. C., DOS SANTOS G. T. (eds) Anais do Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas, Maringá, Brasil, 2001, pp. 64-68.*

PAHLOW G., MUCK R. E., DRIEHUIS F., ELFERINK S. J. e SPOELSTRA S. F. (2003) *Microbiology of ensiling. Silage Science and Technology*. Madison, USA: American Society of Agronomy

PHILLIPS W. A., RAO S. C., DALRYMPLE, R.L. *et al.* (1996) *Annual cool-season grasses*. *In: MOSER L.E., BUXTON D.R., CASLER, M.D. (eds) Cool-season forage grasses, Madison, United States of America, 1996. pp.781-802.*

ROOKE J. A. e HATFIELD R. D. (2003) *Biochemistry of ensiling. Silage science and technology*, 95-139.

SILVA S. L. (2014) *Ensilagem de Aveia Preta: Estabilidade aeróbia, perdas de nutrientes e potencial poluidor do efluente*. Universidade Estadual de Maringa (UEM).

TAIZ L. e ZEIGER E. (2006) *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre, BR: Artmed

YAMADA T. and CASTRO P. D. C. (2007) *Efeitos do glifosato nas plantas: Implicações fisiológicas e agronômicas*. *Informações Agronômicas*, 1-32.

USDA (2012) *Grain: World markets and trade*. *Foreign Agricultural Service Circular FG 03-12 March 2012*.

WILKINSON J., BOLSEN K. and LIN C. (2003) *History of silage*. *Silage Science and Technology*, 1-30.

YANNICARI M., TAMBUSI E., ISTILART C. and CASTRO A. M. (2012) *Glyphosate effects on gas exchange and chlorophyll fluorescence responses of two *loium perenne l.* Biotypes with differential herbicide sensitivity*. *Plant Physiology and Biochemistry*, **57**, 210-217.

ZOBIOLE L. H. S. (2010) *Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **97**, 182-193.

## II - OBJETIVOS GERAIS

Avaliar o efeito do emurchecimento da forragem de aveia branca (*Avena sativa* L. cv. Corona) com uso de glifosato sobre a qualidade nutricional, perdas durante o armazenamento, perfil fermentativo e estabilidade aeróbia nas silagens resultantes.

Avaliar o efeito do emurchecimento da forragem de aveia preta (*Avena stibosa* cv. Agrocoxilha) com uso de glifosato sobre a qualidade nutricional, perdas durante o armazenamento, perfil fermentativo e estabilidade aeróbia nas silagens resultantes.

#### **IV - Silagem de Aveia Branca (*Avena sativa* L. cv. Corona.) emurcheada com uso de glifosato.**

*White Oat silage (Avena sativa L. cv. Corona.) wilted with glyphosate.*

##### **RESUMO**

Avaliou-se o uso do glifosato como dessecante durante a produção de silagem de aveia branca (*Avena sativa* L. cv. Corona) e os possíveis efeitos sobre a qualidade final do volumoso. As dosagens de glifosato avaliadas foram 0, 500, 750, 1000 e 1250 mL/ha. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado e os procedimentos estatísticos para todas as análises dos dados foram realizados por meio de Inferência Bayesiana. O uso do dessecante foi capaz de elevar os teores médios de matéria seca das silagens resultantes dos tratamentos 500, 750 e 1000 ml/ha. O uso do glifosato na dose 864,2 ml/ha resultaria em um índice de recuperação de matéria seca de 93,44%. O menor teor de fibra em detergente neutro (642,8 g/kg de matéria seca) seria obtido caso a pré-secagem fosse feita utilizando uma dosagem de 1.141,32 ml/ha. A dessecagem foi capaz de reduzir linearmente a concentração de hemicelulose (0,05 g/kg de matéria seca para cada 1 ml de glifosato), assim como os valores de pH (0,01 pontos para cada 1 ml de glifosato). Houve efeito linear positivo para concentração de proteína bruta. Com relação à estabilidade aeróbia, foi observado efeito pontual da dosagem 750/ml ha, onde levaram mais tempo que as demais (74 horas) para que a estabilidade fosse quebrada, sendo que os efeitos observados apresentaram comportamento quadrático. O ponto de mínima concentração de ácido butírico (0,34 % da matéria seca) seria observado caso o glifosato fosse aplicado na dose de 900,8 ml/ha. Já para o butanediol (0,73 % da matéria seca) e ácido fórmico (0,18% da matéria seca) haveria elevação dos teores destes metabólitos quando o produto fosse utilizado nas doses de 861,7 e 874,3 ml/ha, respectivamente. Quando usado na dose de 916,51 ml/ha, o glifosato elevaria a concentração de amônia em relação ao nitrogênio total para 5%.

Palavras-chave: glifosato, perdas de matéria seca, fibra em detergente neutro, nitrogênio amoniacal.

## ABSTRACT

This experiment aimed to evaluate the effect of wilting White Oat (*Avena sativa* L. cv. Corona) using glyphosate (N-fosfometilglicine) on the nutritional quality, fermentation characteristics, aerobic stability and dry matter recovery of the resulting silage. The dosages used were 0 (control), 500, 750, 1000 and 1250 mL/ha with 4 replicates per treatment in a completely randomized design. Statistical procedures for data analyzes were performed by Bayesian Inference. The wilting raised the average dry matter of the resulting silage treatments 500, 750 and 1000 ml/ha. The use of glyphosate at dose 864.2 ml/ha would result in a recovery rate of dry matter of 93.44%. The lower fiber content in neutral detergent (642.8 g / kg dry matter) would be obtained if the wilting was performed using a dosage of 1141.32 ml/ha. The wilting was able to reduce the concentration of hemicellulose (0.05 g / kg of dry matter per 1 ml of glyphosate) and the pH (0.01 points for each 1 ml of glyphosate). There was a positive linear effect for crude protein concentration. Regarding the aerobic stability an off effect was observed of dosage 750 ml/ha, which took longer than the others (74 hours) so that the stability was broken, and the observed effects presented quadratic behavior. The point of minimum concentration of butyric acid (0.34% dry matter) would be observed if the glyphosate was applied at the rate of 900.8 ml/ha. As for the butanediol (0.73% DM) and formic acid (0.18% dry matter) would increase the levels of these metabolites when the product was used in doses of 861.7 and 874.3 ml/ha, respectively. When used in a dose of 916.51 ml/ha glyphosate raise the concentration of ammonia to total nitrogen up to 5%.

Keywords: glyphosate, dry matter losses, neutral detergent fiber, ammonia nitrogen.

## INTRODUÇÃO

Os cereais de inverno são produzidos no mundo todo, ocupando cerca de 35% das terras cultivadas (Phillips *et al.*, 1996). Estes têm por finalidade fornecer alimento para humanos, porém podem ser destinados à produção animal, seja na forma de grãos, como suplementação energética, ou na forma de forragem (Bumbieris Jr *et al.*, 2011).

Um dos principais cereais cultivados no mundo é a aveia (*Avena* spp), juntamente com outros cereais como milho, trigo e cevada. São inúmeras as espécies desta forrageira, porém no Brasil são cultivadas apenas as aveias branca (*Avena sativa* L.) e a preta (*Avena strigosa* Schreb) (Machado, 2000; Bumbieris Jr. *et al.*, 2011). Neste contexto, a aveia branca possui destaque, uma vez que esta cultura apresenta elevada produção de massa de forragem, com grande participação de folhas e grãos em sua composição, o que a torna de interesse para a prática da ensilagem (Machado, 2000; Bumbieris Jr. *et al.*, 2011; Castro *et al.*, 2012)

Para confecção da silagem, a colheita pode ser feita nos estádios que podem variar do grão leitoso ao farináceo mole, dependendo da finalidade desejada. Porém, caso a forragem apresente quantidade de umidade elevada, é necessário que ocorra a pré-secagem do material no campo, evitando a produção de efluentes (Berto e Mühlbach, 1997; Bumbieres Jr *et al.*, 2011; Fontaneli e Fontaneli, 2009; Lopes e Mühlbach, 1994). Além disso, a pré-secagem, tem como finalidade reduzir a extensão da fermentação durante o processo de conservação de forragens na ensilagem e restringir o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis.

Porém, esta técnica demanda mão-de-obra qualificada e maquinário adequado, uma vez que mais processos são executados em relação à ensilagem tradicional. Além do corte e recolhimento da forrageira, é necessário que a massa de forragem seja virada e enleirada para que a secagem ocorra de forma uniforme e eficiente, o que pode acabar elevando os custos devido aos manejos adicionais. Sendo assim, tem-se buscado formas para se reduzir os gastos e acelerar o processo.

A pré-secagem com auxílio de dessecantes é uma técnica utilizada por muitos produtores e se mostra promissora. Segundo Pereira e Reis (2001), as vantagens desta técnica seriam a taxa de secagem acelerada da forragem, menores riscos de perdas por lixiviação, em caso de chuvas, e a forragem pode ser cortada e recolhida diretamente, dispensando assim grande parte dos processamentos mecânicos (viragem e

enleiramento). Porém, os estudos avaliando esta técnica são limitados, sendo necessários mais trabalhos para que se conheçam melhor os potenciais desta tecnologia.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do uso de dessecante químico, em diferentes dosagens, para a confecção de silagem de aveia branca e possíveis alterações causadas por este método sobre a qualidade nutricional, perfil fermentativo e estabilidade aeróbia das silagens.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi, da Universidade Estadual de Maringá, situada na região Noroeste do Paraná (23°21'13''S - 52°04'27''O; 550 m de altitude). O clima é classificado como Cfa (subtropical úmido), conforme critérios definidos por W. Köppen.

A cultura foi implantada em latossolo vermelho distroférico textura arenosa (Embrapa, 2006). A adubação utilizada no preparo do solo foi o equivalente a 180 kg/ha da fórmula 12-17-17 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O), seguindo recomendação de Rolas (2004).

O plantio ocorreu (15/05/2013) em uma área total de 0,2 ha (28 m de largura e 73 m de comprimento). A densidade de semeadura foi equivalente a 100 kg de sementes/ha. A adubação nitrogenada foi realizada (06/06/2013) em uma única aplicação de 112 kg de N/ha, tendo como fonte a ureia, com auxílio de trator equipado com adubadeira modelo Vicon. As condições climáticas se encontraram dentro da faixa aceitável para as culturas de aveia (Carvalho *et al.*, 2010; Castro *et al.*, 2012), conforme apresentado a seguir (Figura1)

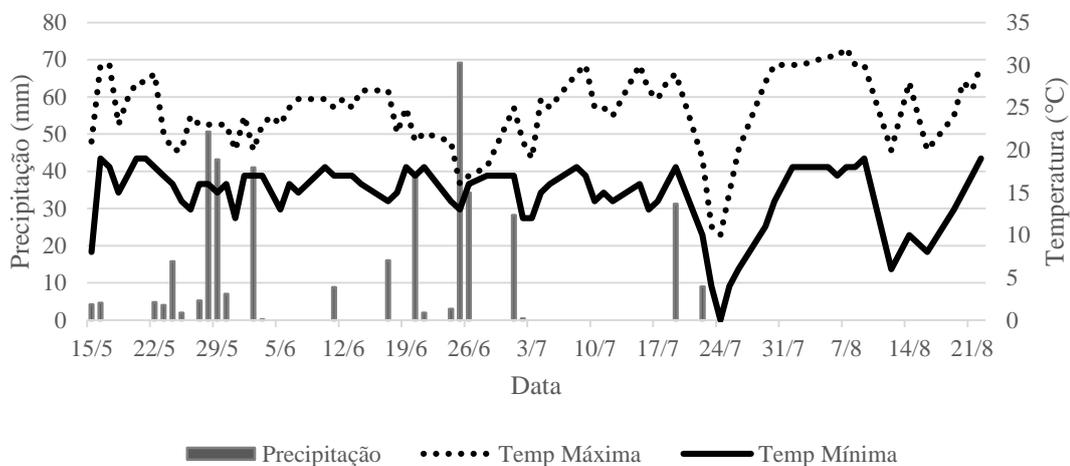


Figura 1 Temperatura mínima, máxima e precipitação durante o período experimental no campo.

Para as avaliações agronômicas, foram coletadas cinco amostras (quadrado de 0,25 m<sup>2</sup>) aleatórias e representativas da área para a cultura. Após a coleta, a forragem foi pesada para mensuração da produção total de matéria verde (MV), sendo tomada uma amostra (1,0 kg) para separação morfológica das frações folha, colmo, grãos e material senescente (Tabela 1). Após separadas e pesadas, as amostras foram levadas à estufa a 55°C, para secagem e determinação da matéria seca ao ar (MS), segundo metodologia descrita por Detmann *et al.* (2012). O valor do peso seco das folhas e dos colmos foi utilizado para cálculo da razão folha/colmo.

Tabela 1 Caracterização morfológica e produção total e razão folha/colmo da forragem de aveia branca no momento da ensilagem.

| Variável                    | Composição Morfológica |              |
|-----------------------------|------------------------|--------------|
|                             | Matéria Verde          | Matéria Seca |
| Folha (kg/ha)               | 2.719                  | 616          |
| Colmo (kg/ha)               | 5.843                  | 1.803        |
| Grãos (kg/ha)               | 2.449                  | 813          |
| Material Senescente (kg/ha) | 606                    | 141          |
| Produção total (kg/ha)      | 11.619                 | 3.374        |
| Razão Folha/Colmo           | 46,54                  | 34,18        |

No momento em que a forragem atingiu o estágio fenológico de grão leitoso/pastoso (19/08/2013), a área total foi subdividida em 5 faixas de 360 m<sup>2</sup> (5 m de largura e 70 m de comprimento) para implantação dos tratamentos. Foi realizada a aplicação das diferentes dosagens do produto *Roundup Transorb*®, com o auxílio de pulverizador costal, sendo que as dosagens utilizadas foram: 0 (controle), 500, 750, 1000 e 1250 mL/ha.

Após a aplicação do dessecante, foi avaliado diariamente o teor de MS das plantas segundo metodologia de Lacerda *et al.* (2009), com o intuito de colher a forragem com valor de MS adequado para ensilagem, o qual se situa na faixa dos 30 a 35%. Três dias após a aplicação do glifosato (22/08/13), as plantas em todas as dosagens apresentaram teor de MS dentro da faixa recomendada. Assim sendo, por motivos de logística, as forragens em todos os tratamentos foram colhidas e ensiladas no mesmo dia.

Assim como para o tratamento controle, para todos os outros tratamentos foram coletadas amostras para caracterização bromatológica da forragem. A cultura foi colhida

com uso de ensiladeira marca Menta, modelo Premium Flex. Após o corte, a forragem foi inoculada com aditivo bacteriano (Master tropical – Katec Lallemand), com níveis de garantia na ordem de  $2,0 \times 10^8$  ufc/g de *Lactobacillus plantarum* MA 18/5u e de  $0,5 \times 10^9$  ufc/g de *Pediococcus acidilactici* MA 18/5m, com aplicação na dosagem recomendada pelo fabricante.

A forragem foi armazenada em silos experimentais do tipo tubo de PVC (4 silos por tratamento), com volume de  $0,015 \text{ m}^3$ , os quais acondicionaram cerca de 10 kg de forragem. O processo de compactação foi feito manualmente e os silos foram vedados com lona dupla face e fita adesiva, sendo que ao fim do processo estes foram pesados para posterior determinação do índice de recuperação de matéria seca (IRMS), segundo Jobim *et al.* (2007). No momento da ensilagem, foi coletada uma amostra (400 g) em cada tratamento para determinação da composição bromatológica no momento da ensilagem (Tabela 2).

Tabela 2 Caracterização da composição química da aveia branca na ensilagem (base g/kg de MS).

| Variável      | Dosagem de Glifosato (mL/ha) |       |       |       |       |
|---------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|               | 0                            | 500   | 750   | 1000  | 1250  |
| MS g/kg de MN | 290,4                        | 366,7 | 331,2 | 305,1 | 316   |
| MM            | 43,6                         | 48    | 50,3  | 51    | 52,6  |
| MO            | 956,4                        | 952   | 947   | 949   | 947,6 |
| FDN           | 668,4                        | 659,8 | 679,7 | 659,7 | 671,3 |
| FDA           | 366,9                        | 362   | 374,3 | 347,4 | 358,9 |
| LIG           | 31,3                         | 42,3  | 36,5  | 30,9  | 35,8  |
| HEM           | 301,5                        | 297,8 | 305,4 | 312,3 | 312,4 |
| CEL           | 335,6                        | 319,7 | 337,8 | 316,5 | 323,1 |
| PB            | 92,2                         | 74,9  | 93,7  | 102,1 | 113,4 |

MN – Matéria Natural

### Análises Químicas

As amostras da forragem verde foram submetidas às seguintes determinações: fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest *et al.* (1991); matéria seca e matéria mineral (MM), segundo Detmann *et al.* (2012). A lignina (LIG) foi determinada pelo método LDA (lignina em detergente

ácido), com uso de solução de ácido sulfúrico a 72%, após a determinação da FDA, conforme Detmann *et al.* (2012). A hemicelulose foi calculada pela diferença das frações FDN e FDA ( $HEM = FDN - FDA$ ), assim como a celulose foi determinada pela subtração da lignina da fração FDA ( $CEL = FDA - LIG$ ). A determinação da proteína bruta (PB) foi realizada, segundo AOAC (1998). Além disso, foram coletas amostras para mensuração do pH, segundo Cherney e Cherney (2003).

Os silos permaneceram fechados e alocados em local coberto até que fossem avaliados novamente (27/01/14). Antes de sua abertura, estes foram pesados para fins de cálculo do IRMS, como descrito anteriormente. Após a abertura, foi mensurada a temperatura da silagem em cada silo experimental, com uso de termômetro modelo *Gulterm 1001* digital. Além disso, foram coletas amostras específicas para mensuração do pH, segundo Cherney e Cherney (2003). Para extração do suco da forragem, foi utilizando prensa hidráulica de 8 toneladas de pressão, com intuito de mensurar a concentração de nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3/N_{total}$ ) determinada segundo Bolsen *et al.* (1992).

Nas silagens, foram avaliadas as variáveis MS, MM, FDN, FDA, LIG, HEM, CEL, como descrito anteriormente, além do nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). Os valores de NIDN e NIDA foram obtidos analisando-se o nitrogênio, como descrito, dos resíduos das amostras após realização das análises de FDN e FDA. Para determinação da matéria orgânica (MO), foi utilizada a fórmula  $MO = 100 - MM$

### **Ensaio de estabilidade Aeróbia**

As avaliações da estabilidade aeróbia (EA), com medidas de temperatura, pH e perda de MO, tiveram início 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). O período experimental teve duração de 74 horas (em torno de 4 dias após abertura dos silos).

Os silos foram acondicionados em sala com controle de temperatura (Câmara climática), a qual foi ajustada para permanecer durante todo o período em 25°C. Para determinar a EA das silagens, foi realizada a leitura da temperatura das silagens diretamente nos silos, utilizando um termômetro de haste longa modelo *Gulterm 1001* digital inserido no centro da massa da forragem. As medições de temperatura foram realizadas às 8 h e às 14 h e a leitura do pH foi feita às 15 h, com o peagâmetro digital,

de acordo com Cherney e Cherney (2003). A cada dia, foram retiradas 25g de amostra, para posterior determinação do teor de MS e MM. Os silos foram pesados diariamente (antes e após as coletas para determinação do pH, MS e MM) para avaliação de perdas totais.

Com a mensuração destes parâmetros, foi possível determinar a estabilidade aeróbia (tempo em horas para quebra), temperatura máxima, soma das temperaturas, média das temperaturas, pH máximo e tempo em horas para o pH máximo, assim como a média do pH durante o período de aeração. As perdas de MO foram estimadas pela equação proposta por Paredes *et al.* (2000) onde:

$$\text{PMO (\%)} = 100 - \{100 [X_1 (100 - X_2)] / [X_2(100 - X_1)]\}$$

No presente estudo, o  $X_1$  refere-se ao teor de MM no dia da abertura dos silos e o  $X_2$  o teor de MM ao final do ensaio de estabilidade aeróbia.

### Perfil Fermentativo

A determinação do perfil fermentativo foi feita através da análise do extrato aquoso das silagens. Para confecção do extrato aquoso, foram pesadas 25g de amostra de silagem, adicionando-se 225 mL de água destilada e homogeneizando em liquidificador por um minuto. Feito isso, foi determinado o pH dos extratos após 30 minutos de descanso, com auxílio de peagâmetro digital. Foram pipetados então 2 mL do sobrenadante e armazenados em tubos do tipo *eppendorf*, os quais foram congelados para análises.

A concentração de ácido láctico foi determinada por método colorimétrico (Pryce, 1969), onde as leituras das amostras foram realizadas em espectrofotômetro MARCONI® *Janway* 6305, com  $\lambda=565$  nm. Os teores de alcoóis, ésteres e ácidos graxos voláteis foram determinados em cromatógrafo gasoso com detector de massas (GCMS) (GCMS QP 2010 *plus*, Shimadzu®, Kyoto, Japan), usando coluna capilar (*Stabilwax*, Restek®, Bellefonte, USA; 60 m, 0,25 mmø, 0,25  $\mu\text{m}$  *crossbond carbowax polyethyleneglycol*) e parâmetros analíticos conforme as recomendações do fabricante.

### Análise Estatística

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, avaliando-se 4 dosagens, com 4 repetições por dose do dessecante avaliada, resultando em 20 silos ao todo. O modelo matemático utilizado para a análise de variância foi:

$$Y_{ij} = \mu + D_i + e_{ij}, \text{ onde:}$$

$i = 1 \dots i$  ( doses );

$j = 1 \dots j$  ( repetições );

$Y_{ij}$  = observação do  $i$ -ésimo tratamento na  $j$ -ésima repetição;

$\mu$  = média dos tratamentos;

$D_i$  = efeito da dose  $i$ ;

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

Os procedimentos estatísticos para todas as análises dos dados foram realizados por meio de Inferência Bayesiana, descrita em Rossi (2011). Foi considerado que a resposta do grupo testemunha/controle ( $y_{ci}$ ) segue distribuição de normal, isto é,  $y_{ci} \sim N(\mu_c, \sigma_{ce}^2)$ . Para os níveis de tratamento efetivos, foram considerados modelos de regressões tais que  $y_i \sim N(f(\beta, x_i), \sigma_e^2)$ , respectivamente, quadrática e linear, sendo  $y_i = f(\beta, x_i) = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \varepsilon_i$  [1] e  $y_i = f(\beta, x_i) = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i$  [2],  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $x = \text{nível tratamento} = 500, 750, 1.000 \text{ e } 1.250 \text{ mL}$  de dessecante químico por hectare, assumindo  $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma_e^2)$ . Foi considerado que o vetor de parâmetros de regressão nos modelos (1 e 2),  $\beta_p$ , é não correlacionado. Distribuições *a priori* não-informativas foram consideradas para todos os parâmetros dos modelos, isto é, para testemunha/controle e tratamento efetivo, respectivamente  $\mu_c | \sigma_{ce}^2 \sim N(0, 10^{-6})$  e  $\tau_{ce} \sim \text{Gama}(10^{-3}, 10^{-3})$ ;  $\beta_p | \sigma_e^2 \sim N(0, 10^{-6})$  e  $\tau_e \sim \text{Gama}(10^{-3}, 10^{-3})$ , com  $\sigma_e^2 = \tau_e^{-1}$  (parametrização OpenBUGS).

Para a testemunha/controle, utilizou-se como estimativa inicial a média dos dados do grupo e, para os coeficientes de regressão do tratamento efetivo, estimativas de máxima verossimilhança frequentistas, e o valor ‘um’ para  $\tau$ , considerando ambos os grupos.

Obtidas as distribuições *a posteriori* das médias dos parâmetros de interesse, foram calculadas as coordenadas do ponto crítico de  $f(\beta, x)$ , respectivamente,  $x_{cr}$  e  $y_{cr}$ , obtidos por  $\left( -\frac{\beta_1}{2\beta_2}, -\frac{\beta_1^2 - 4\beta_2\beta_0}{2\beta_2} \right)$  [3], o que possibilitou proceder a sua comparação com média *a posteriori* do nível testemunha/controle, isto é,  $\Delta = y_{cr} - \mu_c$  (Souza, 2014). Foi considerado como diferentes, em nível de 5% de significância, se o intervalo de credibilidade de  $\Delta$  não contempla o valor zero.

Foi utilizado o Critério de Informação da *Deviance* (DIC) para a escolha entre o modelo quadrático e linear. O DIC pode ser utilizado tanto para a comparação, quanto para seleção de (co)variáveis em modelos. Modelos com menores valores de DIC são sugestivos. Spiegelhalter *et al.* (2002) sugerem utilizar o seguinte critério para o módulo da diferença entre os valores de DIC de dois modelos, (1) e (2) analisados:

$D = |\text{DIC}_1 - \text{DIC}_2|$ , assim, se  $D < 5$ , conclui-se que a diferença é não significativa, se  $5 \leq D \leq 10$ , conclui-se que a diferença é significativa, e se  $D > 10$ , conclui-se que a diferença é altamente significativa.

Nos casos de não significância do modelo quadrático (1), foi considerado que a resposta ( $y_{ij}$ ) segue distribuição de normal, isto é,  $y_{ij} \sim N(\mu_j, \sigma_{je}^2)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n_j$  para os  $j$ -ésimos níveis de tratamento. A transformação logarítmica foi aplicada às respostas dos dados que apresentaram alta variabilidade. Para cada  $\mu_j$  e  $\sigma_j^2$  foram consideradas *a priori* distribuições não-informativas, respectivamente,  $\mu_j | \sigma_e^2 \sim N(0, 10^{-6})$  e  $\tau_j \sim \text{Gama}(10^{-3}, 10^{-3})$ .

Foram realizadas comparações múltiplas entre as distribuições *a posteriori* das médias dos diferentes tratamentos versus controle. Consideraram-se como diferentes, em nível de 5% de significância, os níveis de tratamento cujos intervalos de credibilidade para as diferenças médias não contemplam o valor zero. Foram utilizadas como valores iniciais para cada  $\mu_j$ , respectivamente, a média amostral do  $j$ -ésimo tratamento.

A obtenção das distribuições marginais *a posteriori*, para todos os parâmetros envolvidos nos procedimentos descritos, foi por meio do pacote *BRugs* do programa *R* (R Development Core Team, 2014). Foram gerados 5.500.000 de valores em um processo MCMC (*Monte Carlo Markov Chain*), e, considerando um período de descarte amostral de 500.000 valores iniciais, assim a amostra final, retirada em saltos de tamanho igual a 50, contém 100.000 valores gerados. A convergência das cadeias foi verificada por meio dos critérios de Heidelberger e Welch (1983) e de Geweke (1991), no pacote *coda* do *R*.

## RESULTADOS

Não foi observado qualquer resultado significativo ( $p>0,05$ ) para as variáveis MO e NIDA, tanto para os resultados médios apresentados, assim como para as respectivas equações de regressão (Tabela 3). Para as variáveis MS, HEM, PB e pH os resultados apresentaram comportamento linear. É possível notar, com relação às médias, que as dosagens 500, 750 e 1000 mL/ha foram eficazes em reduzir o teor de umidade da forragem comparados ao controle.

Com relação ao IRMS, quando observadas somente as médias apresentadas, a silagem que foi tratada com 750 mL/ha foi a única que apresentou resultado significativo em comparação ao controle (92,58% para o tratamento contra 81,11% do controle). Porém, a equação que descreve o comportamento apresentado para esta variável foi significativa ( $p>0,05$ ) na forma de regressão quadrática, mostrando que com uso do produto na dose de 864,2 mL/ha teríamos IRMS máximo de 93,44%.

Foi encontrado efeito quadrático para a variável FDN, onde o ponto de mínima concentração seria para a dose de 1.141,32 mL/ha, o qual apresentou resultado médio de 642,8 g/kg de MS, valor estatisticamente significativo ( $p>0,05$ ) e inferior ao controle.

É possível notar que a forragem quando tratada nas doses de 500 e 1000 mL/ha apresentou teores médios de FDA significativamente elevados, sendo esse efeito também observado para a LIG. Com relação à HEM, nota-se que houve redução significativa (259 g/kg contra 309,5 g/kg de MS para o controle) deste componente de parede celular para silagem resultante do tratamento 1000 mL/ha. Houve incremento no teor de CEL somente para a silagem resultante da aplicação do dessecante na dose de 500 mL/ha.

Ainda com relação à parede celular, foi observado também efeito quadrático para a variável NIDN. Estima-se que a aplicação do dessecante na dosagem de 829,14 mL/ha acarretaria redução na quantidade de nitrogênio ligado à parede celular, com teores na ordem de 2,3 g/kg na MS. Quando analisada a equação resultante para PB variável, é possível notar que esta possui inclinação ascendente, levando à conclusão de que a aplicação do glifosato poderia elevar o conteúdo de PB.

O pH tem relação direta com o conteúdo de MS da forragem. Desta forma, é possível observar que as silagens que apresentaram MS mais elevadas tiveram também valores médios de pH mais altos, quando comparados ao controle. Porém, observando a equação que descreve o comportamento apresentado pelo pH, nota-se que a inclinação

da reta é descendente, o que leva à conclusão de que com aumento das dosagens do glifosato haveria redução mais acentuada nos valores de pH.

Não houve efeito estatístico ( $p > 0,05$ ) para regressão das variáveis referentes à estabilidade aeróbia neste ensaio. No entanto, avaliando-se as médias observa-se que na dosagem de 750 mL/ha houve aumento na estabilidade da silagem, com redução na temperatura máxima, soma de temperaturas e média de temperatura, quando comparados ao controle.

Nota-se, para os ácidos láctico e acético, que as equações de regressão não foram efetivas para descrever o comportamento da produção destes (Tabela 5). Já analisando isoladamente as médias apresentadas, houve diferença ( $p > 0,05$ ) em relação ao controle somente para o ácido acético, nas dosagens 500 e 1250 mL/ha. Porém, para o ácido butírico, foi observado efeito quadrático, sendo que a aplicação do glifosato na dose de 900,80 mL/ha faria com que a concentração de butirato fosse de 0,34%, valor inferior ao controle

A aplicação do glifosato foi capaz de alterar a concentração de outros metabólitos secundários encontrados em silagens. Analisando separadamente as médias, para a variável butanediol observa-se que para as doses 500 e 750 mL/ha houve efeito significativo, resultando nas concentrações de 0,36% e 0,75% respectivamente, contra 0,57% observado na silagem controle.

Para os ácidos propiônico e fórmico, não foram observadas diferenças estatísticas entre as médias nas silagens que receberam o produto químico e o controle. Porém, nota-se que houve efeito quadrático para as equações que explicam o comportamento destas variáveis. No caso do ácido propiônico, o ponto de máxima concentração (0,6%) seria observado caso o produto fosse aplicado na dose de 871,12 mL/ha, porém não houve diferença estatística entre este e a não aplicação do glifosato. Já para o ácido fórmico, a utilização do dessecante na ordem de 874,30 mL/ha causaria elevação na concentração deste metabólito, chegando a 0,18%.

Foi observado efeito quadrático para a equação de regressão para o ácido isobutírico, apesar de o ponto de máxima concentração não diferir estatisticamente do controle, caso o glifosato fosse usado na dose de 845,71 mL/ha o teor de ácido isobutírico seria de 281,30 mg/kg.

Com relação à lactatoetila, o ponto de máxima concentração observado, segundo a equação gerada, seria de 146,60 mg/kg para a dose de 808,55 mL/ha. Já para o butanol a dose de 888,50 mL/ha causaria a redução da concentração deste metabólito, chegando

a 24,30 mg/kg, contra os 59,28 mg/kg apresentados na silagem controle. Nota-se, por meio dos valores médios obtidos, que o maior valor encontrado para N-NH<sub>3</sub> foi na silagem tratada com 750 mL/ha (4,99%). Quando analisada a equação, verifica-se que houve efeito quadrático, onde o valor de máxima concentração de N-NH<sub>3</sub>(5%) foi significativo ( $p>0,05$ ) e superior ao registrado na silagem controle (3,80%).

Tabela 3 Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão e equação de regressão) da composição química (base g/kg de MS), pH e perdas das silagens de aveia branca.

| Variável        |              | Dosagem de Glifosato (mL/ha) |        |        |        |       | Equação de Regressão |        |          | $^1x_{cr}$ | $^1y_{cr}$ | $^2D$ |
|-----------------|--------------|------------------------------|--------|--------|--------|-------|----------------------|--------|----------|------------|------------|-------|
|                 |              | 0                            | 500    | 750    | 1000   | 1250  | $b0$                 | $b1 X$ | $b2 X^2$ |            |            |       |
| <b>MS g/kg</b>  | <i>Média</i> | 270,7                        | 328,1* | 326*   | 301,3* | 279,5 | 36,83                | -0,07  |          |            |            |       |
|                 | <i>dp</i>    | 0,71                         | 0,33   | 0,48   | 0,58   | 0,93  | 0,81                 | 0,001  |          |            |            |       |
| <b>IRMS (%)</b> | <i>Média</i> | 81,11                        | 82,40  | 92,58* | 91,48  | 81,27 | 31,41                | 0,144  | -0,0001  | 864,20     | 93,44*     | 11,4  |
|                 | <i>dp</i>    | 3,17                         | 3,49   | 3,80   | 5,27   | 4,03  | 14,65                | 0,036  | 0,0001   |            | 2,12       |       |
| <b>pH</b>       | <i>Média</i> | 3,81                         | 3,93*  | 3,93*  | 3,87   | 3,83  | 4,02                 | -0,01  |          |            |            |       |
|                 | <i>dp</i>    | 0,04                         | 0,04   | 0,03   | 0,03   | 0,06  | 0,04                 | 0,001  |          |            |            |       |
| <b>MO</b>       | <i>Média</i> | 945                          | 948,4  | 948,6  | 847,9  | 941,9 | 953,7                | -0,01  |          |            |            |       |
|                 | <i>dp</i>    | 0,4                          | 0,22   | 0,1    | 0,28   | 0,23  | 0,26                 | 0,001  |          |            |            | ns    |
| <b>FDN</b>      | <i>Média</i> | 665,3                        | 690,3  | 663,6  | 637,6  | 645,8 | 809,5                | -0,3   | 0,001    | 1.141,32   | 642,8*     | 12,2  |
|                 | <i>dp</i>    | 1,46                         | 0,19   | 0,65   | 0,95   | 0,13  | 2,41                 | 0,006  | 0,0001   |            | 0,33       |       |
| <b>HEM</b>      | <i>Média</i> | 309,5                        | 305,9  | 295,4  | 259*   | 274,2 | 329,5                | -0,05  |          |            |            |       |
|                 | <i>dp</i>    | 1,21                         | 0,94   | 0,95   | 1,05   | 1,81  | 1,6                  | 0,002  |          |            |            |       |
| <b>FDA</b>      | <i>Média</i> | 355,8                        | 384,5* | 368,1  | 378,5* | 370,9 | 385,9                | -0,001 |          |            |            |       |
|                 | <i>dp</i>    | 0,83                         | 1,12   | 0,96   | 0,73   | 1,89  | 1,33                 | 0,001  |          |            |            | ns    |
| <b>CEL</b>      | <i>Média</i> | 318,2                        | 342,1* | 328,2  | 337,9  | 333,9 | 340,6                | -0,01  |          |            |            |       |
|                 | <i>dp</i>    | 0,93                         | 0,71   | 0,94   | 0,83   | 1,88  | 1,24                 | 0,001  |          |            |            | ns    |
| <b>LIG</b>      | <i>Média</i> | 35,1                         | 42,3*  | 39,9   | 40,6*  | 36,9  | 45,3                 | -0,01  |          |            |            |       |
|                 | <i>dp</i>    | 0,16                         | 0,45   | 0,31   | 0,12   | 0,26  | 0,32                 | 0,001  |          |            |            | ns    |
| <b>PB</b>       | <i>Média</i> | 103,8                        | 86,2   | 106,1  | 102,3  | 117,3 | 71,7                 | 0,04   |          |            |            |       |
|                 | <i>dp</i>    | 0,4                          | 0,43   | 0,44   | 0,27   | 0,58  | 0,64                 | 0,001  |          |            |            |       |
| <b>NIDN</b>     | <i>Média</i> | 2,4                          | 2,8    | 2,3    | 2,6    | 3     | 5                    | -0,01  | 0,001    | 829,14     | 2,3        | 15,3  |
|                 | <i>dp</i>    | 0,02                         | 0,02   | 0,02   | 0,03   | 0,03  | 0,07                 | 0,001  | 0,0001   |            | 0,01       |       |
| <b>NIDA</b>     | <i>Média</i> | 2,3                          | 2,9    | 2,7    | 2,3    | 2,7   | 3                    | -0,01  |          |            |            |       |
|                 | <i>dp</i>    | 0,03                         | 0,03   | 0,03   | 0,04   | 0,03  | 0,03                 | 0,001  |          |            |            | ns    |

\*Diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre tratamento e controle, por meio de contraste bayesiano; *dp* – Desvio Padrão;  $^1$ Coordenadas do ponto crítico da regressão quadrática;  $^2$  Diferença entre Critério de Informação da *Deviance* 1 e 2; ns – Sem efeito significativo para equação de regressão.

Tabela 4 Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão e equação de regressão) da estabilidade aeróbia das silagens de aveia branca.

| Variável             |              | Dosagem de Glifosato (mL/ha) |        |         |        |        | Equação de Regressão |        |                   | <sup>1</sup> X <sub>cr</sub> | <sup>1</sup> y <sub>cr</sub> | <sup>2</sup> D |
|----------------------|--------------|------------------------------|--------|---------|--------|--------|----------------------|--------|-------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|
|                      |              | 0                            | 500    | 750     | 1000   | 1250   | b0                   | b1 X   | b2 X <sup>2</sup> |                              |                              |                |
| PMO (%)              | <i>Média</i> | 7,74                         | 10,01  | 9,79    | 10,48  | 3,59   | 14,97                | -0,007 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 4,23                         | 3,99   | 4,08    | 3,23   | 2,34   | 3,96                 | 0,004  |                   |                              | ns                           |                |
| Estabilidade (horas) | <i>Média</i> | 25,24                        | 44,26  | 74,00*  | 42,78  | 71,41* | 40,30                | 0,020  |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 12,69                        | 13,31  | 0,02    | 28,70  | 4,41   | 20,63                | 0,023  |                   |                              | ns                           |                |
| Temp Max             | <i>Média</i> | 36,92                        | 31,90  | 28,14*  | 31,05  | 30,49  | 30,76                | -0,001 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 1,66                         | 2,92   | 2,61    | 3,86   | 4,01   | 3,59                 | 0,004  |                   |                              | ns                           |                |
| Soma Temp            | <i>Média</i> | 280,2                        | 254,70 | 234,00* | 247,10 | 241,30 | 253,15               | -0,010 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 2,51                         | 16,89  | 20,34   | 23,54  | 27,66  | 22,90                | 0,025  |                   |                              | ns                           |                |
| Media Temp           | <i>Média</i> | 31,13                        | 28,31  | 26,01*  | 27,48  | 26,83  | 28,14                | -0,001 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 0,28                         | 1,88   | 2,26    | 2,63   | 3,08   | 2,56                 | 0,003  |                   |                              | ns                           |                |
| pH máximo            | <i>Média</i> | 8,22                         | 8,15   | 5,59    | 6,61   | 6,52   | 8,03                 | -0,002 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 0,96                         | 0,66   | 1,73    | 2,17   | 2,02   | 1,88                 | 0,002  |                   |                              | ns                           |                |
| pH máximo (horas)    | <i>Média</i> | 71,50                        | 74,00  | 74,00   | 6,57   | 6,55   | 81,34                | -0,013 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 4,12                         | 0,02   | 0,02    | 13,29  | 14,54  | 9,75                 | 0,011  |                   |                              | ns                           |                |
| Media pH             | <i>Média</i> | 5,93                         | 5,24   | 4,53    | 5,18   | 4,81   | 5,17                 | -0,001 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 0,59                         | 0,39   | 0,68    | 1,17   | 0,73   | 253,15               | -0,010 |                   |                              | ns                           |                |

\* Diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre tratamento e controle, por meio de contraste bayesiano; *dp* – Desvio Padrão; <sup>1</sup>Coordenadas do ponto crítico da regressão quadrática; <sup>2</sup> Diferenças entre Critério de Informação da *Deviance* 1 e 2 ( $X_{cr}$  em mL/ha); ns – Sem efeito significativo para equação de regressão. PMO – Perdas de Matéria Orgânica, segundo Paredes *et al.* (2000); Temp Max - Temperatura Máxima; Soma Temp – Soma das temperaturas.

Tabela 5 Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão e equação de regressão) do perfil fermentativo das silagens de aveia branca.

| Variável                |              | Dosagem de Glifosato (mL/ha) |                     |                      |                     |                     | Equação de Regressão |         |           | $^1X_{cr}$ | $^1y_{cr}$ | $^2D$ |
|-------------------------|--------------|------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------|-----------|------------|------------|-------|
|                         |              | 0                            | 500                 | 750                  | 1000                | 1250                | $b_0$                | $b_1 X$ | $b_2 X^2$ |            |            |       |
| % da MS                 |              |                              |                     |                      |                     |                     |                      |         |           |            |            |       |
| <b>Ac. Lático</b>       | <i>Média</i> | 9,41                         | 8,90                | 8,23                 | 8,79                | 9,99                | 7,64                 | 0,002   |           |            |            |       |
|                         | <i>dp</i>    | 1,14                         | 0,96                | 1,27                 | 1,98                | 1,75                | 1,56                 | 0,002   |           |            |            | ns    |
| <b>Ac. Acético</b>      | <i>Média</i> | 0,74                         | 1,04* <sup>L</sup>  | 0,79                 | 0,79                | 1,18*               | 0,80                 | 0,001   |           |            |            |       |
|                         | <i>dp</i>    | 0,06                         | 0,09                | 0,09                 | 0,23                | 0,24                | 0,23                 | 0,001   |           |            |            | ns    |
| <b>Ac. Butírico</b>     | <i>Média</i> | 0,45                         | 0,08 <sup>L</sup>   | 0,27                 | 0,35                | 0,12                | -1,06                | 0,003   | 0,0000    | 900,80     | 0,34*      | 19,04 |
|                         | <i>dp</i>    | 0,33                         | 0,03                | 0,14                 | 0,12                | 0,05                | 0,34                 | 0,001   | 0,0000    |            | 0,05       |       |
| <b>Butanediol</b>       | <i>Média</i> | 0,57                         | 0,36*               | 0,75* <sup>L</sup>   | 0,62                | 0,35                | -1,28                | 0,005   | 0,0000    | 861,70     | 0,73*      | 11,22 |
|                         | <i>dp</i>    | 0,05                         | 0,10                | 0,07                 | 0,15                | 0,13                | 0,43                 | 0,001   | 0,0000    |            | 0,06       |       |
| <b>Etanol</b>           | <i>Média</i> | 0,36                         | 0,40                | 0,40                 | 0,24                | 0,36                | 0,44                 | 0,000   |           |            |            |       |
|                         | <i>dp</i>    | 0,13                         | 0,28                | 0,06                 | 0,12                | 0,09                | 0,16                 | 0,000   |           |            |            | ns    |
| <b>Ac. Propiônico</b>   | <i>Média</i> | 0,08                         | 0,03                | 0,06                 | 0,06                | 0,03                | -0,11                | 0,001   | 0,0000    | 871,12     | 0,06       | 4,4   |
|                         | <i>dp</i>    | 0,05                         | 0,02                | 0,03                 | 0,04                | 0,04                | 0,07                 | 0,001   | 0,0000    |            | 0,04       |       |
| <b>Ac. Fórmico</b>      | <i>Média</i> | 0,11                         | 0,07                | 0,20                 | 0,13                | 0,06                | -0,42                | 0,002   | 0,0000    | 874,30     | 0,18*      | 6,2   |
|                         | <i>dp</i>    | 0,05                         | 0,03                | 0,10                 | 0,04                | 0,03                | 0,21                 | 0,001   | 0,0000    |            | 0,03       |       |
| mg/Kg da MS             |              |                              |                     |                      |                     |                     |                      |         |           |            |            |       |
| <b>Propanol</b>         | <i>Média</i> | 110,00                       | 21,72* <sup>L</sup> | 41,50* <sup>L</sup>  | 42,27* <sup>L</sup> | 16,8* <sup>L</sup>  | 35,40                | -0,006  |           |            |            |       |
|                         | <i>dp</i>    | 21,85                        | 16,59               | 22,31                | 8,03                | 5,73                | 17,90                | 0,020   |           |            |            | ns    |
| <b>Ac. Isobutírico</b>  | <i>Média</i> | 266,20                       | 127,20              | 266,10               | 287,90              | 83,68 <sup>L</sup>  | -515,92              | 1,882   | -0,0011   | 845,71     | 281,30     | 15,4  |
|                         | <i>dp</i>    | 91,52                        | 20,23               | 71,26                | 71,49               | 34,03               | 180,69               | 0,450   | 0,0003    |            | 27,46      |       |
| <b>Lactatoetila</b>     | <i>Média</i> | 322,80                       | 231,40              | 160,60* <sup>L</sup> | 127,20*             | 289,70              | 603,63               | -1,112  | 0,0007    | 808,55     | 146,60*    | 10,6  |
|                         | <i>dp</i>    | 70,05                        | 47,32               | 35,12                | 58,19               | 31,35               | 165,21               | 0,408   | 0,0002    |            | 23,72      |       |
| <b>Butanol</b>          | <i>Média</i> | 59,28                        | 6,99* <sup>L</sup>  | 25,51 <sup>L</sup>   | 19,52               | 11,53* <sup>L</sup> | -60,57               | 0,191   | -0,0001   | 888,50     | 24,30*     | 7,7   |
|                         | <i>dp</i>    | 19,44                        | 5,94                | 6,24                 | 9,22                | 3,71                | 24,33                | 0,060   | 0,0000    |            | 3,42       |       |
| % do Nitrogênio Total   |              |                              |                     |                      |                     |                     |                      |         |           |            |            |       |
| <b>N-NH<sub>3</sub></b> | <i>Média</i> | 3,80                         | 4,16                | 4,99* <sup>L</sup>   | 4,87                | 4,33                | 0,70                 | 0,010   | 0,0000    | 916,51     | 5,00*      | 5,95  |
|                         | <i>dp</i>    | 0,42                         | 0,34                | 0,16                 | 0,41                | 0,59                | 1,44                 | 0,004   | 0,0000    |            | 0,20       |       |

\*Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamento e controle (<sup>L</sup> através de transformação logarítmica), por meio de contraste bayesiano; *dp* – Desvio Padrão;  $^1X_{cr}$  – Coordenadas do ponto crítico da regressão quadrática;  $^2D$  – Diferenças entre Critério de Informação da *Deviance* 1 e 2 ( $X_{cr}$  em mL/ha); ns – Sem efeito significativo para equação de regressão

## DISCUSSÃO

### Composição Química da Forragem

A aplicação do herbicida glifosato três dias antes do corte foi capaz de gerar incremento no conteúdo de MS das silagens, mostrando-se eficaz para atuar como dessecante para esta finalidade. A aplicação deste agente químico pode levar a alterações na condutância estomática e modificação na permeabilidade seletiva das membranas celulares, com alteração na funcionalidade das aquaporinas, alterando assim o transporte de água nas células vegetais, com redução de absorção de água por parte da planta (Zobiolo, 2010).

É desejável que o teor de MS no momento do corte da forragem esteja entre 28 a 40%, dependendo da cultura e tecnologia disponíveis para ensilagem do material, sendo este fator um dos principais determinantes do tipo de fermentação durante a preservação da forragem (McDonald *et al.*, 1991). Os valores de MS encontrados neste estudo foram superiores aos relatados por Boin *et al.* (2005), onde os autores obtiveram teor de MS de 27,52% para silagem de aveia branca, colhida no mesmo estágio fenológico, mesmo com uso de pré-secagem.

O IRMS é uma medida em silagens, onde estima-se as perdas totais de compostos passíveis de serem aproveitados pelos animais após a ingestão da silagem (Jobim *et al.*, 2007). Desta forma, como o uso do glifosato foi eficaz em alterar o conteúdo de MS, isso se refletiu sobre as perdas totais durante a fermentação e armazenagem das silagens.

Foi possível observar que a aplicação do dessecante afetou a composição da fibra da forragem, reduzindo os conteúdos de FDN das silagens tratadas, segundo a equação de regressão obtida. Observa-se que a máxima redução da FDN seria obtida com aplicações mais elevadas do dessecante (1.141,32 mL/ha).

O sistema de determinação da FDN, segundo Van Soest e Wine (1967), utiliza de agentes químicos para solubilizar o conteúdo celular, restando somente a parede celular, constituída por celulose e hemicelulose e componentes indisponíveis como a lignina, proteína danificada pelo calor ligada à parede celular e minerais. Como houve redução linear para a fração HEM, é esperado que os valores de FDN sejam alterados. Esta redução da HEM pode ter relação com o tempo de estocagem, uma vez que quando a silagem permanece armazenada durante um longo período de tempo, no caso deste

estudo 150 dias, pode ocorrer a hidrólise ácida da HEM, diminuindo assim a participação desta na FDN (Morrison, 1979; Rooke e Hatfield, 2003)

Pode-se dizer que o teor MS das forragens no momento da ensilagem influenciou diretamente nos valores de pH, uma vez que nas silagens onde se observou menor teor de umidade, o pH estabilizou em valores mais elevados em relação a silagem controle. Quando a forragem é colhida com baixo teor de MS, a queda do pH é mais acentuada, devido à grande quantidade de CS e água, o que estimula o desenvolvimento de bactérias BAL, porém pode também gerar maior quantidade de efluentes (Senger *et al.*, 2005).

Em alguns estudos (Hoagland *et al.*, 1979; Zobiolo, 2010; Orcaray *et al.*, 2012), o uso do glifosato afetou negativamente a concentração de proteína nas plantas tratadas. A redução nos teores de PB deve-se ao fato do glifosato agir sobre a rota do ácido chiquímico, inibindo a produção de aminoácidos aromáticos essenciais, afetando assim a síntese proteica. Porém, no presente estudo este efeito foi visível somente quando aplicado na dose de 500 mL/ha.

### **Perfil fermentativo**

Não foram encontrados efeitos significativos do uso de glifosato para os níveis de ácido láctico neste trabalho. No entanto, destaca-se que a concentração de ácido láctico foi considerada elevada, para todas as silagens (média de 9,06%), uma vez que segundo Kung e Shaver (2001) teores entre 3 e 6% na MS são considerados adequados.

A elevada concentração de ácido láctico observada nesse estudo pode estar ligada ao fato de que as silagens foram tratadas com inoculante bacteriano, composto por *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilactici* (bactérias homofermentativas) as quais utilizam as hexoses presentes na forragem para produzir ácido láctico, auxiliando na queda do pH da silagem (Pahlow *et al.*, 2003).

Segundo McDonald *et al.* (1991), a presença de butanediol indica que houve amplo desenvolvimento de bactérias homoláticas durante a fermentação da silagem. Estreptococos, pediococos e algumas espécies de lactobacilos utilizam a via glicolítica como forma de metabolizar os açúcares solúveis. Em condições de baixa concentração de oxigênio, o produto formado será o ácido láctico, permitindo assim a reoxidação do NADH. Porém, muitas dessas bactérias possuem outras vias metabólicas para degradar os carboidratos solúveis, resultando em diversos produtos da fermentação, tais como acetato, CO<sub>2</sub>, formato, etanol, acetoína, diacetil e 2,3-butanediol. A formação de tais

compostos está ligada a condições de baixas concentrações intracelulares de frutose 1,6-bisfosfato, molécula que serve como ativadora da enzima lactato desidrogenase (McDonald *et al.*, 1991).

O ácido propiônico na grande maioria das vezes é produzido por bactérias do gênero *Propionobacterium*, porém também podem surgir como produto fermentativo de outras espécies bacterianas, tais como *Clostridium propionicum* e *Selomonas ruinantium* (Pahlow *et al.*, 2003). Segundo Kung e Shaver (2001), para silagens de gramíneas, os valores deste ácido normalmente se encontram inferiores a 0,1%. Neste trabalho, foi observado que a aplicação do dessecante foi capaz de alterar a concentração deste metabólito em relação à silagem controle, porém os níveis médios para todos os tratamentos (0,05%) foram inferiores a 0,1%, estando dentro da normalidade.

Com relação às concentrações dos ácidos butírico e isobutírico, os valores observados neste estudo se encontraram dentro do aceitável. Segundo Kung e Shaver (2001) e Kalač (2011), o butírico não deve estar presente em quantidades acima de 1% na MS, enquanto o isobutírico não deve estar acima de 800 mg/kg de MS.

Já para a concentração de N-NH<sub>3</sub>, não são interessantes quantidades acima de 8 a 12% (Kung e Shaver, 2001), sendo que os valores observados neste estudo foram inferiores a 5%, revelando a baixa atividade proteolítica nas silagens. No entanto, observa-se que as silagens tratadas, mesmo possuindo conteúdo de MS mais elevados, foram as que apresentaram os maiores teores de N-NH<sub>3</sub>. Tais resultados podem ter relação com a maior concentração de aminoácidos livres, causada pela aplicação do glifosato, os quais estariam prontamente disponíveis para utilização como substrato durante a fermentação (Hoagland *et al.*, 1979; Zobiole, 2010; Orcaray *et al.*, 2012).

No que se refere à concentração de alcoóis de baixo peso molecular, exceto no caso do etanol, pouco tem se estudado, sendo que raramente os trabalhos com avaliação da qualidade de fermentação de silagens apresentam dados com relação a estes metabólitos (Kalač, 2011). Não foi observado efeito da aplicação de glifosato nas concentrações de etanol, com valor médio de 0,35% na MS das silagens. Concentrações entre 0,5 e 1% têm sido encontradas para etanol em silagens de gramíneas, sendo que este álcool é proveniente da fermentação de carboidratos solúveis (McDonald *et al.*, 1991; Kalač, 2011).

Segundo Kalač (2011), o butanol pode ser indicativo da degradação de compostos nitrogenados durante a fermentação, uma vez que este álcool é proveniente do catabolismo de aminoácidos. Não foi possível explicar o comportamento apresentado

pelo propanol, considerando a equação de regressão obtida, porém os valores médios para as silagens com aplicação de glifosato se mostraram inferiores ao controle.

### **Estabilidade Aeróbia**

Neste estudo, foi possível observar que o uso do glifosato agiu pontualmente sobre algumas medidas que remetem à estabilidade aeróbia da silagem. A dosagem de 750 mL/ha foi a que apresentou os melhores resultados quando comparados à não aplicação do glifosato (controle), sendo a mais estável (74 horas), tendo a menor temperatura máxima (28,14°C), soma de temperatura inferior ao controle (234 horas) e apresentando redução na média de temperaturas (26,01 °C).

Este efeito pode ter relação com o padrão de fermentação ocorrida nesta silagem, uma vez que foi observada concentração de N-NH<sub>3</sub> mais elevada em relação às demais silagens. Este metabólito tem a capacidade de limitar a propagação de agentes espoliadores como as leveduras, as quais são os principais responsáveis, na maioria dos casos, pela quebra da estabilidade aeróbia, uma vez que estes organismos consomem os ácidos residuais, elevando o pH e tornando o ambiente favorável para o desenvolvimento de outros microrganismos, o que eleva a temperatura da massa e deteriora o material (Pahlow *et al.*, 2003).

### **CONCLUSÕES**

A dessecação é capaz de alterar a composição nutricional do material, o perfil fermentativo ocorrido durante a estocagem da silagem, além de elevar a recuperação de matéria seca. Nas condições encontradas neste experimento, recomenda-se o uso do glifosato na dose de 500 ml/ha para confecção da silagem de aveia branca no estágio de grão leitoso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC (1998) *Official methods of analysis of the AOAC international*. Washington, D.C: Association of Official Analytical Chemists.

BERTO J. e MÜHLBACH P. (1997) *Silagem de aveia preta no estádio vegetativo, submetida à ação de inoculantes e ao efeito do emurchecimento*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **26**, 651-658.

BOLSEN K., LIN C., BRENT B., FEYERHERM A., URBAN J. e AIMUTIS W. (1992) *Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages*. *Journal of Dairy Science*, **75**, 3066-3083.

BOIN C., FLOSS E. L., CARVALHO M. P., PALHANO A. L., SOARES FILHO C. V. e PREMAZZI L. M. (2005) *Composição e digestibilidade de silagens de aveia branca produzidas em quatro estádios de maturação*. *Boletim de Industria Animal*, **62**, 35-43.

BORTOLINI P. C., MORAES A. D. e CARVALHO P. C. D. F. (2005) *Produção de forragem e de grãos de aveia branca sob pastejo*. *Revista Brasileira de Zootecnia*.

BUMBIERES JUNIOR V. H., OLIVEIRA M. R., JOBIM C. C., BARBOSA M. A. A. D. F., CASTRO L. M. and BARBERO R. P. (2011) *Perpectivas para o uso de silagem de cereais de inverno no brasil*. In: JOBIM C. C., CECATO U., DO CANTO, M. W (eds) *Anais do IV Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas, Maringá, Brasil, 2011*, pp. 39-73.

CARVALHO P. C. F. (2010) *Forrageiras de clima temperado*. In: FONSECA D.M., MARTUSCHELLO, J.A. (eds) *Plantas forrageiras*. Viçosa, BR: Editora UFV, pp. 494-537.

CASTRO G. S. A., DA COSTA C. H. M. e NETO J. F. (2012) *Ecofisiologia da aveia branca*. *Scientia Agraria Paranaensis*, **11**, 1-15.

CHERNEY J. H. e CHERNEY D. J. R. (2003) *Assessing silage quality*. *Silage science and technology*. Madison, USA: American Society of Agronomy.

COAN R. M., FREITAS D., REIS R. A. e RODRIGUES L. R. A. (2001) *Composição bromatológica das silagens de forrageiras de inverno submetidas ou não ao emurchecimento e ao uso de aditivos*. *ARS Veterinária*, **17**, 58-63.

DETMANN E., SOUZA M. A., VALADARES FOLHO S. C., QUEIROZ A. C., BERCHIELLI T. T., SALIBA E. O. S., CABRAL L. S., PINA D. S., LADEIRA M. M. e AZEVEDO J. A. (2012) *Métodos para análise de alimentos - inct ciência animal*. Universidade Federal de Viçosa, MG: Editora UFV.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS (2006) *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Embrapa Produção de informação Brasília, BR: Embrapa Solos.

GEWEKE J. (1991) *Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments*: Federal Reserve Bank of Minneapolis, Research Department.

FEROLLA F. S., VÁSQUEZ H. M., SILVA J. F. C. D., VIANA A. P., DOMINGUES F. N. e AGUIAR R. D. S. (2007) *Produção de matéria seca, composição da massa de forragem e relação lâmina foliar/caule+ bainha de aveia-preta e triticale nos sistemas de corte e de pastejo*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **36**, 1512-1517.

FLOSS E. L., BOIN C., PALHANO A. L., FILHO C. V. S. and PREMAZZI L. M. (2003) *Efeito do estágio de maturação sobre o rendimento e valor nutritivo da aveia branca no momento da ensilagem*. *Boletim da Indústria Animal*, **60**, 117-126.

FLOSS E. L., PALHANO A. L., SOARES FILHO C. V. and PREMAZZI L. M. (2007) *Crescimento, produtividade, caracterização e composição química da aveia branca*-doi: 10.4025/actascianimsci. V29i1. 241. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, **29**, 1-7.

FONTANELI R. S. F. and FONTANELI R. S. (2009) *Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira*.

HEIDELBERGER P. and WELCH P. D. (1983) *Simulation run length control in the presence of an initial transient*. *Operations Research*, **31**, 1109-1144.

HOAGLAND R. E., DUKE S. O. e ELMORE C. D. (1979) *Effects of glyphosate on metabolism of phenolic compounds*. *Physiologia Plantarum*, **46**, 357-366.

JOBIM C. C., NUSSIO L. G., REIS R. A. e SCHMIDT P. (2007) *Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **36**, 101-119.

KALAČ P. (2011) *The effects of silage feeding on some sensory and health attributes of cow's milk: A review*. *Food chemistry*, **125**, 307-317.

KUNG L. e SHAVER R. (2001) *Interpretation and use of silage fermentation analysis reports*. *Focus on Forage*, **3**, 1-5.

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

LACERDA M. J. R., FREITAS K. R. and DA SILVA J. W. (2009) *Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional*. *Bioscience Journal*, **25**, 185-190.

- LOPEZ A. e QUESNEL V. C. (1973) *Volatile fatty acid production in cacao fermentation and the effect on chocolate flavour*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **24**, 319-326.
- LOPES S. E. e MÜHLBACH P. R. F. (1994) *Efeito de diferentes tratamentos no valor nutritivo da aveia branca (avena sativa l.) conservada nas formas de silagem ou feno*. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, **23**, 518-526.
- MACHADO L. A. Z. (2000) *Aveia: Forragem e cobertura do solo*. EMBRAPA Agropecuária Oeste.
- MCDONALD P., HERDERSON A. R., HERON S. J. E (1991) *The biochemistry of silage*. Marlow, Bucks, UK: Chalcombe Publication.
- MORRISON I. M. (1979) *Changes in the cell wall components of laboratory silages and the effect of various additives on these changes*. *The Journal of Agricultural Science*, **93**, 581-586.
- OHYAMA Y. e MCDONALD P. (1975) *The effect of some additives on aerobic deterioration of silages*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **26**, 941-948.
- ORCARAY L., ZULET A., ZABALZA A. and ROYUELA M. (2012) *Impairment of carbon metabolism induced by the herbicide glyphosate*. *Journal of Plant Physiology*, **169**, 27-33.
- PAHLOW G., MUCK R. E., DRIEHUIS F., ELFERINK S. J. e SPOELSTRA S. F. (2003) *Microbiology of ensiling. Silage science and technology*. Madison, USA: American Society of Agronomy.
- PAREDES C., ROIG A., BERNAL M., SÁNCHEZ-MONEDERO M. e CEGARRA J. (2000) *Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes*. *Biology and Fertility of Soils*, **32**, 222-227.
- PEREIRA J. R. A. e REIS R. A. (2001) *Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais*. In: JOBIM C. C., CECATO U., DAMASCENO J. C., DOS SANTOS G. T. (eds) *Anais do Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas, Maringá, Brasil, 2001*, pp. 64-68.
- PHILLIPS W. A., RAO S. C., DALRYMPLE, R.L. *et al.* (1996) *Annual cool-season grasses*. In: MOSER L.E., BUXTON D.R., CASLER, M.D. (eds) *Cool-season forage grasses, Madison, United States of America, 1996*. pp.781-802.
- PRYCE J. (1969) *A modification of the barker-summers method for the determination of lactic acid*. *The Analyst*, **94**, 1151-1152.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2014) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em <<http://www.R-project.org>>.
- ROOKE J. A. and HATFIELD R. D. (2003) *Biochemistry of ensiling. Silage science and technology*, 95-139.

ROSSI R. M. (2011) *Introdução aos métodos bayesianos na análise de dados zootécnicos com uso do winbugs e r*. Maringá: Eduem.

ROLAS (2004) *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Porto Alegre, BR: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*.

SOUZA, O. M. (2014) *Aplicação de procedimentos bayesianos para a análise de dados experimentais na produção animal*. Maringá, Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2014.

SPIEGELHALTER D. J., BEST N. G., CARLIN B. P. and VAN DER LINDE A. (2002) *Bayesian measures of model complexity and fit*. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, **64**, 583-639.

VAN SOEST P. U. e WINE R. (1967) *Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. Iv. Determination of plant cell-wall constituents*. *J. Assoc. Off. Anal. Chem*, **50**, 50-55.

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

ZOBIOLE L. H. S. (2010) *Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate*. *Pesticide biochemistry and physiology*, **97**, 182-193.

## **V - Silagem de Aveia Preta (*Avena strigosa*. cv. Agrocoxilha) emurchecida com uso de glifosato.**

*Black Oat silage (Avena strigosa. cv. Agrocoxilha) wilted with glyphosate.*

### **RESUMO**

Avaliou-se o uso do glifosato como dessecante durante a produção de silagem de aveia preta (*Avena strigosa* cv. Agrocoxilha) e os possíveis efeitos sobre a qualidade final do volumoso. As dosagens de glifosato avaliadas foram 0, 500, 750, 1000 e 1250 mL/ha. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado e os procedimentos estatísticos para todas as análises dos dados foram realizados por meio de Inferência Bayesiana. O uso do dessecante foi capaz de elevar os teores médios de matéria seca das silagens resultantes em todos os tratamentos. A dessecagem reduziu linearmente as concentrações de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e celulose. O ponto de máxima concentração da hemicelulose (312,8 g/kg de matéria seca) ocorreria caso a dosagem de glifosato utilizada fosse de 729,96 ml/ha e o valor mais elevado para nitrogênio insolúvel em detergente neutro (1,6 g/kg de matéria seca) seria encontrado quando o glifosato fosse utilizado na dose de 759,52 ml/ha. A dessecagem elevou as perdas de matéria orgânica das silagens após a exposição ao oxigênio, (0,010% para cada 1 ml de glifosato utilizado). O uso do glifosato foi capaz de reduzir a soma de temperaturas (0,023°C para cada 1 ml de aumento na dose de glifosato). Já para temperatura máxima observada, foi encontrado efeito quadrático, sendo que a máxima temperatura (32,31°C) ocorreria caso o glifosato fosse utilizado na dose de 556,79 ml/ha. Foi observado efeito quadrático para concentração de ácido acético e butanediol, onde o ponto de mínima concentração de ácido acético (0,56% da matéria seca) seria observado quando o produto fosse aplicado na dose de 947,6 ml/ha. Já para o butanediol, o ponto de máxima (0,35% da matéria seca) ocorreria quando o uso do dessecante fosse de 869,3 ml/ha.

Palavras-chave: glifosato, matéria seca, ácido acético, deterioração aeróbia.

## ABSTRACT

This experiment aimed to evaluate the effect of wilting Black Oat (*Avena strigosa* cv. Agrocoxilha) using glyphosate (N-fosfometilglicine) on the nutritional quality, fermentation characteristics, aerobic stability and dry matter recovery of the resulting silage. The dosages used were 0 (control), 500, 750, 1000 and 1250 mL/ha with 4 replicates per treatment in a completely randomized design. Statistical procedures for data analyzes were performed by Bayesian Inference. The use of desiccant was able to raise the average dry matter of the resulting silage in all treatments. The wilting linearly reduced concentrations of neutral detergent fiber, acid detergent fiber and cellulose. The point of maximum concentration of hemicellulose (312.8 g / kg of dry matter) would occur if the glyphosate dosage used was of 729.96 ml/ha and the highest value for neutral detergent insoluble nitrogen (1.6 g / kg dry matter) was found when the glyphosate was used at a dose of 759.52 ml/ha. The wilting increased organic matter losses of silages after exposure to oxygen (0.010% for each 1 ml of glyphosate used). The use of glyphosate was able to reduce the amount of temperatures (0.023°C for each 1 ml of glyphosate increase in dose). As for the maximum temperature observed was found quadratic, and the maximum temperature (32.31°C) occur if the glyphosate was used at a dose of 556.79 ml/ha. Quadratic effect was observed for concentrations of acetic acid and butanediol, wherein the point of minimum concentration of acetic acid (0.56% dry matter) was observed when the product was applied at the rate of 947.6 ml/h. As for the butanediol the maximum point (0.35% dry matter) occur when using the desiccant was of 869.3 ml/ha.

Keywords: glyphosate, dry matter content, acetic acid, aerobic deterioration

## INTRODUÇÃO

A aveia preta é uma das culturas de eleição, se tratando da alimentação animal. Como planta forrageira, além da boa produção de biomassa, esta cultura é resistente ao pisoteio, pragas, tolera períodos de baixa pluviosidade e possui um bom perfilhamento. No que concerne à produção de forragens conservadas, a aveia preta é uma das culturas empregadas para fenação ou ensilagem, devido às suas características nutricionais (Carvalho *et al.*, 2010; Bumbieres Junior *et al.*, 2011)

Para produção da silagem, a colheita pode ser feita em vários estádios (florescimento, grão leitoso, farináceo mole), dependendo da finalidade desejada, porém caso a forragem apresente quantidade de umidade elevada, é necessário que ocorra a pré-secagem do material no campo (Berto e Mühlbach, 1997; Fontaneli e Fontaneli, 2009).

A pré-secagem tem como finalidade reduzir a extensão da fermentação durante o processo de conservação de forragens na ensilagem e restringir o desenvolvimento de microrganismo indesejáveis (Pereira e Reis, 2001). Porém, esta técnica demanda mão-de-obra qualificada e maquinário adequado, uma vez que mais processos são empregados, pois é necessário, além do corte e recolhimento da forragem, que esta seja virada e enleirada para que a secagem ocorra de forma uniforme e eficiente, o que pode acabar elevando os custos devido aos manejos adicionais (Pereira e Reis, 2001). Sendo assim, tem-se buscado formas para reduzir os gastos e acelerar o processo, reduzindo as perdas no campo.

Neste contexto, o uso de dessecantes químicos se mostra como uma tecnologia promissora, uma vez que esta é capaz de elevar o conteúdo de matéria seca da forragem de forma rápida e eficiente, sem que sejam necessários processos que envolvam uso de máquinas, além de reduzir o tempo que a forragem permanece no campo, o que reduz a chance de perdas em decorrência de intempéries.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do uso de dessecante químico, em diferentes dosagens, para a confecção da silagem de aveia preta e possíveis alterações causadas por este método sobre a qualidade nutricional, perfil fermentativo e estabilidade aeróbia das silagens resultantes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi, da Universidade Estadual de Maringá, situada na região Noroeste do Paraná (23°21'13''S - 52°04'27''O; 550 m de altitude). O clima é classificado como Cfa (subtropical úmido), conforme critérios definidos por W. Köppen.

A cultura foi implantada em latossolo vermelho distroférico, textura arenosa (Embrapa, 2006). A adubação utilizada no preparo do solo foi o equivalente a 180 kg/ha da fórmula 12-17-17 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O), seguindo recomendação de Rolas (2004).

O plantio ocorreu (15/05/2013) em uma área total de 0,2 ha (28 m de largura e 73 m de comprimento). A densidade de semeadura foi equivalente a 100 kg de sementes/ha. A adubação nitrogenada foi realizada (06/06/2013) em uma única aplicação de 112 kg de N/ha, tendo como fonte a ureia, com auxílio de trator equipado com adubadeira modelo Vicon. As condições climáticas se encontraram dentro da faixa aceitável para as culturas de aveia (Carvalho *et al.*, 2010; Castro *et al.*, 2012), conforme apresentado a seguir (Figura1)

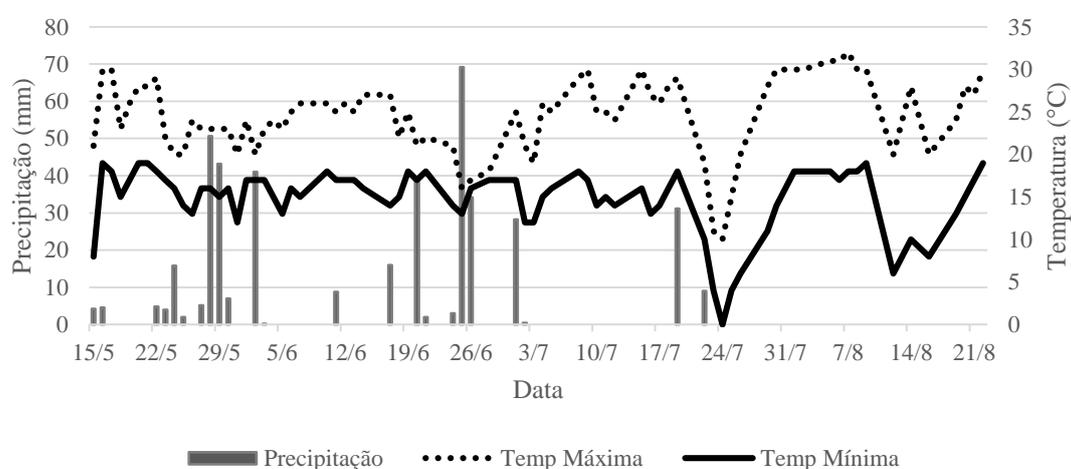


Figura 2 Temperatura mínima, máxima e precipitação durante o período experimental no campo.

Para as avaliações agrônômicas, foram coletadas cinco amostras (quadrado de 0,25 m<sup>2</sup>) aleatórias e representativas da área para a cultura. Após a coleta, a forragem foi pesada para mensuração da produção total de matéria verde (MV), sendo tomada uma amostra (1,0 kg) para separação morfológica das frações folha, colmo, grãos e material senescente (Tabela 1). Após separadas e pesadas, as amostras foram levadas à estufa a 55°C, para secagem e determinação da matéria seca ao ar (MS), segundo metodologia

descrita por Detmann *et al.* (2012). O valor do peso seco das folhas e dos colmos foi utilizado para cálculo da razão folha/colmo.

Tabela 1 Caracterização morfológica e produção total e razão folha/colmo da forragem de aveia branca no momento da ensilagem.

| Variável               | Composição Morfológica |                      |
|------------------------|------------------------|----------------------|
|                        | Matéria Verde (kg/ha)  | Matéria Seca (kg/ha) |
| Folha                  | 1.551                  | 324                  |
| Colmo                  | 9.597                  | 2.496,60             |
| Grãos                  | 1.228                  | 303                  |
| Material Senescente    | 884                    | 324                  |
| Relação Folha/Colmo    | 16,17                  | 12,98                |
| Produção total (kg/ha) | 13.264                 | 3.448                |

No momento em que a forragem atingiu o estágio fenológico de grão leitoso/pastoso (19/08/2013), a área total foi subdividida em 5 faixas de 360 m<sup>2</sup> (5 m de largura e 70 m de comprimento) para implantação dos tratamentos. Foi realizada a aplicação das diferentes dosagens do produto *Roundup Transorb*®, com o auxílio de pulverizador costal, sendo que as dosagens utilizadas foram, 0 (controle), 500, 750, 1000 e 1250 mL/ha.

Após a aplicação do dessecante, foi avaliado diariamente o teor de MS das plantas segundo metodologia de Lacerda *et al.* (2009), com o intuito de colher a forragem com valor de MS adequado para ensilagem, o qual se situa na faixa dos 30 a 35%. Três dias após a aplicação do glifosato (22/08/13), as plantas em todas as dosagens apresentaram teor de MS dentro da faixa recomendada. Assim sendo, por motivos de logística, as forragens em todos os tratamentos foram colhidas e ensiladas no mesmo dia.

Assim como para o tratamento controle, para todos os outros tratamentos foram coletadas amostras para caracterização bromatológica da forragem. A cultura foi colhida com uso de ensiladeira marca Menta, modelo Premium Flex. Após o corte, a forragem foi inoculada com aditivo bacteriano (Master tropical – Katec Lallemand), com níveis de garantia na ordem de 2,0 x 10<sup>8</sup> ufc/g de *Lactobacillus plantarum* MA 18/5u e de 0,5 x 10<sup>9</sup> ufc/g de *Pediococcus acidilactici* MA 18/5m, com aplicação na dosagem recomendada pelo fabricante.

A forragem foi armazenada em silos experimentais do tipo tubo de PVC (4 silos por tratamento), com volume de 0,015 m<sup>3</sup>, os quais acondicionaram cerca de 10 kg de forragem. O processo de compactação foi feito manualmente e os silos foram vedados com lona dupla face e fita adesiva, sendo que ao fim do processo estes foram pesados para posterior determinação do índice de recuperação de matéria seca (IRMS), segundo Jobim *et al.* (2007). No momento da ensilagem, foi coletada uma amostra (400 g) em cada tratamento para determinação da composição bromatológica, no momento da ensilagem (Tabela 2).

Tabela 2 Caracterização da composição química da aveia branca na ensilagem (base g/kg de MS).

| Variável      | Dosagem de Glifosato (mL/ha) |       |       |       |       |
|---------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|               | 0                            | 500   | 750   | 1000  | 1250  |
| MS g/kg de MN | 260,4                        | 376,3 | 359,9 | 338,8 | 328   |
| MM            | 58,4                         | 47,7  | 48,7  | 48,2  | 57,4  |
| MO            | 941,6                        | 952,3 | 951,3 | 951,8 | 942,6 |
| FDN           | 686,5                        | 730,4 | 746,9 | 723,8 | 713,7 |
| FDA           | 391,6                        | 416,8 | 432   | 408,4 | 399,3 |
| LIG           | 50,6                         | 56    | 51,1  | 54,2  | 41,1  |
| HEM           | 294,9                        | 313,6 | 314,9 | 315,4 | 314,4 |
| CEL           | 341                          | 360,8 | 380,9 | 354,2 | 358,2 |
| PB            | 97,1                         | 70,4  | 72,6  | 86,7  | 75,8  |

MN – Matéria Natural

### Análises Químicas

As amostras da forragem verde foram submetidas às seguintes determinações: fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest *et al.* (1991); matéria seca e matéria mineral (MM), segundo Detmann *et al.* (2012). A lignina (LIG) foi determinada pelo método LDA (lignina em detergente ácido), com uso de solução de ácido sulfúrico a 72%, após a determinação da FDA, conforme Detmann *et al.* (2012). A hemicelulose foi calculada pela diferença das frações FDN e FDA (HEM = FDN-FDA), assim como a celulose foi determinada pela subtração da lignina da fração FDA (CEL = FDA – LIG). A determinação da proteína bruta (PB) foi realizada segundo AOAC (1998). Além disso, foram coletas amostras para mensuração do pH, segundo Cherney e Cherney (2003).

Os silos permaneceram fechados e alocados em local coberto até que fossem avaliados novamente (27/01/14). Antes de sua abertura, estes foram pesados para fins de cálculo do IRMS, como descrito anteriormente. Após a abertura, foi mensurada a temperatura da silagem em cada silo experimental, com uso de termômetro modelo *Gulterm 1001* digital. Além disso, foram coletadas amostras específicas para mensuração do pH, segundo Cherney e Cherney (2003). Para extração do suco da forragem, foi utilizada prensa hidráulica de 8 toneladas de pressão, com intuito de mensurar a concentração de nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3/N_{total}$ ), determinada segundo Bolsen *et al.* (1992).

Nas silagens, foram avaliadas as variáveis MS, MM, FDN, FDA, LIG, HEM, CEL, como descrito anteriormente, além do nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). Os valores de NIDN e NIDA foram obtidos analisando-se o nitrogênio, como descrito, dos resíduos das amostras após realização das análises de FDN e FDA. Para determinação da matéria orgânica (MO), foi utilizada a fórmula  $MO = 100 - MM$

### **Ensaio de estabilidade Aeróbia**

As avaliações da estabilidade aeróbia (EA), com medidas de temperatura, pH e perda de MO, tiveram início 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). O período experimental teve duração de 74 horas (em torno de 4 dias após abertura dos silos).

Os silos foram acondicionados em sala com controle de temperatura (Câmara climática), a qual foi ajustada para permanecer durante todo o período em 25°C. Para determinar a EA das silagens, foi realizada a leitura da temperatura das silagens diretamente nos silos, utilizando um termômetro de haste longa modelo *Gulterm 1001* digital inserido no centro da massa da forragem. As medições de temperatura foram realizadas às 8 h e às 14 h e a leitura do pH foi feita às 15 h, com o peagâmetro digital de acordo com Cherney e Cherney (2003). A cada dia, foram retiradas 25g de amostra, para posterior determinação do teor de MS e MM. Os silos foram pesados diariamente (antes e após as coletas para determinação do pH, MS e MM) para avaliação de perdas totais.

Com a mensuração destes parâmetros, foi possível determinar a estabilidade aeróbia (tempo em horas para quebra), temperatura máxima, soma das temperaturas,

média das temperaturas, pH máximo e tempo em horas para o pH máximo, assim como a média do pH durante o período de aeração. As perdas de MO foram estimadas pela equação proposta por Paredes *et al.* (2000) onde:

$$\text{PMO (\%)} = 100 - \{100 [X_1 (100 - X_2)] / [X_2(100 - X_1)]\}$$

No presente estudo o  $X_1$  refere-se ao teor de MM no dia da abertura dos silos e o  $X_2$  o teor de MM ao final do ensaio de estabilidade aeróbia.

### Perfil Fermentativo

A determinação do perfil fermentativo foi feita através da análise do extrato aquoso das silagens. Para confecção do extrato aquoso, foram pesadas 25g de amostra de silagem, adicionando-se 225 mL de água destilada e homogeneizando em liquidificador por um minuto. Feito isso, foi determinado o pH dos extratos após 30 minutos de descanso, com auxílio de peagâmetro digital. Foram pipetados então 2 mL do sobrenadante e armazenados em tubos do tipo *eppendorf*, os quais foram congelados para análises.

A concentração de ácido láctico foi determinada por método colorimétrico (Pryce, 1969), onde as leituras das amostras foram realizadas em espectrofotômetro MARCONI® *Janway* 6305, com  $\lambda=565$  nm. Os teores de alcoóis, ésteres e ácidos graxos voláteis foram determinados em cromatógrafo gasoso com detector de massas (GCMS) (GCMS QP 2010 *plus*, *Shimadzu*®, *Kyoto, Japan*), usando coluna capilar (*Stabilwax, Restek*®, *Bellefonte, USA*; 60 m, 0,25 mmø, 0,25  $\mu\text{m}$  *crossbond carbowax polyethyleneglycol*) e parâmetros analíticos conforme as recomendações do fabricante.

### Análise Estatística

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, avaliando-se 4 dosagens, com 4 repetições por dose do dessecante avaliada, resultando em 20 silos ao todo. O modelo matemático utilizado para a análise de variância foi:

$$Y_{ij} = \mu + D_i + e_{ij}, \text{ onde:}$$

$i = 1 \dots i$  ( doses );

$j = 1 \dots j$  ( repetições );

$Y_{ij}$  = observação do  $i$ -ésimo tratamento na  $j$ -ésima repetição;

$\mu$  = média dos tratamentos;

$D_i$  = efeito da dose  $i$ ;

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

Os procedimentos estatísticos para todas as análises dos dados foram realizados por meio de Inferência Bayesiana, descrita em Rossi (2011). Foi considerado que a resposta do grupo testemunha/controle ( $y_{ci}$ ) segue distribuição de normal, isto é,  $y_{ci} \sim N(\mu_c, \sigma_{ce}^2)$ . Para os níveis de tratamento efetivos foram considerados modelos de regressões tais que  $y_i \sim N(f(\beta, x_i), \sigma_e^2)$ , respectivamente, quadrática e linear, sendo  $y_i = f(\beta, x_i) = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \varepsilon_i$  [1] e  $y_i = f(\beta, x_i) = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i$  [2],  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $x = \text{nível tratamento} = 500, 750, 1.000 \text{ e } 1.250 \text{ mL}$  de dessecante químico por hectare, assumindo  $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma_e^2)$ . Foi considerado que o vetor de parâmetros de regressão nos modelos (1 e 2),  $\beta_p$ , é não correlacionado. Distribuições *a priori* não-informativas foram consideradas para todos os parâmetros dos modelos, isto é, para testemunha/controle e tratamento efetivo, respectivamente  $\mu_c | \sigma_{ce}^2 \sim N(0, 10^{-6})$  e  $\tau_{ce} \sim \text{Gama}(10^{-3}, 10^{-3})$ ;  $\beta_p | \sigma_e^2 \sim N(0, 10^{-6})$  e  $\tau_e \sim \text{Gama}(10^{-3}, 10^{-3})$ , com  $\sigma_e^2 = \tau_e^{-1}$  (parametrização OpenBUGS).

Para a testemunha/controle utilizou-se como estimativa inicial a média dos dados do grupo e, para os coeficientes de regressão do tratamento efetivo, estimativas de máxima verossimilhança frequentistas, e o valor ‘um’ para  $\tau$ , considerando ambos os grupos.

Obtidas as distribuições *a posteriori* das médias dos parâmetros de interesse, foram calculadas as coordenadas do ponto crítico de  $f(\beta, x)$ , respectivamente,  $x_{cr}$  e  $y_{cr}$ , obtidos por  $\left( -\frac{\beta_1}{2\beta_2}, -\frac{\beta_1^2 - 4\beta_2\beta_0}{2\beta_2} \right)$  [3], o que possibilitou proceder a sua comparação com média *a posteriori* do nível testemunha/controle, isto é,  $\Delta = y_{cr} - \mu_c$  (Souza, 2014). Foi considerado como diferentes, em nível de 5% de significância, se o intervalo de credibilidade de  $\Delta$  não contempla o valor zero.

Foi utilizado o Critério de Informação da *Deviance* (DIC) para a escolha entre o modelo quadrático e linear. O DIC pode ser utilizado tanto para a comparação, quanto para seleção de (co)variáveis em modelos. Modelos com menores valores de DIC são sugestivos. Spiegelhalter *et al.* (2002) sugerem utilizar o seguinte critério para o módulo da diferença entre os valores de DIC de dois modelos, (1) e (2) analisados:

$D = |\text{DIC}_1 - \text{DIC}_2|$ , assim, se  $D < 5$ , conclui-se que a diferença é não significativa, se  $5 \leq D \leq 10$ , conclui-se que a diferença é significativa, e se  $D > 10$ , conclui-se que a diferença é altamente significativa.

Nos casos de não significância do modelo quadrático (1), foi considerado que a resposta ( $y_{ij}$ ) segue distribuição de normal, isto é,  $y_{ij} \sim N(\mu_j, \sigma_{je}^2)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n_j$  para os  $j$ -ésimos níveis de tratamento. A transformação logarítmica foi aplicada às respostas dos dados que apresentaram alta variabilidade. Para cada  $\mu_j$  e  $\sigma_j^2$  foram consideradas *a priori* distribuições não-informativas, respectivamente,  $\mu_j | \sigma_e^2 \sim N(0, 10^{-6})$  e  $\tau_j \sim \text{Gama}(10^{-3}, 10^{-3})$ .

Foram realizadas comparações múltiplas entre as distribuições *a posteriori* das médias dos diferentes tratamentos versus controle. Consideraram-se como diferentes, em nível de 5% de significância, os níveis de tratamento cujos intervalos de credibilidade para as diferenças médias não contemplam o valor zero. Foram utilizadas como valores iniciais para cada  $\mu_j$ , respectivamente, a média amostral do  $j$ -ésimo tratamento.

A obtenção das distribuições marginais *a posteriori*, para todos os parâmetros envolvidos nos procedimentos descritos, foi por meio do pacote *BRugs* do programa *R* (R Development Core Team, 2014). Foram gerados 5.500.000 de valores em um processo MCMC (*Monte Carlo Markov Chain*), e, considerando um período de descarte amostral de 500.000 valores iniciais, assim a amostra final retirada em saltos de tamanho igual a 50, contém 100.000 valores gerados. A convergência das cadeias foi verificada por meio dos critérios de Heidelberger e Welch (1983) e de Geweke (1992) no pacote *coda* do *R*.

## RESULTADOS

Houve efeito linear negativo para equação de regressão das médias obtidas para MS (Tabela 3), porém os teores médios de matéria seca se mostraram mais elevados que o controle. As equações geradas para IRMS, MO, LIG, NIDA, PB e pH não se mostraram significativas ( $p > 0,05$ ). Porém, avaliando-se somente as médias geradas neste estudo é possível notar que o uso do glifosato elevou a MOO uso do glifosato, nas doses utilizadas neste estudo, foi capaz de reduzir as médias observadas para a PB.

As equações que descrevem o comportamento das variáveis FDN, FDA e CEL foram significativas ( $p > 0,05$ ) na forma de regressão linear. Para a fração FDN, houve elevação significativa quando o glifosato foi aplicado nas doses de 500 e 750 mL/ha. Porém, para as variáveis FDA e CEL, tal efeito foi observado pontualmente para a menor dosagem do produto. Já no caso da HEM, foi encontrado efeito quadrático para equação de regressão, sendo que o ponto de máxima concentração (312,8 g/kg de MS) ocorreria caso a aplicação do produto fosse na ordem de 729,96 mL/ha. O pré-tratamento com glifosato antes da ensilagem reduziu os teores de NIDN para as silagens, quando comparadas ao controle, sendo que a dose 759,52 mL/ha resultaria na mínima concentração (1,6 g/kg de MS) de nitrogênio indisponível na parede celular.

Com relação à estabilidade aeróbia (Tabela 4), neste estudo foi observado que o uso do glifosato influenciou significativamente o tempo para que o pH máximo (pHMaxhoras) fosse observado, ocorrendo efeito linear para a equação gerada neste ensaio. Já para as determinações dos parâmetros: estabilidade aeróbia, média das temperaturas, pH máximo e pH médio, não foi observado qualquer efeito significativo.

Houve efeito quadrático para a máxima temperatura, onde a maior temperatura observada (32,31°C) seria obtida caso a aplicação do produto fosse de 556,79 mL/ha.

As silagens previamente tratadas com dessecante antes do corte apresentaram maiores perdas de matéria orgânica (PMO) durante a exposição ao ar, o que fica evidenciado pela equação de regressão, a qual apresentou comportamento linear, porém sem diferença significativa entre a forragem tratada e o controle.

Não houve efeito da dessecagem, quando observadas as equações de regressão para as variáveis ácido lático, ácido butírico, etanol, ácido propiônico, ácido fórmico, propanol, ácido isobutírico, ácido isovalérico e nitrogênio amoniacal (Tabela 5). Porém, avaliando-se as médias dos tratamentos é possível notar que o uso do glifosato afetou a concentração de ácido isovalérico, gerando redução em todas as silagens tratadas.

Foi observado efeito quadrático para a equação que descreve o comportamento das variáveis ácido acético e butanediol. No caso do ácido acético, a aplicação do dessecante causou a redução da concentração deste em relação à silagem controle, sendo que, estimando-se que com dose na ordem de 947,6 mL/ha, o ponto de mínima concentração observada seria de 0,56%. Já para o butanediol haveria redução na participação deste composto, sendo que a aplicação de 869,3 mL/ha faria com que a porcentagem deste metabólito fosse de 0,35%.

Tabela 3 Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão e equação de regressão) da composição nutricional das silagens aveia preta (base g/kg de MS), perdas de matéria seca e pH.

| Variável             |              | Dosagem de Glifosato (mL/ha) |        |        |        |        | Equação de Regressão |       |                   | <sup>1</sup> X <sub>cr</sub> | <sup>1</sup> y <sub>cr</sub> | <sup>2</sup> D |
|----------------------|--------------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------------------|-------|-------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|
|                      |              | 0                            | 500    | 750    | 1000   | 1250   | b0                   | b1 X  | b2 X <sup>2</sup> |                              |                              |                |
| <b>MS</b> g/kg de MN | <i>Média</i> | 228,1                        | 328,9* | 328,4* | 308,9* | 308,2* | 347,2                | -0,03 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 1,21                         | 0,96   | 1,08   | 0,78   | 0,42   | 0,95                 | 0,001 |                   |                              |                              |                |
| <b>IRMS (%)</b>      | <i>Média</i> | 76,81                        | 80,63  | 86,03  | 82,09  | 85,6   | 79,65                | 0,005 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 7,04                         | 5,17   | 3,15   | 3,87   | 3,61   | 4,41                 | 0,005 |                   |                              |                              | ns             |
| <b>pH</b>            | <i>Média</i> | 4,01                         | 3,80   | 3,86   | 3,82   | 3,84   | 3,80                 | 0,001 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 0,26                         | 0,04   | 0,05   | 0,03   | 0,03   | 0,04                 | 0,001 |                   |                              |                              | ns             |
| <b>MO</b>            | <i>Média</i> | 933                          | 948,7* | 951,4* | 950,8* | 947,1* | 951,4                | -0,01 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 0,06                         | 0,13   | 0,29   | 0,35   | 0,30   | 0,31                 | 0,001 |                   |                              |                              | ns             |
| <b>FDN</b>           | <i>Média</i> | 663,6                        | 737,2* | 721,5* | 710,2  | 641,2  | 807,4                | -0,12 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 2,46                         | 1,41   | 0,34   | 0,90   | 0,62   | 1,71                 | 0,002 |                   |                              |                              |                |
| <b>HEM</b>           | <i>Média</i> | 266,5                        | 301,6  | 298,5  | 307,3  | 234,6  | 158,4                | 0,42  | -0,001            | 729,96                       | 312,8                        |                |
|                      | <i>dp</i>    | 3,71                         | 1,24   | 0,53   | 0,89   | 0,58   | 4,61                 | 0,012 | 0,0001            |                              | 0,61                         |                |
| <b>FDA</b>           | <i>Média</i> | 397,1                        | 435,6* | 422,9  | 402,8  | 406,5  | 454,6                | -0,04 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 1,49                         | 1,03   | 0,61   | 0,45   | 0,42   | 0,85                 | 0,001 |                   |                              |                              |                |
| <b>CEL</b>           | <i>Média</i> | 351,6                        | 386,3* | 373,3  | 353,4  | 358,2  | 404,3                | -0,04 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 1,23                         | 0,95   | 0,59   | 0,48   | 0,58   | 0,87                 | 0,001 |                   |                              |                              |                |
| <b>LIG</b>           | <i>Média</i> | 45,6                         | 49,3   | 49,7   | 49,4   | 48,2   | 50,3                 | -0,01 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 0,32                         | 0,57   | 0,26   | 0,20   | 0,52   | 0,41                 | 0,001 |                   |                              |                              | ns             |
| <b>PB</b>            | <i>Média</i> | 107,2                        | 75,9*  | 44,1*  | 82*    | 90,4*  | 62,5                 | 0,02  |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 0,33                         | 0,42   | 0,32   | 0,35   | 0,67   | 0,52                 | 0,001 |                   |                              |                              | ns             |
| <b>NIDN</b>          | <i>Média</i> | 2,6                          | 1,9    | 1,9    | 1,5*   | 2,8    | 4,6                  | -0,01 | 0,001             | 759,52                       | 1,6*                         |                |
|                      | <i>dp</i>    | 0,03                         | 0,03   | 0,03   | 0,03   | 0,03   | 0,10                 | 0,001 | 0,0001            |                              | 0,01                         |                |
| <b>NIDA</b>          | <i>Média</i> | 1,6                          | 1,8    | 1      | 1,3    | 1,4    | 1,7                  | -0,01 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 0,04                         | 0,06   | 0,03   | 0,02   | 0,03   | 0,04                 | 0,001 |                   |                              |                              | ns             |

\*Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamento e controle, por meio de contraste bayesiano; *dp* – Desvio Padrão; <sup>1</sup>Coordenadas do ponto crítico da regressão quadrática; <sup>2</sup>Diferença entre Critério de Informação da Deviance 1 e 2 (X<sub>cr</sub> em mL/ha); ns – Sem efeito significativo para equação de regressão. MN – Matéria natural.

Tabela 4 Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão e equação de regressão) da estabilidade aeróbia das silagens de aveia preta.

| Variável             |              | Dosagem de Glifosato (mL/ha) |         |        |        |        | Equação de Regressão |        |                   | <sup>1</sup> X <sub>cr</sub> | <sup>1</sup> y <sub>cr</sub> | <sup>2</sup> D |
|----------------------|--------------|------------------------------|---------|--------|--------|--------|----------------------|--------|-------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|
|                      |              | 0                            | 500     | 750    | 1000   | 1250   | b0                   | b1 X   | b2 X <sup>2</sup> |                              |                              |                |
| PMO (%)              | <i>Média</i> | 12,29                        | 8,01    | 10,88  | 15,57  | 14,94  | 3,33                 | 0,010  |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 4,84                         | 3,61    | 5,17   | 4,88   | 3,57   | 4,48                 | 0,005  |                   |                              |                              |                |
| Estabilidade (horas) | <i>Média</i> | 37,32                        | 28,01   | 23,97  | 29,94  | 36,62  | 18,10                | 0,013  |                   |                              |                              | ns             |
|                      | <i>dp</i>    | 17,46                        | 9,13    | 11,58  | 9,67   | 18,70  | 12,75                | 0,014  |                   |                              |                              |                |
| Temp Max             | <i>Média</i> | 29,27                        | 33,60*  | 29,05  | 29,17  | 29,68  | 48,10                | -0,039 | 0,0001            | 556,79                       | 32,31*                       |                |
|                      | <i>dp</i>    | 0,17                         | 2,13    | 0,66   | 1,11   | 1,08   | 5,18                 | 0,013  | 0,0001            |                              | 0,71                         |                |
| Soma Temp            | <i>Média</i> | 241,50                       | 257,40* | 244,00 | 242,90 | 238,30 | 265,92               | -0,023 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 3,93                         | 3,81    | 4,41   | 2,56   | 9,64   | 6,14                 | 0,007  |                   |                              |                              |                |
| Média Temp           | <i>Média</i> | 26,83                        | 25,24   | 27,11  | 26,99  | 26,48  | 25,15                | 0,002  |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 0,44                         | 5,46    | 0,49   | 0,28   | 1,07   | 2,90                 | 0,003  |                   |                              |                              | ns             |
| pH máximo            | <i>Média</i> | 7,87                         | 7,74    | 8,21   | 8,00   | 6,24   | 9,15                 | -0,002 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 1,06                         | 0,54    | 0,80   | 0,25   | 2,17   | 1,24                 | 0,001  |                   |                              |                              | ns             |
| pH máximo (horas)    | <i>Média</i> | 74,00                        | 74,00   | 74,00  | 66,47  | 68,90  | 78,72                | -0,009 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 0,02                         | 0,02    | 0,02   | 4,03   | 5,09   | 3,70                 | 0,004  |                   |                              |                              |                |
| Média pH             | <i>Média</i> | 6,00                         | 5,52    | 6,69   | 6,28   | 5,45   | 6,19                 | -0,001 |                   |                              |                              |                |
|                      | <i>dp</i>    | 1,07                         | 0,61    | 1,36   | 0,62   | 1,51   | 1,18                 | 0,001  |                   |                              |                              | ns             |

\*Diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre tratamento e controle, por meio de contraste bayesiano; *dp* – Desvio Padrão; <sup>1</sup>Coordenadas do ponto crítico da regressão quadrática; <sup>2</sup>Diferenças entre Critério de Informação da Deviance 1 e 2 (X<sub>cr</sub> em mL/ha); ns – Sem efeito significativo para equação de regressão. PMO – Perdas de Matéria Orgânica, segundo Paredes *et al.* (2000); Temp Max - Temperatura Máxima; Soma Temp – Soma das temperaturas.

Tabela 5 Estimativas Bayesianas (médias, desvios-padrão e equação de regressão) do perfil fermentativo das silagens de aveia preta.

| Variável              |              | Dosagem de Glifosato (mL/ha) |                     |                     |                     |                     | Equação de Regressão |         |           | $^1x_{cr}$ | $^1y_{cr}$ | $^2D$ |
|-----------------------|--------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------|-----------|------------|------------|-------|
|                       |              | 0                            | 500                 | 750                 | 1000                | 1250                | $b_0$                | $b_1 X$ | $b_2 X^2$ |            |            |       |
| % da MS               |              |                              |                     |                     |                     |                     |                      |         |           |            |            |       |
| Ácido Lático          | <i>Média</i> | 7,40                         | 7,02                | 7,79                | 6,74                | 7,10                | 7,46                 | -0,001  |           |            |            |       |
|                       | <i>dp</i>    | 2,52                         | 1,22                | 0,98                | 1,54                | 0,63                | 1,15                 | 0,001   |           |            |            | ns    |
| Ácido Acético         | <i>Média</i> | 2,42                         | 0,68* <sup>L</sup>  | 0,55* <sup>L</sup>  | 0,57* <sup>L</sup>  | 0,67* <sup>L</sup>  | 1,21                 | -0,002  | 0,0000    | 947,6      | 0,56*      |       |
|                       | <i>dp</i>    | 0,79                         | 0,10                | 0,13                | 0,09                | 0,89                | 0,40                 | 0,001   | 0,0000    |            | 0,05       |       |
| Ácido Butírico        | <i>Média</i> | 0,94                         | 0,22                | 0,27                | 0,29                | 0,24                | 0,23                 | 0,000   |           |            |            |       |
|                       | <i>dp</i>    | 0,39                         | 0,15                | 0,14                | 0,30                | 0,14                | 0,19                 | 0,000   |           |            |            | ns    |
| Butanediol            | <i>Média</i> | 0,16                         | 0,20                | 0,41* <sup>L</sup>  | 0,26 <sup>L</sup>   | 0,25                | -0,35                | 0,002   | 0,0000    | 869,3      | 0,35*      |       |
|                       | <i>dp</i>    | 0,03                         | 0,04                | 0,04                | 0,05                | 0,09                | 0,30                 | 0,001   | 0,0000    |            | 0,04       |       |
| Etanol                | <i>Média</i> | 0,08                         | 0,07                | 0,09                | 0,06                | 0,10                | 0,06                 | 0,000   |           |            |            |       |
|                       | <i>dp</i>    | 0,05                         | 0,04                | 0,03                | 0,03                | 0,04                | 0,03                 | 0,000   |           |            |            | ns    |
| Ácido Propiônico      | <i>Média</i> | 0,19                         | 0,04* <sup>L</sup>  | 0,06 <sup>L</sup>   | 0,05 <sup>L</sup>   | 0,05* <sup>L</sup>  | 0,04                 | 0,000   |           |            |            |       |
|                       | <i>dp</i>    | 0,07                         | 0,02                | 0,03                | 0,04                | 0,03                | 0,03                 | 0,000   |           |            |            | ns    |
| Ácido Fórmico         | <i>Média</i> | 0,06                         | 0,04                | 0,08                | 0,04                | 0,05                | 0,05                 | 0,000   |           |            |            |       |
|                       | <i>dp</i>    | 0,03                         | 0,02                | 0,02                | 0,02                | 0,03                | 0,02                 | 0,000   |           |            |            | ns    |
| mg/Kg da MS           |              |                              |                     |                     |                     |                     |                      |         |           |            |            |       |
| Propanol              | <i>Média</i> | 157,40                       | 31,74 <sup>L</sup>  | 53,50               | 38,27 <sup>L</sup>  | 43,11               | 35,02                | 0,008   |           |            |            |       |
|                       | <i>dp</i>    | 99,60                        | 8,58                | 21,18               | 11,14               | 14,58               | 16,06                | 0,002   |           |            |            | ns    |
| Ácido Isobutírico     | <i>Média</i> | 202,30                       | 70,85               | 103,70              | 88,26               | 96,10               | 68,69                | 0,024   |           |            |            |       |
|                       | <i>dp</i>    | 81,11                        | 36,25               | 27,22               | 5,65                | 14,80               | 25,25                | 0,028   |           |            |            | ns    |
| Ácido Isovalérico     | <i>Média</i> | 258,10                       | 40,22* <sup>L</sup> | 29,75* <sup>L</sup> | 28,76* <sup>L</sup> | 32,55* <sup>L</sup> | 41,23                | -0,010  |           |            |            |       |
|                       | <i>dp</i>    | 27,94                        | 16,21               | 4,20                | 2,83                | 5,98                | 9,18                 | 0,010   |           |            |            | ns    |
| Butanol               | <i>Média</i> | 38,29                        | 1,00 <sup>L</sup>   | 7,75 <sup>L</sup>   | 5,76 <sup>L</sup>   | 11,56               | -3,86                | 0,012   |           |            |            |       |
|                       | <i>dp</i>    | 20,94                        | 0,02                | 1,60                | 3,45                | 7,74                | 4,58                 | 0,005   |           |            |            |       |
| % do Nitrogênio Total |              |                              |                     |                     |                     |                     |                      |         |           |            |            |       |
| N-NH <sub>3</sub>     | <i>Média</i> | 3,66                         | 3,69                | 3,73                | 5,08                | 4,33                | 3,06                 | 0,001   |           |            |            |       |
|                       | <i>dp</i>    | 0,79                         | 0,58                | 0,34                | 1,32                | 0,24                | 0,83                 | 0,001   |           |            |            | ns    |

<sup>a</sup>Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamento e controle (<sup>L</sup> através de transformação logarítmica), por meio de contraste bayesiano; *dp* – Desvio Padrão; <sup>1</sup>Coordenadas do ponto crítico da regressão quadrática; <sup>2</sup>Diferença entre Critério de Informação da *Deviance* 1 e 2 ( $X_{cr}$  em mL/ha); ns – Sem efeito significativo para equação de regressão.

## DISCUSSÃO

### Composição Nutricional e Perdas

A aplicação do herbicida glifosato, três dias antes do corte, foi capaz de elevar os valores médios de MS, mostrando-se eficaz para atuar como dessecante para esta finalidade. A aplicação deste agente químico pode levar a alterações na condutância estomática e modificação na permeabilidade seletiva das membranas celulares, com alteração na funcionalidade das aquaporinas, alterando assim o transporte de água nas células vegetais, com redução de absorção de água por parte da planta (Zobiolo, 2010).

É desejável que o teor de MS no momento do corte da forragem esteja entre 28 a 40%, dependendo da cultura e tecnologia disponíveis para ensilagem do material, sendo este fator um dos principais determinantes do tipo de fermentação que ocorre durante a preservação da forragem. Os valores de MS encontrados neste estudo foram semelhantes aos relatados por Coan *et al.* (2001), onde os autores obtiveram teor de MS de 32,3% para silagem de aveia preta com uso de pré-secagem ao sol por seis horas.

A dessecagem da aveia foi capaz de elevar a participação de MO o que indica que a dessecagem foi capaz de controlar a extensão da fermentação, o que pode resultar na maior conservação de compostos solúveis de maior interesse para a nutrição animal.

Neste ensaio, foi possível observar que a aplicação do dessecante afetou a composição da fibra da forragem, elevando os conteúdos de FDN e FDA das silagens tratadas, segundo as médias e equação de regressões obtidas (Tabela 3). O sistema de determinação da FDN, segundo Van Soest e Wine (1967), utiliza de agentes químicos para solubilizar o conteúdo celular, restando somente a parede celular, constituída por celulose e hemicelulose e componentes indisponíveis como a lignina, proteína danificada pelo calor ligada à parede celular e minerais. Já para o sistema de FDA, são considerados todos os componentes citados anteriormente, com exceção da hemicelulose, que é solubilizada durante o tratamento químico das amostras. Desta forma, quaisquer alterações observadas com relação a estes compostos estão ligadas ao efeito de diluição.

Constatou-se também que a aplicação do glifosato foi capaz de reduzir o conteúdo de PB nas silagens, o que corrobora outros trabalhos realizados, onde foi encontrado efeito similar, em que o uso do glifosato reduziu os teores de PB das plantas tratadas (Hoagland *et al.*, 1979; Zobiolo, 2010; Orcaray *et al.*, 2012). A redução nos

teores de PB deve-se ao fato do glifosato agir sobre a rota do ácido chiquímico, inibindo a produção de aminoácidos aromáticos essenciais, afetando assim a síntese proteica.

### Perfil Fermentativo

Não foram encontrados efeitos significativos do uso de glifosato para os níveis de ácido láctico neste trabalho (Tabela 5). No entanto, as concentrações de ácido láctico (média de 7,21%) foram consideradas acima do julgado adequado, uma vez que, segundo Kung e Shaver (2001), são relatados teores entre 3 e 6% na MS para silagens de gramíneas.

A elevada concentração de ácido láctico observada nesse estudo pode estar ligada à maior eficiência de fermentação de açúcares solúveis pelas bactérias acidoláticas, associado ao fato de que as silagens foram tratadas com inoculante, composto por *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilactici* (bactérias homofermentativas). Outro fato relevante evidenciado pela concentração de ácido láctico é que a forragem apresentou teor de carboidratos solúveis adequados para uma boa fermentação, embora essa variável não tenha sido determinada.

Os teores considerados adequados de ácido acético para silagens de gramíneas, segundo Kung e Shaver (2001), são entre 1 e 3%. Nota-se que a concentração de ácido acético reduziu ( $p > 0,05$ ) nas silagens tratadas com glifosato, estimando-se que o efeito seria mais evidenciado, com aplicação de 947,6 mL/ha. A presença deste ácido em altas concentrações pode indicar o amplo desenvolvimento de organismos indesejáveis, principalmente enterobactérias (McDonald *et al.*, 1991; Kung e Shaver, 2001). Estes microrganismos têm propensão a se desenvolver em silagens mais úmidas, pois a queda do pH neste tipo de material é mais demorada, sendo o metabolismo deste tipo de bactéria cessado em pH abaixo de 4,5 (Pahlow *et al.*, 2003), diferentemente da fermentação láctica, onde as perdas de energia são pequenas, para formação do ácido acético a recuperação de energia pode ficar entre 79,6 a 88,9 %, além de ser um ácido mais fraco, auxiliando pouco para conservação do material (Pahlow *et al.*, 2003).

Segundo McDonald *et al.* (1991), a presença de butanediol indica que houve amplo desenvolvimento de bactérias homoláticas durante a fermentação da silagem. Streptococos, pediococos e algumas espécies de lactobacilos utilizam a via glicolítica como forma de metabolizar os açúcares solúveis. Em condições de baixa concentração de oxigênio, o produto formado será o ácido láctico, permitindo assim a reoxidação do NADH. Porém, muitas dessas bactérias possuem outras vias metabólicas para degradar

os carboidratos solúveis, resultando em diversos produtos da fermentação, tais como acetato, CO<sub>2</sub>, formato, etanol, acetona, diacetil e 2,3-butanediol. A formação de tais compostos está ligada a condições de baixas concentrações intracelulares de frutose 1,6-bisfosfato, molécula que serve como ativadora da enzima lactato desidrogenase (McDonald *et al.*, 1991).

No que se refere à concentração de alcoóis de baixo peso molecular, exceto no caso do etanol, pouco tem se estudado, sendo que raramente os trabalhos com avaliação da qualidade de fermentação de silagens apresentam dados com relação a estes metabólitos (Kalač, 2011). Não foi observado efeito da aplicação de glifosato nas concentrações de etanol, com valor médio de 0,08% na MS das silagens. Concentrações de etanol entre 0,5 e 1% têm sido encontradas em silagens de gramíneas, sendo que este álcool é proveniente da fermentação de carboidratos solúveis (McDonald *et al.*, 1991; Kalač, 2011). Segundo Kalač (2011), o butanol pode ser indicativo da degradação de compostos nitrogenados durante a fermentação, uma vez que este álcool é proveniente do catabolismo de aminoácidos. Não foi possível explicar o comportamento apresentado pelo propanol por meio da equação de regressão, porém os valores médios para as silagens com glifosato se mostraram inferiores a controle.

Com relação aos metabólitos formados durante o catabolismo de compostos nitrogenados, foi observado, neste trabalho, redução dos valores médios para o ácido isovalérico, sendo este metabólito proveniente do catabolismo do aminoácido leucina (Lopes e Quesnel, 1973). Já para a concentração de N-NH<sub>3</sub>, não é interessante quantidade acima de 8 a 12% (Kung e Shaver, 2001), sendo que os valores observados neste estudo foram inferiores a 4,2%, revelando a baixa atividade proteolítica nas silagens.

### **Estabilidade Aeróbia**

Não foram encontrados resultados significativos com relação à estabilidade das silagens, avaliada pela média de temperaturas, pH máximo e média dos valores de pH. No entanto, foi encontrado que o uso do glifosato elevou a temperatura máxima, sendo estimado que o ponto de máxima temperatura (32,31°C) seria observado com aplicação do glifosato na dose de 556,79 mL/ha. Nota-se também que houve diferença significativa para a soma de temperaturas na silagem resultante da aplicação de 500 mL/ha de glifosato.

A elevação da temperatura em silagens após a exposição ao oxigênio é consequência da alta atividade microbológica, principalmente leveduras, uma vez que durante o consumo dos compostos solúveis que foram preservados na forragem, e mesmo de ácido láctico, são formados CO<sub>2</sub>, água e calor (McDonald *et al.*, 1991). Este efeito pode ter relação com o tipo de fermentação apresentada, uma vez que a dessecação reduziu significativamente as concentrações dos ácidos acético e isovalérico, moléculas capazes de inibir a deterioração da silagem após o período de abertura (Ohyama e McDonald, 1975; Pahlow *et al.*, 2003).

Com relação às perdas de matéria orgânica durante o ensaio de estabilidade, apesar das médias não mostrarem resposta significativa em relação à silagem controle, a equação de regressão apresentou efeito linear positivo. Esse resultado pressupõe que o uso de concentrações de glifosato maiores que as avaliadas neste estudo podem elevar as perdas após a exposição da silagem ao ambiente, devido à provável maior disponibilidade de substrato para fermentação de microrganismos espoliadores.

### **CONCLUSÕES**

A dessecação é capaz de alterar a composição nutricional do material e o perfil fermentativo ocorrido durante a estocagem da silagem, o que afetou a estabilidade aeróbia da silagem após a abertura dos silos. Nas condições encontradas neste experimento, recomenda-se o uso do glifosato na dose de 500 ml/ha, para confecção da silagem de aveia preta no estágio de grão leitoso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (1998) *Official methods of analysis of the AOAC international*. Washington, D.C: Association of Official Analytical Chemists.
- BERTO J. e MÜHLBACH P. (1997) *Silagem de aveia preta no estágio vegetativo, submetida à ação de inoculantes e ao efeito do emurchecimento*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **26**, 651-658.
- BOLSEN K., LIN C., BRENT B., FEYERHERM A., URBAN J. e AIMUTIS W. (1992) *Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages*. *Journal of Dairy Science*, **75**, 3066-3083.
- BORTOLINI P. C., MORAES A. D. e CARVALHO P. C. D. F. (2005) *Produção de forragem e de grãos de aveia branca sob pastejo*. *Revista Brasileira de Zootecnia*.
- BUMBIERES JUNIOR V. H., OLIVEIRA M. R., JOBIM C. C., BARBOSA M. A. A. D. F., CASTRO L. M. and BARBERO R. P. (2011) *Perpectivas para o uso de silagem de cereais de inverno no brasil*. In: JOBIM C. C., CECATO U., DO CANTO, M. W (eds) *Anais do IV Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas, Maringá, Brasil, 2011*, pp. 39-73.
- CARVALHO P. C. F. (2010) *Forrageiras de clima temperado*. In: FONSECA D.M., MARTUSCHELLO, J.A. (eds) *Plantas forrageiras*. Viçosa, BR: Editora UFV, pp. 494-537.
- CASTRO G. S. A., DA COSTA C. H. M. e NETO J. F. (2012) *Ecofisiologia da aveia branca*. *Scientia Agraria Paranaensis*, **11**, 1-15.
- CHERNEY J. H. e CHERNEY D. J. R. (2003) *Assessing silage quality*. *Silage science and technology*. Madison, USA: American Society of Agronomy.
- COAN R. M., FREITAS D., REIS R. A. e RODRIGUES L. R. A. (2001) *Composição bromatológica das silagens de forrageiras de inverno submetidas ou não ao emurchecimento e ao uso de aditivos*. *ARS Veterinária*, **17**, 58-63.
- DETMANN E., SOUZA M. A., VALADARES FOLHO S. C., QUEIROZ A. C., BERCHIELLI T. T., SALIBA E. O. S., CABRAL L. S., PINA D. S., LADEIRA M. M. e AZEVEDO J. A. (2012) *Métodos para análise de alimentos - inct ciência animal*. Universidade Federal de Viçosa, MG: Editora UFV.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS (2006) *Sistema brasileiro de classificação de solos*. *Embrapa Produção de informação Brasília, BR: Embrapa Solos*.
- GEWEKE J. (1991) *Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments*: Federal Reserve Bank of Minneapolis, Research Department.

- FEROLLA F. S., VÁSQUEZ H. M., SILVA J. F. C. D., VIANA A. P., DOMINGUES F. N. e AGUIAR R. D. S. (2007) *Produção de matéria seca, composição da massa de forragem e relação lâmina foliar/caule+ bainha de aveia-preta e triticale nos sistemas de corte e de pastejo. Revista Brasileira de Zootecnia*, **36**, 1512-1517.
- FONTANELI R. S. F. and FONTANELI R. S. (2009) *Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira*.
- HEIDELBERGER P. and WELCH P. D. (1983) *Simulation run length control in the presence of an initial transient. Operations Research*, **31**, 1109-1144.
- HOAGLAND R. E., DUKE S. O. e ELMORE C. D. (1979) *Effects of glyphosate on metabolism of phenolic compounds. Physiologia Plantarum*, **46**, 357-366.
- JOBIM C. C., NUSSIO L. G., REIS R. A. e SCHMIDT P. (2007) *Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. Revista Brasileira de Zootecnia*, **36**, 101-119.
- KALAČ P. (2011) *The effects of silage feeding on some sensory and health attributes of cow's milk: A review. Food chemistry*, **125**, 307-317.
- KUNG L. e SHAVER R. (2001) *Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. Focus on Forage*, **3**, 1-5.
- KUNG JR L., ROSINLOON J. R. and RANJIT K. (2000) *Microbial populations, fermentation and-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. Journal of Dairy Science*, **83**, 1479-1486.
- LACERDA M. J. R., FREITAS K. R. and DA SILVA J. W. (2009) *Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. Bioscience Journal*, **25**, 185-190.
- LOPEZ A. e QUESNEL V. C. (1973) *Volatile fatty acid production in cacao fermentation and the effect on chocolate flavour. Journal of the Science of Food and Agriculture*, **24**, 319-326.
- MCDONALD P., HERDERSON A. R., HERON S. J. E (1991) *The biochemistry of silage*. Marlow, Bucks, UK: Chalcombe Publication.
- OHYAMA Y. e MCDONALD P. (1975) *The effect of some additives on aerobic deterioration of silages. Journal of the Science of Food and Agriculture*, **26**, 941-948.
- ORCARAY L., ZULET A., ZABALZA A. and ROYUELA M. (2012) *Impairment of carbon metabolism induced by the herbicide glyphosate. Journal of Plant Physiology*, **169**, 27-33.
- PAHLOW G., MUCK R. E., DRIEHUIS F., ELFERINK S. J. e SPOELSTRA S. F. (2003) *Microbiology of ensiling. Silage Science and Technology*. Madison, USA: American Society of Agronomy.

PAREDES C., ROIG A., BERNAL M., SÁNCHEZ-MONEDERO M. e CEGARRA J. (2000) *Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes. Biology and Fertility of Soils*, **32**, 222-227.

PEREIRA J. R. A. e REIS R. A. (2001) Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. In: JOBIM C. C., CECATO U., DAMASCENO J. C., DOS SANTOS G. T. (eds) *Anais do Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas, Maringá, Brasil, 2001*, pp. 64-68.

PRYCE J. (1969) *A modification of the barker-summerson method for the determination of lactic acid. The Analyst*, **94**, 1151-1152.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2014) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em <<http://www.R-project.org>>.

ROSSI R. M. (2011) *Introdução aos métodos bayesianos na análise de dados zootécnicos com uso do winbugs e r. Maringá: Eduem*.

ROLAS (2004) *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Porto Alegre, BR: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*.

SOUZA, O. M. (2014) *Aplicação de procedimentos bayesianos para a análise de dados experimentais na produção animal*. Maringá, Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2014.

SPIEGELHALTER D. J., BEST N. G., CARLIN B. P. and VAN DER LINDE A. (2002) *Bayesian measures of model complexity and fit. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, **64**, 583-639.

VAN SOEST P. V., ROBERTSON J. and LEWIS B. (1991) *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science*, **74**, 3583-3597.

VAN SOEST P. U. e WINE R. (1967) *Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. Iv. Determination of plant cell-wall constituents. J. Assoc. Off. Anal. Chem*, **50**, 50-55.

ZOBIOLE L. H. S. (2010) *Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate. Pesticide Biochemistry and Physiology*, **97**, 182-193.

## **VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O uso do glifosato como dessecante químico para produção da silagem emurcheda de gramíneas de clima temperado, especificamente a aveia neste estudo, se mostra promissor. Porém, estudos avaliando o potencial desta tecnologia ainda são escassos, o que torna difícil para técnicos e produtores tomar alguma decisão com relação à dosagem, período de carência e possíveis efeitos causados sobre os parâmetros nutricionais da silagem.

Desta forma, são necessários mais trabalhos nesta área para que se tenha real ideia do potencial desta tecnologia com relação aos benefícios e possíveis efeitos prejudiciais, uma vez que, apesar de não ter sido realizado nenhum teste com relação à presença de resíduos nas silagens finais, isso é um fato eminente, porém ainda não se conhece o impacto disso sobre a produção animal e a saúde humana.