

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ENSILAGEM DE AVEIA PRETA: ESTABILIDADE
AERÓBIA, PERDAS DE NUTRIENTES E POTENCIAL
POLUIDOR DO EFLUENTE

Autor: Samuel Laudelino Silva
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

MARINGÁ
Estado do Paraná
abril - 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ENSILAGEM DE AVEIA PRETA: ESTABILIDADE
AERÓBIA, PERDAS DE NUTRIENTES E POTENCIAL
POLUIDOR DO EFLUENTE

Autor: Samuel Laudelino Silva
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração: Pastagens e Forragicultura.

MARINGÁ
Estado do Paraná
abril - 2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S586e	Silva, Samuel Laudelino Ensilagem de aveia preta: estabilidade aeróbia, perdas de nutrientes e potencial poluidor do efluente / Samuel Laudelino Silva. -- Maringá, 2014. 79 f. : il. Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, 2014. 1. Silagem de aveia preta - Estabilidade aeróbica. 2. Cereal de inverno. 3. Silagem de aveia preta - Composição química. 4. Silagem de aveia preta - Minerais. 5. Silagem de aveia preta - Potencial poluidor. I. Jobim, Clóves Cabreira, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. III. Título.
-------	---

CDD 22.ed. 636.0862



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**ENSILAGEM DE AVEIA PRETA: ESTABILIDADE
AERÓBIA, PERDAS DE NUTRIENTES E POTENCIAL
POLUIDOR DO EFLUENTE**

Autor: Samuel Laudelino Silva
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

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

APROVADA em 16 de abril de 2014.

Prof. Dr. Ulysses Cecato

Prof. Dr. Ferenc Istvan Bánkuti

Profª Drª Marcela Abbado Neres

Profª Drª Fabíola Cristine de
Almeida Rego Grecco

Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
(Orientador)

Que Mundo Maravilhoso

Que Mundo Maravilhoso

Eu vejo as árvores verdes, rosas vermelhas também

Eu as vejo florescer para nós dois

E eu penso comigo,

Que mundo maravilhoso

Eu vejo o céu azul e as nuvens tão brancas

O brilho abençoado do dia, e a escuridão sagrada da boa noite

E eu penso comigo,

Que mundo maravilhoso

As cores do arco-íris, tão bonitas nos céus

Estão também nos rostos das pessoas que se vão

Vejo amigos apertando as mãos, dizendo:

"Como você vai?"

Eles realmente dizem:

"Eu te amo!"

Eu vejo bebês chorando, eu os vejo crescer

Eles aprenderão muito mais que eu jamais saberei

E eu penso comigo,

Que mundo maravilhoso

Sim, eu penso comigo,

Que mundo maravilhoso

... E eu digo a mim mesmo,

Que mundo maravilhoso

Louis Armstrong (1901 – 1971)

Ao **Criador do Universo**, pela essência, pela vida e por toda sapiência que dela decorre.

OFEREÇO.

Aos meus pais, **Ozidio Laudelino Silva** (*in memoriam*) e **Maria de Lourdes Scarparo Silva**, pelo amor e pelas orações em meu favor.

A minha esposa, **Valdirene Francisca Teixeira Silva**, pelo amor, companheirismo e compreensão e a nossa filha, **Suíse Teixeira Silva**, pela força que me faz sentir renovado a cada dia.

Aos irmãos e irmãs e respectivas famílias, *Ademir Passos, Almir L. Silva (in memoriam), Ana L. Cassassus, Eliane L. Silva, Eni L. Silva, Paulo L. Silva e Vandeir L. Scarparo.*

Ao Sr. Claudiomir Soares Teixeira e Sra. Virgínia Francisca Teixeira.

A estas pessoas, parte e razão de minha existência,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Mato Grosso e à Universidade Estadual de Maringá, pela oportunidade oferecida através do Programa de Doutorado Interinstitucional (Dinter) Unemat/UEM/Fapemat e apoio para a realização deste curso.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, por possibilitar o desenvolvimento desse trabalho e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (Fapemat), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim, pela dedicada orientação e condução das ideias, ensinamentos, estímulo e amizade no decurso dessa pesquisa.

Ao Prof. Dr. Elias Nunes Martins e a Prof^ª. Dr^ª Eliane Gasparino, por coordenar as ações do Dinter pela UEM.

Ao Prof. Dr. Luiz Juliano Valério Geron, por coordenar as ações do Dinter, pela Unemat.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação e do Departamento de Zootecnia da UEM, Prof^ª Dr^ª Alice Eiko Murakami; Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco; Prof. Dr. Carlos Eduardo Furtado; Prof^ª Dr^ª Claudete Regina Alcalde; Prof. Dr. Ferenc Istvan Bánkuti; Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos; Prof. Dr. Júlio Cesar Damasceno; Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro; Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos; Prof^ª Dr^ª Paula Adriana Grande; Prof. Dr. Marcos Weber do Canto e Prof. Dr. Ulysses Cecato, pela vivência e pela oportunidade de ser sábio no dia a dia da ciência.

Ao Departamento de Zootecnia, UEM, em especial ao servidor Francisco Wilson de Oliveira, sempre prestativo nas informações, contribuindo para esse doutorado.

Aos colegas e amigos doutorandos: Ana Lúcia Teodoro; Cristiano da Cruz; Edson Sadayuki Eguchi; Edson Júnior Heitor de Paula; Herena Naoco Chisaki Isobe; Leandro Castilho, Marice Cristine Vendruscolo; Maurício Arantes Vargas; Mábio Silvan José da

Silva; Marcos Rogério Oliveira; Márcia de Matos Abreu; Osvaldo Martins de Souza; Tamara Tais Três; Tatiani Botini Pires e Tatiane Oliveira, obrigado pelos momentos de discussão, crescimento, apoio e demonstração de companheirismo.

Ao secretário do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Denílson Santos.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Alimentos e Metabolismo Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, Cleuza Volpato e Creuza de Souza Azevedo, pelo auxílio na realização das análises laboratoriais.

Ao servidor, Wilson Marssola, do Setor de Bovinocultura de Corte da Fazenda Experimental Iguatemi, pelo auxílio e cooperação no desenvolvimento dos trabalhos.

Ao bolsista de apoio tecnológico do CNPq, Bruno Lala Silva, pelas instruções quando das atividades laboratoriais.

Ao mestrando Antonio Vinicius Iank Bueno, por auxiliar nas discussões e interpretações dos dados iniciais.

Aos acadêmicos do Grupo de Estudos em Silagens e Feno (GESF) Rafael Pires, Rafael Novaes, Janaína Prietto, Caio Feitosa, Fernanda Donini e Viviane Gritti, pelo apoio físico nas atividades práticas da pesquisa.

Por fim, não menos importantes, às pessoas que anonimamente colaboraram com as atividades desta pesquisa, ajudando em mais essa etapa de minha formação.

BIOGRAFIA

SAMUEL LAUDELINO SILVA, filho de Ozidio Laudelino Silva (*in memoriam*) e Maria de Lourdes Scarparo Silva, brasileiro, casado, nascido em Barra do Bugre, Mato Grosso, no dia 13 de maio de 1975.

Em março de 1993, iniciou na Escola Agrotécnica Federal de Cáceres, no curso Técnico em Agropecuária (Agricultura e Zootecnia) concluindo em dezembro de 1996.

Em março de 1997, iniciou no curso de Bacharelado em Química, concluindo em julho de 2001, e em março de 2002 inicia no segundo curso de graduação obtendo a Licenciatura Plena em Química em junho de 2004, ambos pela Universidade Federal de Mato Grosso.

Em março de 2006, iniciou no mestrado em Educação, na linha de pesquisa em Educação e Meio Ambiente pelo Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Mato Grosso, obtendo o título de mestre em março de 2008.

Em agosto de 2006, optou pelo cargo de professor da Universidade do Estado de Mato Grosso - Unemat na área de Química, onde se efetivou e atualmente é lotado no Departamento de Zootecnia, *Campus* Universitário de Pontes e Lacerda/MT.

Coordena desde 2008 projetos de extensão em interface com a pesquisa, financiados pelo CNPq, MDA, MEC, Fapemat e Unemat na área de Agroecologia. Em agosto de 2010, iniciou no doutoramento pelo Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, realizando pesquisas em conservação de forragens, área de pastagens e forragicultura.

Tem experiência profissional nas áreas de Meio Ambiente e Química Ambiental, atuando em consultorias nos temas: Agroecologia, Educação Ambiental e Tratamento convencional e alternativo de água e efluentes.

Reside n Rua Porto Carreiro nº 917, em Cáceres-MT. mailto: samuel@unemat.br

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvii
I – INTRODUÇÃO GERAL	1
II – REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Potencial poluidor de silagens	3
2.2 Silagens de gramíneas tropicais e o efeito da densidade e do tamanho da partícula na produção de efluentes	5
2.3 Densidade da massa ensilada (DE)	6
2.4 Perda de matéria seca por gases produzidos na ensilagem	6
2.5 Efluentes de silagens	7
2.6 Estabilidade aeróbia	9
2.7 Fatores e relações que influenciam a degradação da matéria orgânica	10
2.8 Nitrogênio	11
2.9 Nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal	12
2.10 Nitrito	12
2.11 Nitrato	12
2.12 Fósforo como fosfato	13
2.13 Minerais em forrageiras	13
2.14 Minerais ferro, zinco, cobre, cálcio, potássio, sódio, magnésio e manganês	14

2.15 Legislações e definições sobre efluentes	14
REFERÊNCIAS	17
III– OBJETIVOS GERAIS	23
IV – Valor nutricional e perdas totais de matéria seca em silagens de aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb.), em diferentes tamanhos de partícula e densidade na ensilagem	24
RESUMO	24
ABSTRACT	25
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS	27
Ensilagem e monitoramento dos silos	28
Análises químico-bromatológicas	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS	34
V – Estabilidade aeróbia de silagens de aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb.) ensiladas com diferentes densidades e tamanhos de partícula	37
RESUMO	37
ABSTRACT	38
INTRODUÇÃO	39
MATERIAL E MÉTODOS	39
Ensilagem e monitoramento dos silos	40
Estabilidade aeróbia	41
Degradação e mensuração da matéria orgânica	42
Modelo estatístico	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS	50
VI – Potencial poluidor e perdas de macro e micronutrientes por efluente de silagem de aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb.)	53
RESUMO	53
ABSTRACT	54
INTRODUÇÃO	55

MATERIAL E MÉTODOS	56
Avaliações agronômicas.....	57
Ensilagem.....	57
Extração do suco e preparo das amostras.....	58
Análises de caracterização do potencial poluidor do efluente	59
RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
Teor de nitrogênio	62
Teor de fósforo	63
Teores de potássio e sódio	65
Teores de magnésio e cálcio	65
Teores de ferro, cobre e zinco	67
Teor de manganês	68
Potencial poluidor de efluentes de silagens de aveia	68
Oxigênio dissolvido (O ₂) e a degradação da matéria orgânica (MO)	69
Relação carbono/nitrogênio e perda de matéria orgânica	71
Caracterização do efluente de silagem de aveia preta	72
CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS	75
VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS	79

LISTA DE TABELAS

		Página
II – REVISÃO DE LITERATURA		
Tabela 1	Concentrações e contribuições unitárias típicas de DBO ₅ de efluentes de acordo com sua classificação	4
Tabela 2	Definições de acordo com as Resoluções Conama n° 357 de 2005 e 430 de 2011	15
Tabela 3	Condições e padrões de lançamento de efluentes	15
IV – Valor nutricional e perdas totais de matéria seca em silagens de aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb.), em diferentes tamanhos de partícula e densidade na ensilagem		
Tabela 1	Perdas de matéria seca por gases e efluente no 5° e no 60° dias após a ensilagem de aveia preta	31
Tabela 2	Composição química de silagem de aveia preta no momento da abertura dos silos experimentais	31
V – Estabilidade aeróbia de silagens de aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb.) ensiladas com diferentes densidades e tamanhos de partícula		
Tabela 1	Temperaturas médias da silagem de aveia preta e do ambiente no intervalo de 0 a 96 h de exposição ao ar	43
Tabela 2	Diferenças de temperatura (°C) entre o ambiente e as silagens de aveia preta, durante o tempo de exposição ao ar	44
Tabela 3	Valores de temperatura máxima (Tmax), tempo para atingir temperatura máxima (TTmax) e tempo para quebra da estabilidade aeróbia (TEA) de silagens de aveia durante 96 h de exposição ao ar	46

Tabela 4	Valores médios de pH de silagens de aveia em diferentes densidades e tamanhos médio de partículas, durante 192 h de exposição ao ar	47
Tabela 5	Concentração de matéria mineral (MM) em silagens de aveia no intervalo de 0 a 96 h de exposição ao ar	49
VI – Potencial poluidor e perdas de macro e micronutrientes por efluente de silagem de aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb.)		
Tabela 1	Concentração de minerais nos efluentes (sucos) extraído no dia do corte (APF), ao final da avaliação da estabilidade aeróbia das silagens (SFE) e na silagem adicionado de água (SFA)	60
Tabela 2	Caracterização físico-química do efluente de suinocultura e de efluente (suco) de silagens de aveia preta, obtido após 192 h de exposição ao ar	69
Tabela 3	Razão carbono/nitrogênio e carbono/fósforo no efluente da aveia preta fresca e na silagem na abertura dos silos	72
Tabela 4	Caracterização do efluente extraído da forragem fresca de aveia preta e ao final da avaliação da estabilidade aeróbia da silagem, com 192 h de exposição ao ar	72
Tabela 5	Relações de caracterização do efluente APF, SFE e SFA	74

LISTA DE FIGURAS

	Página
IV – Valor nutricional e perdas totais de matéria seca em silagens de aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb.), em diferentes tamanhos de partícula e densidade na ensilagem	
Figura 1 Dados pluviométricos e de temperatura do ar no período do plantio à ensilagem da aveia preta, obtidos da estação meteorológica da Fazenda Experimental de Iguatemi	28
V – Estabilidade aeróbia de silagens de aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb.) ensiladas com diferentes densidades e tamanhos de partícula	
Figura 1 Dados pluviométricos e de temperatura do ar no período do plantio à ensilagem da aveia preta, obtidos da Estação Meteorológica da Fazenda Experimental de Iguatemi	40
Figura 2 Temperaturas médias das silagens em função do TMP (A; B e C) e temperatura média do ambiente e das silagens avaliadas (D)	45
Figura 3 Curvas do pH para os três TMP nas três DE com respectivas equações de regressão	48
Figura 4 Perdas de MO (%) e concentração de MM (%) em silagens de aveia, no intervalo de 0 a 96 h de exposição ao ar	49
VI – Potencial poluidor e perdas de macro e micronutrientes por efluente de silagem de aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb.)	
Figura 1 Dados pluviométricos e de temperatura do ar no período do plantio à ensilagem da aveia preta, obtidos da Estação Meteorológica da Fazenda Experimental de Iguatemi	57
Figura 2 Concentração dos minerais: fósforo, magnésio, cálcio e manganês nos extratos da forragem verde (APF) e nas silagens de aveia (SFE e SFA)	61

Figura 3	Concentração de cobre e zinco nos efluentes APF; SFE e SFA	61
Figura 4	Teor de nitrogênio, potássio, sódio e ferro nos efluentes APF; SFE e SFA	62
Figura 5	Valores de temperatura, pH e concentração de oxigênio dissolvido nas amostras de efluente de aveia preta em três tamanhos médios de partícula (TMP) e nas três densidades (DE)	70
Figura 6	Perda de MO ao longo de 192 h de exposição ao ar	71

RESUMO

No presente estudo foram conduzidos três experimentos. Avaliou-se a composição química da forrageira e da silagem e a estabilidade aeróbia da silagem. O efluente gerado no processo de ensilagem e após a abertura dos silos da silagem de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) foi submetido à análise mineral e de potencial poluidor. Os trabalhos foram conduzidos na Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá situada no distrito Iguatemi, em Maringá/PR. No Experimento I, objetivou-se determinar o valor nutricional e perdas de matéria seca por gases e por efluentes em silagens de aveia preta. Ensilou-se em silos experimentais com volume de 0,015 m³. Após 60 dias abriram-se os silos e iniciou-se o monitoramento da estabilidade aeróbia por 96 h. Findou-se a avaliação, classificando a silagem de aveia de alta estabilidade aeróbia. A ensilagem foi produzida em três tamanhos de partículas (TMP 5,0; 8,0 e 12,0 mm) e três densidades (DE 550; 600 e 650 kg/m³) totalizando nove tratamentos com quatro repetições. As características fermentativas das silagens mostraram-se dentro dos padrões esperados para a cultura de aveia. As perdas médias de matéria seca foram maiores no tratamento TMP 5 mm e 600 kg/m³ no quinto dia, já aos 60° dias a maior perda foi registrada no tratamento TMP 8 mm e 650 kg/m³. Não houve diferenças (P<0,05) para os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), matéria mineral (MM), lignina (Lig), hemicelulose (Hem), celulose (Cel), carboidratos totais (CHO) e capacidade tampão (CT), em função do tratamento aplicado. Porém, foram observadas diferenças para os valores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), digestibilidade “in vitro” (DIVMS) e fibra em detergente ácido (FDA). No Experimento II, objetivou-se avaliar a estabilidade aeróbia da silagem de aveia preta, colhidos em três tamanhos de partícula e ensilados em três densidades. No Experimento III, objetivou-se caracterizar, via análises físico-químicas

e bioquímicas, as perdas de nutrientes e estabelecer o potencial poluidor ocasionado pelo efluente da silagem de aveia preta. As análises foram realizadas nos sucos-extratos da forragem fresca (APF), das silagens no final do monitoramento da estabilidade aeróbia (SFE) e aos 13 dias após o final da estabilidade em nove silos, os quais receberam 50 mL de água por quilo de silagem. Os sucos extraídos foram submetidos à análise dos minerais Nitrogênio (N); Fósforo (P); Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Sódio (Na); Cobre (Cu); Zinco (Zn); Ferro (Fe) e Manganês (Mn). Analisaram-se os parâmetros de determinação do efeito poluidor, quais sejam: pH; demanda bioquímica de oxigênio (DBO); demanda química de oxigênio (DQO); sólidos suspensos totais (SST); nitrogênio amoniacal Kjeldahl (NAK); Nitrato (NO_3^-) e fósforo total (Pt). Pela interpretação dos dados, pode-se inferir a seguinte ordem de potencial poluidor para os três conjuntos de amostras $\text{APF} < \text{SFE} < \text{SFA}$. Esses efluentes da silagem de aveia preta mostraram relação DQO/DBO maior que 2, indicando a existência de matéria orgânica não biodegradável o que impacta negativamente o ambiente.

Palavras-chave: estabilidade aeróbia, cereal de inverno, composição química, minerais, potencial poluidor

ABSTRACT

In the present study, three experiments were carried out. We evaluated the chemical composition of forage and silage and aerobic stability of silage. The effluent generated in the ensiling process and after opening the experimental silo of oat silage (*Avena strigosa* Schreb.) were subjected to mineral analysis and pollution potential. The works were carried out at the Iguatemi Experimental Farm, State University of Maringá situated in the district of Iguatemi, in Maringá / PR. In the first experiment the objective was to determine the nutritional value and losses of dry matter by gases and effluents in oat silage. It was ensiled in experimental silo with a volume of 0,015 m³. After 60 days the silo were opened and then began the monitoring of aerobic stability for 96 hours. Ended up the evaluation, the oat silage was classified as high aerobic stability. The silage was produced in three sizes of particles (MPS 5.0, 8.0 and 12.0 mm) and three densities (550, 600 and 650 kg/m³) totaling nine treatments with four replications . Fermentation characteristics of silages were within the expected for the cultivation of oats standards. The average dry matter losses were highest at MPS 5 mm and 600 kg/m³ on 5th day, however at the 60th day the highest loss was recorded in the treatment MPS 8 mm and 650 kg/m³. There were no differences ($P < 0.05$) for dry matter (DM), organic matter (OM) , neutral detergent fiber (NDF), mineral matter (MM), lignin (Lig), hemicellulose (Hem), cellulose (Cel), total carbohydrates (CHO) and buffer capacity (BC), considering the treatment applied. However, differences in the values of crude protein (CP), ether extract (EE), *in vitro* digestibility of dry matter (IVDDM), and acid detergent fiber (ADF) were observed. The second experiment aimed to evaluate the aerobic stability of oat silage, harvested at three particle sizes and ensiled at three densities. The third experiment aimed to characterize, via physicochemical and biochemical analyzes, the nutrient losses, and establish the potential polluter caused by

effluent from oat silage. Analyses were performed in the silage effluent extracted from fresh forage (EFF), at the end of monitoring aerobic stability (SAS) and thirteen days after the end of stability in nine silo which received 50 ml of water per kilogram of silage. The extracted effluent were subjected to analysis of mineral Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Sodium (Na), Copper (Cu), Zinc (Zn), Iron (Fe) and Manganese (Mn). We analyzed the parameters for determining the effect of pollution, namely: pH, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS), Ammonia Nitrogen Kjeldahl test (ANKT), Nitrate (NO_3^-) and total Phosphorus (P). By the data interpretation, we can infer the following order of pollution potential for the three sets of samples $\text{APF} < \text{SFE} < \text{SFA}$. These effluents of oat silage showed a relationship COD/BOD greater than 2 indicating the existence of non - biodegradable organic matter which negatively impacts the environment.

Keywords: aerobic stability, winter cereal, chemical composition, minerals, pollution potential

I – INTRODUÇÃO GERAL

A ensilagem surgiu a mais de 3.000 anos na Tunísia – Norte da África, conforme papiros egípcios encontrados em escavamentos arqueológicos (Kirstein, 1963). Nesses, são relatados o processo de ensilagem ocorrido entre os anos de 1500 - 1000 anos a.C. Segundo (Amaral e Bernardes, 2010; Bolsen, 1995; Shukking, 1976), nessa época utilizavam a planta inteira. A atividade de ensilar tornou-se manejo comum na idade média avançando até os dias atuais, com as devidas atualizações tecnológicas que se fizeram necessárias. O uso sistemático de silagem surge em torno de 1830, na Alemanha e na Áustria. No Brasil, de acordo com Amaral e Bernardes (2010), a prática da ensilagem teve seu início no final do século XIX.

Atualmente, a gestão agropecuária tornou-se indispensável o que torna o conhecimento dinâmico e acelerado. Nesse aspecto, a produção de alimento caminha lado a lado com a inovação para diminuir os impactos ambientais que a produção agropecuária gera.

Atividades agropecuárias e de processamento de produtos de origem animal e vegetal têm gerado sérios problemas ambientais como a poluição do ar, do solo, de águas superficiais e em águas subterrâneas (Silva, 2011).

Os efluentes provenientes de atividades agropecuárias apresentam, em geral, grande concentração de material orgânico, o seu lançamento em cursos d'água pode proporcionar grande decréscimo na concentração de oxigênio dissolvido nesse meio, cuja magnitude depende da concentração de carga orgânica e da quantidade lançada, além da vazão do curso d'água receptor (Matos, 2005). Segundo Marcantonio *et al.*, (2007), o lançamento de material orgânico oxidável na fonte hídrica, causa desequilíbrio pelo excesso de material a ser oxidado o que leva as bactérias aeróbias a trabalharem em ritmo acelerado, reduzindo significativamente a concentração de oxigênio no local,

podendo, com isso, provocar a morte por asfixia de peixes e demais animais aquáticos. As águas residuárias de atividades agropecuárias podem conter resíduos de fertilizantes, pesticidas, patógenos e, grande carga orgânica constituída por ácidos orgânicos, carboidratos solúveis e insolúveis, proteínas e fibras. Dentre as formas de tratamento de águas residuárias, que são consideradas de baixo custo de implantação e operação, destacam-se as dos Sistemas Alagados Construídos (SACs) ou *Wetlands* na literatura internacional (Eustáquio Júnior *et al.*, 2010). É necessário observar que nem toda espécie vegetal apresenta características adequadas para cultivo em SACs, pois devem tolerar a combinação de inundação contínua e exposição a altas cargas tóxicas. Algumas plantas forrageiras, dentre elas a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), possuem essa característica, suportando inundação e cargas de 400 kg dia⁻¹ de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (Eustáquio Júnior *et al.*, 2010).

Segundo Silva (1977), a DBO é definida como a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica, por microrganismos aeróbios mantidos em temperatura e período de tempo determinados e a Demanda Química de Oxigênio (DQO), como a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica, por meio da utilização de um forte oxidante, geralmente o dicromato de potássio em ácido sulfúrico e um catalizador. Quando a relação DQO/DBO é menor que 2, é considerada como resíduo facilmente biodegradável recomendando o tratamento biológico convencional (Agudo, 1992; Aquino *et al.*, 2006; Braile e Cavalcanti, 1993). Quando essa relação é maior que 2, indica a existência de matéria orgânica não biodegradável, devendo, portanto, ser realizado tratamento físico-químico.

Na pesquisa bibliográfica verificou-se que a aveia preta tem aptidões que vão além da fonte de alimentos (forragens, grãos e subprodutos destes). A aveia pode ser utilizada também como agente despoluidor de fluxos de efluentes em sistemas SAC's. Nesse aspecto, a pesquisa traz abordagens sobre a utilização da forrageira como silagens, a composição química da forragem e da silagem, características quanto à estabilidade aeróbia e às perdas de matéria seca e matéria orgânica no decurso do tempo de armazenamento e quando da exposição ao ar. Traz também informações sobre o potencial poluidor do efluente de silagens em duas situações, na armazenagem e no descarte de sobras agravados pela chuva.

II – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Potencial poluidor de silagens

A pecuária intensiva é uma forma de exploração concentradora de dejetos animais, sabidamente possuidores de grande carga poluidora para o solo, o ar e a água (Matos, 2005). Para diminuir eventuais danos ambientais, a produção agropecuária deve atender aos diversos dispositivos legais em vigor nas esferas federal, estadual e municipal (Marcantonio *et al.*, 2007).

Considerando que silagens têm grande frequência na alimentação de animais confinados (total ou parcial), surge a questão: o que pode ser feito para minimizar o volume de efluentes produzidos pelo processo de ensilagem, minimizando os possíveis impactos ambientais e as perdas de nutrientes?

Atento a essa questão, destaca-se que a ensilagem é um dos métodos mais importantes de conservação de forragens com a finalidade de alimentar os animais no período de escassez de forragem ou em diferentes sistemas de produção. Para Candido *et al.* (2002), com a intensificação dos sistemas de produção, cresceu a demanda por silagens com alto rendimento de forragem e valor nutritivo.

A busca por informações estará centrada no processo de produção de silagem, visando identificar o quanto de efluentes é produzido e quanto de nutrientes pode ser perdido por esse caminho. As principais características do efluente produzido por silagens de capins e sua relação potencial poluidor ambiental, depende de diversos fatores. Alguns destes serão abordados nesta pesquisa na tentativa de compreender os fenômenos envolvidos na produção de silagem de qualidade e, o que isto implica nas relações ambientais quando se produz efluente com elevadas taxas de DBO e DQO.

Loures *et al.* (2005), trabalhando com silagem de capim-tanzânia, encontraram as seguintes médias para DBO (11.289 mg/L), DQO (36.279 mg/L), DQO/DBO (3,35), pH (4,9), sólidos totais (34.395 mg/L) e sólidos totais fixos (16.533 mg/L). Os autores afirmam que as quantidades encontradas para esses parâmetros encontram-se dentro da amplitude aceita para efluente de silagens de gramíneas. Registra-se que mesmo sendo inferiores àqueles reportados em outros artigos (Loures *et al.*, 2003), representa um alto valor, visto que a legislação brasileira estabelece valores máximos de DBO e DQO de 120 e 90 mg/L, respectivamente, para os esgotos e dejetos lançados em cursos de água ou rios (CONSELHO..., 2011).

Na Tab. 1 estão dispostas algumas concentrações de DBO de acordo com a origem do efluente.

Tabela 1. Concentrações e contribuições unitárias típicas de DBO₅ de efluentes de acordo com sua classificação

Tipo de Efluente	Concentração DBO ₅ (mg/L)	
	Faixa	Valor típico
Esgoto sanitário	200-500	300
Laticínio	1.000-3.500	1.500
Curtume	8.000-32.000	2.500
Cervejaria	400-2.000	1.700
Açúcar e álcool	1.000-25.000	7.000

Adaptado pelo autor de Braile e Cavalcanti (1993).

Porém, conforme Jobim *et al.* (2007), em qualquer sistema de produção animal a qualidade dos alimentos que compõem a ração é de fundamental importância na busca da eficiência. Ainda, destaca-se que, na maioria das explorações, os gastos com alimentação animal representam a maior parte dos custos de produção. Diante disso, o emprego de tecnologia adequada na produção de alimentos é fator primordial. Especialmente as forragens conservadas como feno ou silagem podem ter seu valor alimentício bastante alterado em razão dos procedimentos adotados para a sua produção e conservação, e dos fenômenos bioquímicos e microbiológicos que ocorrem no processo. Essas considerações, feitas por Jobim *et al.* (2007), levam a refletir sobre os resíduos oriundos da produção da silagem e seus danos ao ambiente.

Muitos autores têm evidenciado que os diferentes processos de conservação de forragens resultam em perdas de nutrientes de diversas ordens quer seja pelo manejo empregado na colheita, quer seja no processo de ensilagem (Loures *et al.*, 2003). Estudos comprovam que no processo de ensilagem, a qualidade final do alimento está diretamente relacionada à forragem que lhe deu origem e às condições em que o mesmo

foi ensilado. A qualidade da silagem é dependente da espécie vegetal utilizada no que se refere ao seu grau de maturidade e teor de açúcares solúveis, assim como das operações realizadas ao longo do processo de conservação, como rápido enchimento do silo, expulsão do oxigênio da massa ensilada e correta vedação do silo ao longo de todo o período de conservação (Loures *et al.*, 2005). Porém, são escassas as informações a respeito das perdas de nutrientes que ocorrem ao longo do período de ensilagem, na forma de efluente.

Segundo McDonald *et al.* (1991), o efluente oriundo de silagens contém grande quantidade de compostos orgânicos como açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e outros componentes provenientes do material ensilado, constituindo uma fonte nutricional para os diferentes microrganismos saprófitos que vivem em córregos e rios. O efluente com essa carga orgânica consome o oxigênio presente no leite, causando danos ambientais ao ambiente aquático (Matos, 2005). A DBO no efluente da silagem é elevada, chegando a superar em muito os valores encontrados no esgoto doméstico, considerada um sério poluente para lençóis freáticos e cursos d'água (McDonald *et al.*, 1991). O efluente é corrosivo, fato que o torna difícil de ser armazenado. Em vista disso, o seu aproveitamento tem sido recomendado, com ressalvas, como adubo de culturas e, na impossibilidade desta reciclagem, deve-se efetuar o tratamento químico do efluente (Silva, 1977).

De acordo com Loures *et al.* (2003), o volume do efluente produzido em um silo é influenciado, principalmente, pelo conteúdo de matéria seca da espécie forrageira ensilada, tamanho de partícula e pelo grau de compactação, além de outros, como tipo de silo e dinâmica de fermentação. A produção de efluente ocorre principalmente na primeira semana de ensilagem (Bastiman, 1976; Haigh, 1999). Loures (2000), estudando a produção de efluente para diferentes compactações, encontrou que mais de 55% do total de efluente foram produzidos nos primeiros dois dias em todas as compactações estudadas.

2.2 Silagens de gramíneas tropicais e o efeito da densidade e do tamanho da partícula na produção de efluentes

Em estudo realizado por Loures *et al.* (2005), as variáveis relativas à composição química e fermentação das silagens, exceto o pH, não são alteradas em função de tamanhos de partículas. Já o teor de MS da forragem influencia a compactação do silo, determinando a densidade. A compactação da massa ensilada pode ser favorecida pela

redução do tamanho de partícula. Para McDonald *et al.* (1991), quanto menor o tamanho de partícula maior a disponibilidade de carboidratos solúveis (CS) que favorece o crescimento das bactérias lácticas. Vários autores (Loures, 2000; Nussio *et al.*, 2002; Igarasi, 2002; Loures *et al.*, 2005) destacam que o maior grau de compactação está diretamente associado à redução do tamanho de partícula da forragem, podendo contribuir para aumentar as perdas por efluente em forragens com menor teor de MS. Loures *et al.* (2005) afirmam que a produção de efluentes em silagens representa perdas de valor nutricional e risco de poluição ambiental.

2.3 Densidade da massa ensilada (DE)

Segundo Loures *et al.* (2005), em silagens não emurchecidas pode ocorrer aumento da concentração de FDN em função das perdas por efluente, especialmente de componentes do conteúdo celular. Ainda, o desaparecimento de carboidratos fermentescíveis pode favorecer a elevação do teor de FDN como efeito de concentração (Mahanna, 1993). Moser (1995) afirma que a respiração da forragem causa perdas de carboidratos solúveis e ácidos orgânicos, o que ocorre durante o emurchecimento. Para Loures *et al.* (2005), esse efeito poderia estar associado à menor intensidade de degradação da fração FDN. Ainda segundo esses autores, somente o pH respondeu à alteração no tamanho de partícula. Em avaliação do tamanho de partícula, Igarasi (2002) verificou efeito significativo para pH, de modo que as silagens com menor tamanho apresentaram valores de pH inferiores aos daquelas com partículas maiores. Resultados correspondentes foram encontrados por Aguiar *et al.* (2000).

A produção de efluente é diretamente proporcional à umidade da forragem ensilada, e na literatura há equações que podem ser utilizadas para sua estimativa (Bastiman, 1976; Rotz *et al.*, 1993).

2.4 Perda de matéria seca por gases produzidos na ensilagem

As silagens tendem a perder matéria seca no processo de ensilagem na forma de gases e líquidos. Diminuem conseqüentemente o valor nutritivo (Pedroso *et al.*, 2007), em decorrência do desaparecimento de compostos de alta digestibilidade, como carboidratos solúveis. Esse efeito é verificado na maior parte dos trabalhos em que a produção de etanol não foi controlada. Schmidt *et al.* (2011b) e Balieiro Neto *et al.*

(2009) afirmam que, em média, as perdas de MS na forma de gases responderam por 96% das perdas totais de matéria seca nas vias fermentativas em silagens de gramíneas. Para McDonald *et al.* (1991), em condições anaeróbicas, leveduras obtêm energia da fermentação de açúcares, produzindo dois moles de CO₂ para cada mol de glicose fermentado até etanol.

A produção de gases nas silagens significa perda de matéria seca. O estudo da produção de gases e de compostos orgânicos voláteis (COV) em silagens tem recebido da comunidade científica nacional e internacional pouca atenção, em estudos que tenha como objetivo identificar, quantificar e viabilizar a diminuição das emissões (Aquino, 2006; Tavares, 2012) vindo a desenvolver novas tecnologias que mantenha a sustentabilidade ambiental na produção desse volumoso essencial para a produção de proteína animal.

Na ensilagem, a produção de gases está relacionada a duas etapas do sistema: gases produzidos durante a fermentação e gases produzidos após a abertura dos silos (Schmidt *et al.*, 2011a). A importância para o estudo dos gases oriundos do processo de ensilagem se deve ao grande volume de silagem que é produzido anualmente. Segundo Schmidt *et al.* (2011a), citando divulgação realizada pelo *Serviço Nacional de Estatísticas Agrícolas*, instituição americana, mais de 100 milhões de toneladas de silagens de milho são usadas anualmente na alimentação dos rebanhos somente nos EUA. Poucos estudos que avaliam a produção dos gases do efeito estufa (GEE) e dos COV em silagens são realizados, onde diversos fatores (condições ambientais) e a metodologia afetam os resultados obtidos (Hafner *et al.*, 2010).

2.5 Efluentes de silagens

O surgimento de efluentes em silagens é ruim. Tal fenômeno decorre inicialmente da ruptura celular durante o período de armazenamento da forragem. Pode ser interpretado como reflexo de um processo de ensilagem inadequado, vindo a causar a deterioração da silagem, levando a perdas em quantidade e qualidade do alimento. Outro fator a ser considerado é que materiais com muita umidade são facilmente compactados, resultando numa barreira física, que dificulta o escoamento do efluente, deteriorando um volume maior de silagem (Woolford, 1984). Na observação de Loures *et al.* (2003), o volume do efluente produzido em um silo é influenciado, pela quantidade de matéria seca na forrageira ensilada e o grau de compactação. Ainda

segundo essa autora, há outros gargalos como o formato do silo, tratamento mecânico recebido pela forragem, processo de fermentação e as condições climáticas quando do corte e da ensilagem. De acordo com Vissers *et al.* (2007), a ensilagem de plantas com alta umidade propicia a produção de efluente e favorece o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*, que realizam proteólise e reduzem sobremaneira o consumo das silagens. O efluente produzido é constituído por água, macro e micronutrientes, compostos orgânicos solúveis, como proteínas, ácidos orgânicos, açúcares e carboidratos (McDonald *et al.*, 1991; Vissers *et al.*, 2007). A produção de efluentes em silagens causa prejuízo financeiro, ambiental e nutricional, uma vez que carrega componentes fundamentais para a nutrição animal.

Segundo alguns autores (Loures *et al.*, 2003; 2005; Schmidt *et al.*, 2011a), os parâmetros utilizados para a qualificação do potencial poluidor do efluente de silagens é realizado via avaliação da DBO₅ e DQO. Esses testes mensuram a concentração de material orgânico em águas residuárias e efluentes de esgotos domésticos e industriais (Silva *et al.*, 1997). Segundo esses autores, as diferenças básicas entre os dois métodos estão no oxidante utilizado e nas condições operacionais durante a análise. No teste da DBO₅, o oxidante utilizado é o oxigênio e a oxidação requer crescimento microbiano. O resultado é obtido após cinco dias. No teste da DQO₅, utiliza-se um oxidante forte, o dicromato de potássio em ácido sulfúrico e um catalisador, e temperatura. A oxidação do material orgânico é total para a maioria das substâncias orgânicas, fornecendo o resultado em até 3 h (Silva *et al.*, 1997). Só é possível firmar relações de proporcionalidade entre as medidas de DBO₅ e DQO, quando uma amostra é analisada em ambos os parâmetros. Caso a amostra seja formada por compostos que são oxidados por ambos os processos analíticos DBO₅ e DQO, a DQO pode substituir a DBO₅ ou ser usada como indicação da diluição necessária para análise da DBO₅.

A DBO₅ do efluente de silagens é caracterizada como alta, normalmente muito superior aos valores encontrados no esgoto doméstico e nos dejetos animais (Loures *et al.*, 2003; 2005). O potencial poluidor desse resíduo apresenta DBO₅ entre 30 e 80 mil mg O₂/L (Arnold *et al.*, 2000), enquanto no efluente doméstico encontram-se valores entre 300 e 500 mg O₂/L (McDonald *et al.*, 1991; Silva *et al.*, 1997).

O pH do efluente das silagens é enquadrado como ácido, podendo oferecer risco às estruturas de concreto e ou metal de alguns tipos de silos e implementos (O'Donnell *et al.*, 1995). Pode também causar a morte da vegetação que entra em contato com esse resíduo. Essas características diminuem as chances de aproveitá-lo como adubo de

pastagens ou na alimentação animal. A colheita no estágio fisiológico correto da planta até a retirada da forragem e fornecimento reduz as perdas e, conseqüentemente, a geração de compostos poluentes.

2.6 Estabilidade aeróbia

A fase de estabilidade aeróbia (EA) é tão importante quanto manter a ensilagem em anaerobiose durante a fase de fermentação e armazenamento, quando é feito o fornecimento no cocho. Silagem com boa EA pode elevar a temperatura do material em 2°C acima da temperatura ambiente em até 8 h, o que preserva o valor nutritivo do material ensilado. A deterioração da silagem quando exposta ao ar é inevitável e pode resultar em perda substancial de matéria seca (Woolford, 1984), o que geralmente ocorre pela interação de atividades fúngicas e bacterianas (Taylor *et al.*, 2002). O pH tende a aumentar, ocorre acúmulo de amônia e o nível de ácidos orgânicos (lático e acético) são reduzidos (Kung e Ranjit, 2001). Dessa forma, a deterioração aeróbia da silagem é função do aumento da temperatura e do pH pelo metabolismo de açúcares e ácidos orgânicos por leveduras e bactérias (Spoelstra *et al.*, 1988), o que normalmente reduz a qualidade do material ensilado.

Têm sido realizados muitos estudos que tratam do efeito dos inoculantes bacterianos sobre a estabilidade aeróbia de silagens, tanto no Brasil quanto no exterior. Diversos fatores podem interferir nos resultados, como a microflora epifítica original, umidade, teor de MS no momento da ensilagem, teor de CHO totais dentre outros.

Contudo, a eficiência fermentativa em silagens de gramíneas tende a ser melhorada com a utilização de inoculantes contendo bactérias homoláticas, diminuindo as acentuadas perdas que normalmente ocorrem tanto no processo de fermentação em decorrência da maior produção de ácido lático quanto da exposição aeróbia (Kung *et al.*, 2003), o que poderia levar a maior consumo e desempenho dos animais (McDonald *et al.*, 1991).

Os cuidados com a estabilidade aeróbia da silagem são especialmente importantes no período do verão pela ação da temperatura ambiente sobre a estabilidade do material. Para Ashbell *et al.* (2002), a maior intensidade de deterioração acontece em temperatura ambiente de 30°C ou superior, o que favorece a proliferação de fungos, maior produção de CO₂ e maior aumento do pH.

2.7 Fatores e relações que influenciam a degradação da matéria orgânica

Atento ao tema, o principal ponto a ser discutido é a matéria orgânica em suspensão ou dissolvida e os nutrientes, nitrogênio e fósforo como os principais parâmetros que indicam o potencial poluidor de efluentes de silagens de gramíneas. Por definição, mineralização é a transformação do material orgânico em ácidos orgânicos e húmus ou mineralizados - nitratos, fosfatos, sulfatos, formas amoniacais, dióxido de carbono e água (Taiz e Zeiger, 2004; Moreti *et al.*, 2007). Segundo Moreti *et al.* (2007), este processo está diretamente associado às condições de pH, umidade, temperatura e a ação de microrganismos.

Para ocorrer o processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica (MO) com a liberação ou não de efluentes, algumas condições devem ser atendidas, o pH fica no intervalo de 6,0 a 8,0 (Santos *et al.*, 2006), a temperatura deve estar entre 20° e 30°C dependendo da influência da temperatura ambiente e da concentração de oxigênio dissolvido (OD) que deve estar no intervalo de 1 e 4 mg/L.

Quimicamente, a matéria orgânica é a principal fonte de macro e micronutrientes (Santos *et al.*, 2006), atuando indiretamente na disponibilidade destes por diferentes rotas, inclusive pode retê-los de acordo com as características de rearranjo de cátions mono e divalentes com grupos fosfatos e carbonatos. O que pode favorecer a mineralização e ao mesmo tempo a retenção imediata de alguns minerais na forma de fosfato e carbonato.

É necessário atender a algumas relações químicas e bioquímicas partindo da DQO/DBO₅ e desta se desdobra para as demais relações para a completa caracterização do potencial poluidor do efluente, quais sejam: DQO/SST; DQO/P; DQO/N-NH₃; DQO/N/P; DQO/NO_x; N-NH₃/P; P/N-NH₃; SST/DBO₅ e NO_x/N-NH₃.

Saraiva e Koetz (2002), trabalhando com efluente de parboilização de arroz, sugerem que a relação DQO/P fique em torno de 25. Segundo esses autores, o efluente desse processo é rico em matéria orgânica e apresentou teores de nitrogênio e fósforo em quantidades entre 67 a 171 mg/L; 20,5 a 192 mg/L, respectivamente.

No efluente de arroz, Saraiva e Koetz (2002), as relações DQO/N/P mantiveram-se em média de 36:1:1,25. Chernicharo (1997) estimou o intervalo das relações de DQO/N/P para sistemas anaeróbios e despejos contendo proteínas e ácidos graxos entre 1000:5:1 e 400:7:1. No processo de depuração de efluentes é necessário atender às necessidades elementares da população microbiana, que são referidas em função da

quantidade de carbono disponível no meio. Dessa forma, considerando a relação entre os nutrientes constituintes de um efluente para que o tratamento seja eficiente os nutrientes devem obedecer à relação DBO/N/P que é de 100:5:1 (Von Sperling, 1997; 2005). Essa relação significa que para cada 100 g de matéria orgânica (DBO₅) presentes no efluente são necessários 5 g de nitrogênio (N) e 1 g de fósforo (P). O desbalanceamento dessa relação ou a falta de nutrientes N/P poderá ocasionar o crescimento de bactérias, o que prejudicará a eficiência da depuração do efluente.

Tam *et al.* (1992) observaram que a relação ótima de DQO/NO_x para desnitrificação deve estar compreendida no mínimo entre 3:1 até 6,6:1. Saraiva e Koetz (2002) encontraram 2,20 mg/L de NO_x e 12,00 mg/L para N-NH₃, ao trabalhar com efluente de arroz significando muita nitrificação e pouca desnitrificação. Isto pode ser explicado pela competitividade dos microrganismos pela matéria orgânica disponível em ambos os meios. Relacionando NO_x/N-NH₃, esses autores encontraram razão de 5,45. Logo, quanto menor a relação NO_x/N-NH₃ mais fácil será o processo de depuração do efluente pelo ambiente.

Segundo Hao e Chang (2001), no processo de compostagem de resíduos agropecuários, as emissões de amoníaco (NH₃), óxido de nitrogênio (N₂O), e nitrogênio molecular (N₂) diminuem o valor fertilizante do composto final. Raviv *et al.* (2004) concluíram que a maioria das perdas de N são causadas pela volatilização de NH₃. Por outro lado, Amon *et al.* (2001) afirmam que a emissão de gases com efeito de estufa (N₂O) e metano (CH₄) foi muito superior quando o chorume da pecuária leiteira é trabalhado em condições de anaerobiose, em relação às condições aeróbias.

2.8 Nitrogênio

O nitrogênio está presente no efluente de silagens, inicialmente em quatro formas. Nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras são denominadas de formas reduzidas e as duas últimas, formas oxidadas. De acordo com Piveli e Kato (2005), pode-se associar o tempo decorrido da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio, ou seja, se numa amostra de efluente as análises indicarem predominância das formas reduzidas significa que a poluição é recente; se prevalecer nitrito e nitrato significa que a fonte poluidora é antiga.

Segundo Teixeira *et al.* (2008), em efluentes, o nitrogênio apresenta-se sob as formas de nitrato (NO₃⁻), nitrito (NO₂⁻), amônia (NH₃), íon amônio (NH₄⁺), óxido

nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, aminas e aminoácidos), nitrogênio orgânico particulado (microrganismos e detritos). Teixeira *et al.* (2008) concluíram que os processos bioquímicos de oxidação do amônio a nitrito e deste para nitrato implicam em consumo de oxigênio dissolvido do meio, o que normalmente afeta a vida aquática quando a oxigenação do ambiente é menor que o consumo por esses processos.

2.9 Nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal

Segundo Teixeira *et al.* (2008), o nitrogênio amoniacal está presente em duas formas dissolvidas: o amoníaco ou amônia não ionizada (NH_3) e o íon amônio (NH_4^+), cujas proporções relativas dependem do pH, da temperatura e da salinidade do ambiente. Com o aumento da temperatura e diminuição do pH, as concentrações do íon amônio aumentam. De acordo com Piveli e Kato (2005), altos valores do íon amônio são encontrados em meios não oxigenados onde ocorre uma intensa mineralização da matéria orgânica.

2.10 Nitrito

O íon nitrito representa o estado intermediário entre o amônio e o nitrato, sendo também considerado nutriente. Em baixas concentrações de oxigênio, pode haver redução parcial do nitrato, elevando as concentrações de nitrito (Teixeira *et al.*, 2008). O amônio presente em águas fracamente oxigenadas transforma-se em nitrito. Logo, a presença de altos teores de nitrito em efluentes significa alta atividade microbológica e carência de oxigênio. O nitrito é considerado como indicador de poluição orgânica (Baungarten e Pozza, 2001).

2.11 Nitrato

O nitrato é a forma oxidada mais estável do nitrogênio em solução aquosa. É regenerado por via bacteriana a partir do nitrogênio orgânico através da decomposição da matéria orgânica, transforma-se em nitrogênio amoniacal. Portanto, a produção do nitrato resulta da oxidação bacteriana do amônio, tendo o nitrito como intermediário. Segundo Teixeira *et al.* (2008), a velocidade de formação ou regeneração de nitrato em

um meio orgânico é, em geral, menor que a assimilação pelos produtores primários, o que pode resultar em baixas concentrações de nitrato no meio. Geralmente, o nitrato ocorre em baixas concentrações em águas de superfície. Em efluentes recentes, a concentração de nitrato é baixa. Já em efluentes de estações de tratamento biológico com tanques de aeração, o nitrato é encontrado em níveis elevados (Baungarten e Pozza, 2001). Quanto maior o teor de nitrato menos poluidor é o efluente.

2.12 Fósforo como fosfato

Os maiores responsáveis pela redução nas concentrações de fósforo no efluente são as reações que ocorrem com os minerais, cálcio, alumínio e ferro, normalmente presentes em meios de adsorção (Ucker *et al.*, 2012). Segundo Naval e Couto (2005), o fósforo é assimilado na forma de ortofosfato e é liberado para o meio também nesta forma através da hidrólise de compostos orgânicos excretados pelos microrganismos, autólise e mineralização da matéria orgânica.

A concentração de fósforo é importante parâmetro de classificação das águas naturais e efluentes (Piveli e Kato, 2005). O fósforo está presente nas plantas em ligações ésteres a uma molécula de carbono (Taiz e Zeiger, 2004) o que torna difícil a quebra da ligação deste com a estrutura orgânica.

2.13 Minerais em forrageiras

Em estudo para estabelecer as médias de macro e micronutriente realizado com 171 amostras de aveia em grão, McMullen (2000) encontrou para os minerais as seguintes médias P (3.800); Mg (1.300); Ca (1.100); K (4.700); Na (20); Cu (4,7); Zn (37) e Mn (45) em mg/L.

A concentração de minerais está associada à fertilidade do solo, disponibilidade de água, adubação, manejo e forma de utilização. O grão de aveia tem maior concentração de fósforo e magnésio em relação aos demais nutrientes minerais. No grão de aveia, os minerais encontram-se distribuídos na casca (31% a 47%), no farelo grosso (15% a 30%), no farelo fino (16% a 22%) e na farinha (8% a 47%) (Gutkoski e Pedó, 2000).

Em revisão publicada, Gutkoski e Pedó (2000) afirmam que a casca apresenta grande quantidade de cálcio, significativo nutricionalmente, mas não disponível para a

absorção, por estar ligado com outros constituintes, aplicável a não ruminantes. Para esses autores, do fósforo total no grão de aveia, 58% estão sob a forma de ácido fítico.

2.14 Minerais ferro, zinco, cobre, cálcio, potássio, sódio, magnésio e manganês

O ferro, zinco e o cobre estão presentes nas estruturas vegetais em associação com moléculas de citocromo, clorofila e proteínas, é formador de complexos clorofila-proteína e precipita como óxidos e fosfatos, o zinco é um ativador enzimático, está presente no citocromo e o cobre forma o complexo cobre-ácido tartárico (Taiz e Zeiger, 2004).

Os elementos potássio, sódio, magnésio e manganês são encontrados em solução no citosol ou em vacúolos, ou ligados eletrostaticamente ou como ligantes de compostos de carbono (Taiz e Zeiger, 2004). Os elementos potássio e sódio são elementos de alta mobilidade, não constituem nenhuma estrutura vegetal. Para os autores Taiz e Zeiger, (2004) os elementos (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn) ficam disponíveis no intervalo de pH entre 5,5 e 6,5.

2.15 Legislações e definições sobre efluentes

A compreensão de que o ser humano é parte integrante do meio ambiente é consensual. Assim, as relações sociais, econômicas e culturais também fazem parte desse meio e, portanto, é objeto da área ambiental, por consequência, da educação enquanto processo. Com isso, todos têm compromisso com o desenvolvimento social e não pode ausentar de seu poder fiscalizador.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), órgão responsável pela legislação ambiental brasileira estipulava para o lançamento de efluentes em ambientes aquáticos o limite máximo de 5,0 mg/L de nitrogênio na forma de amônia (artigo 21, Resolução n° 20 – 1986). Acredita-se que por pressões motivadas pela economia, esse órgão elevou este limite para 20 mg/L através da Resolução de n° 357 (artigo 34) de 17 de março de 2005, sendo mantido esse valor na Resolução n° 430 (artigo 16) de 13 de maio de 2011.

As Resoluções do Conama n°430 de 13 de maio de 2011 e n° 357 de 17 de março de 2005 definem o termo efluente e as condições de lançamento e padrões de emissão, conforme os itens dispostos na Tab. 2:

Tabela 2. Definições de acordo com as Resoluções Conama n° 357 de 2005 e 430 de 2011

Resolução	Artigo	Inciso	Texto
430	4°	V	Efluente: termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos.
430	4°	XII	Parâmetro de qualidade do efluente: substâncias ou outros indicadores representativos dos contaminantes toxicologicamente e ambientalmente relevantes do efluente.
357	2°	XIII	Condições de lançamento: condições e padrões de emissão adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor.
357	2°	XXVI	Padrão: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente.

Adaptado pelo autor de Art. 4° incisos V e VII da Resolução Conama n° 430 de 13 de maio de 2011 (CONSELHO..., 2011) e do Art. 2° incisos XIII e XXVI da Resolução Conama n° 357 de 17 de março de 2005 (CONSELHO..., 2005).

A Resolução Conama n° 430 estabelece nos Artigos 2° e 3° condições para a disposição final de efluentes no solo, independente da origem, mesmo que tratados, não podendo em hipótese nenhuma causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Já o Artigo 11° proíbe o lançamento, mesmo que tratados de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, em águas de classe especial. O Artigo 16° estabelece condições para o lançamento, quando possível, de efluentes de qualquer fonte poluidora no corpo receptor, conforme demonstrado na Tab. 1.

Na Tab. 3 são demonstradas as condições para o lançamento de efluentes em corpos receptores.

Tabela 3. Condições e padrões de lançamento de efluentes

Parâmetro	Permitido
pH	5 – 9
DBO ₅	120 mg/L
Cobre dissolvido (Cu)	1,0 mg/L
Ferro dissolvido (Fe)	15,0 mg/L
Manganês dissolvido (Mn)	1,0 mg/L
Nitrogênio amoniacal total (N)	20,0 mg/L
Zinco total (Zn)	5,0 mg/L

Adaptado pelo autor de Art. 16 incisos I e II da Resolução Conama n° 430 de 13 de maio de 2011 (CONSELHO..., 2011).

As concentrações contidas na Tab. 2 é o valor máximo permitido quando do lançamento de efluentes no ambiente.

A Resolução n° 357 do Conama no que trata de efluentes foi alterada pela Resolução n° 430 tornando-a mais eficiente, enquanto instrumento normativo legal. A legislação trata com o mesmo rigor todos os efluentes independentes da origem. Na questão dos efluentes, no § 3° do Artigo 28,° é tratado dos relatórios, laudos e estudos que fundamentam a declaração de carga poluidora (DCP) que deverá ser mantida arquivada no empreendimento ou atividade, bem como uma cópia impressa da declaração anual subscrita pelo administrador principal e pelo responsável legalmente habilitado, acompanhada da respectiva anotação de

responsabilidade técnica (ART), os quais deverão ficar à disposição das autoridades de fiscalização ambiental.

Com a edição da Resolução 430, os órgãos ambientais estaduais ganharam autonomia para inúmeras ações de fiscalização, essa agilidade poderá significar o acompanhamento de perto das atividades agropecuárias, em especial aos confinamentos pela elevada carga orgânica que produzem por animal/dia.

Na atualidade, a produção de silagens de capins já se destaca em volume, contudo ainda não possuímos estudos estatísticos que indique qual é a quantidade de silagem produzida anualmente e qual a qualidade e em quais condições. Grande volume de silagens pode ocasionar volume significativo de efluentes, o que justifica investimentos em linhas de pesquisa com essa abordagem possibilitando continuidade a pesquisa nessa área.

No Brasil, a disponibilidade de dados sobre o impacto de efluentes de silagens no ambiente é insignificante, carecemos de muitos estudos para, inclusive fortalecer a legislação que trata sobre o tratamento e lançamento de efluentes em corpos receptores. Não existe nenhum trabalho científico sobre o impacto do efluente de silagens aos mananciais. Nesse contexto, esse estudo pretende gerar conhecimento sobre a composição de efluentes potencialmente tóxicos produzidos na ensilagem, podendo contribuir com a política ambiental brasileira sob a responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente, podendo a vir despertar pesquisadores para essa temática.

A pesquisa teve por objetivo compreender o potencial poluidor e as perdas por efluente de silagem de aveia-preta, uma gramínea C3 com ampla utilização no Sudeste e Sul do Brasil pelo seu valor nutricional.

Considerando a literatura revisada, construíram-se questões para reflexão de pesquisadores e produtores quanto às possibilidades de ensilar com técnicas adequadas visando diminuir a contaminação ambiental por efluentes de silagens. Buscou-se também a abordagem conceitual prevista na legislação sobre as questões ambientais inerentes à produção de efluentes e sua destinação com menor impacto negativo ao meio ambiente. Destaca-se o vazio de produções científicas no que concerne à temática ambiental quando o assunto é efluente de silagens. É intenção oportunizar com esta pesquisa para contribuir com aqueles que se interessam por efluentes de silagens de gramíneas, ou apenas pela silagem em si, mas atentando para as questões ambientais no cenário atual da produção animal.

REFERÊNCIAS

- AGUDO, E.G. *Demanda bioquímica de oxigênio*. São Paulo: Universidade Mackenzie, 1992. (Apostila).
- AGUIAR, R.N.S.; CRESTANA, R.F.; BALSALOBRE, M.A.A. *et al.* Avaliação das perdas de matéria seca em silagens de silagem de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.
- AMARAL, R.C.; BERNARDES, T.F. *Silagem: uma breve história*. 2010. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/conservacao-de-forragens>>. Acessado em: 10 jan. 2013.
- AMERICAN Public Health Association - APHA. *Standart methods for the examination of water and wastewater*. 21. ed. Washington, D.C.: APHA, 2005.
- AMON, B.; AMON, T.; BOXBERGER, J.; ALT, C. Emissions of NH₃, N₂O and CH₄ from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, v.60, p.103-113, 2001.
- AQUINO, C.A.B. *Identificação de compostos Orgânicos Voláteis (Covas) emitidos por florestas na região amazônica*. 2006. 89f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- AQUINO, S.F.; SILVA, S.Q.; CHERNICHARO, C.A.L. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado à análise de efluentes anaeróbios. *Eng. Sanit. Ambient.*, v.11, p.295-304, 2006.
- ARNOLD, J.L.; KNAPP, J.S.; JOHNSON, C.L. The use of yeasts to reduce the polluting potential of silage effluent. *Water Res.*, v.34, p.3699-3708, 2000.
- ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G.; HEN, Y. *et al.* The effect of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silage. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, v.28, p.261-263, 2002.

BALIEIRO NETO, G.; FERRARI JÚNIOR, E.; NOGUEIRA, J.R. *et al.* Perdas fermentativas, composição química, estabilidade aeróbia e digestibilidade aparente de silagem de cana-de-açúcar com aditivos químico e microbiano. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.44, p.621-630, 2009.

BASTIMAN, B. Factors affecting silage effluent production. *Experimental Husbandry*, v.31, p.40-46, 1976.

BAUMGARTEN, M.Z.; POZZA, S.A. *Qualidade de águas: descrição de parâmetros físico-químicos referidos na legislação ambiental*. Rio Grande: Editora da FURG, 2001. 166p.

BOLSEN, K.K. Silage: basic principles. In: BARNES, R.F.; MILLER, D.A.; NELSON, C.J. (Eds.) *Forages*. 5.ed. Ames: Iowa State University, 1995. p.163-176.

BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E. *Manual de tratamento de águas residuárias industriais*. São Paulo: CETESB, 1993.

CANDIDO, M.J.D.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. *et al.* Valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de adubação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, p.20-29, 2002.

CHERNICHARO, C.A.L. *Reatores anaeróbios (princípios do tratamento biológico de águas residuárias)*. Belo Horizonte: UFMG, 1997. 246p.

CONSELHO Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005*. Brasília, DF, 2005.

CONSELHO Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011*. Brasília, DF, 2011.

DEANS, E.A.; SVOBODA, I.F. Aerobic treatment of silage effluent - laboratory experiments. *Bioresour. Technol.*, v.40, p.23-27, 1992.

EUSTÁQUIO JÚNIOR, V.; MATOS, A.T.; CAMPOS, L.C.; BORGES, A.C. Desempenho agrônômico da aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), cultivada em sistemas alagados construídos. *Rev. Ambient. Água*, v.5, p.68-78, 2010.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. *Silagens: do cultivo ao silo*. Lavras: UFLA, 2000.

GALANOS, E.; GRAY, K.R.; BIDDLESTONE, A.J. *et al.* The aerobic treatment of silage effluent: Characterization and fermentation. *J. Agr. Eng. Res.*, v.62, p.271-279, 1995.

GIMENES, A.L.G.; MIZUBUTI, I.Y.; MOREIRA, F.B. *et al.* Composição química e estabilidade aeróbia em silagens de milho preparadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático. *Acta Sci. Anim. Sci.*, v.28, p.153-158, 2006.

GREENHILL, W.L. Plant juice in relation to silage fermentation. I The role of the juice. *J. Br. Grassl. Soc.*, v.19, p.30-37, 1964.

GUIM, A.; ANDRADE, P.; ITURRINO-SCHOCKEN, R.P. *et al.* Estabilidade aeróbia de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurcheado e tratado com inoculante microbiano. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, p.2176-2185, 2002.

GUTKOSKI, L.C.; PEDÓ, I. *Aveia: composição química, valor nutricional e processamento.* São Paulo: Varela, 2000. 191p.

HAFNER, S.D.; MONTES, F.; ROTZ, C.A. *et al.* Ethanol emission from loose corn silage and exposed silage particles. *Atmos. Environ.*, v.44, p.4172-4180, 2010.

HAIGH, P.M. Effluent production from grass silages treated with additives and made in large-scale bunker silos. *Grass Forage Sci.*, v.54, p.208-218, 1999.

HAO, X.; CHANG, C. Gaseous NO, NO₂, and NH₃ loss during cattle feedlot manure composting. *Phyton*, v.41, p.81-93, 2001.

HOFFMAN, P.C.; OCKER, S. M. Quantification of milk yield losses associated with feeding aerobically unstable high moisture corn. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.234, 1997.

IGARASI, M.S. *Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (Panicum maximum Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano.* 2002. 132f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

JASTER, E.H. Legume and grass silage preservation. In: MOORE, K.J.; KRAL, D.M.; VINEY, M.K. (Eds.). *Post-harvest physiology and preservation of forage.* Madison: ASA, CCSA, 1995. p.91-115.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. *et al.* Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, p.101-119, 2007.

JONES, D.I.H.; JONES, R. The effect of in-silo effluent absorbents on effluent production and silage quality. *J. Agr. Eng. Res.*, v.64, p.173-186, 1996.

KIRSTEIN, K. Historical Survey of the ensiling of green fodder. *Wirtsch. Futter*, v.9, p.54-65, 1963.

KUNG JR., L.; RANJIT, N.K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.1149-1155, 2001.

KUNG JR., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). *Silage science and technology.* 1.ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.305-360.

LOURES, D.R.S. *Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem sob níveis de compactação e de umidade do capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.) cv. Cameroon.* 2000. 67f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LOURES, D.R.S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G. *et al.* Características do Efluente e Composição Químico-Bromatológica da Silagem de Capim-Elefante sob Diferentes Níveis de Compactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.1851-1858, 2003.

LOURES, D.R.S.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. *et al.* Composição bromatológica e produção de efluente de silagens de capim-tanzânia sob efeitos do emurchecimento, do tamanho de partícula e do uso de aditivos biológicos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.726-735, 2005.

MAHANNA, B. Troubleshooting silages problems. In: STATE APPLIED NUTRITION CONFERENCE, 4., 1993, West Des Moines. *Summary...* West Des Moines: Pioneer Hi-bred International Inc., 1993. p.1-21.

MARCANTONIO, A.S.; ROCHA, G.C.; LOURENÇO, F.C. Estudo do impacto ambiental de efluentes de atividades agropecuárias sobre a qualidade da água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 8., 2007, Caxambu. *Anais...* São Paulo: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007. p.1-2.

MATOS, A.T. *Tratamento de resíduos agroindustriais: curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais.* Viçosa: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2005.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage.* 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340p.

McMULLEN, M.S. Oats. In: KULP, K.; PONTE Jr, J.G. *Handbook of cereal sciences and technology.* New York: Marcel Dekker, 2000. p.127-147.

MORETI, D.; ALVES, M.C.; VALERIO FILHO, W.V.; CARVALHO, M.P. Atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.31, p.167-175, 2007.

MOSER, L.E. Post-harvest physiological change in forage plants. In: MOORE, K.K.; KRAL, D.M.; VINEY, M.K. (Eds.). *Postharvest physiology and preservation of forages.* Madison: American Society of Agronomy, 1995. p.1-19.

NAVAL, L.P.; COUTO, T.C. Estudo da remoção de fósforo em efluentes provenientes de sistemas anaeróbios para tratamento de águas residuárias utilizando cal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2005. p.1-5.

NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; NUSSIO, C.M.B. Ensilagem de capins tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. *Anais...* Recife: [s.n.], 2002. p.60-99.

O'DONNELL, C.; DODD, V.A.; O'KIELY, P. *et al.* A study of the effects of silage effluent on concrete: Part 1 significance of concrete characteristics. *J. Agr. Eng. Res.*, v.60, p.83-92, 1995.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S. *et al.* Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, p.558-564, 2007.

PITT, R.E.; PARLANGE, J.Y. Effluent production from silage with application to tower silos. *Trans. ASAE*, v.30, p.1198-1204, 1987.

PIVELI, R.P.; KATO, M.T. *Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos*. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 285p.

RAVIV, M.; MEDINA, S.; KRASNOVSKY, A.; ZIADNA, H. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Sci. Util.*, v.12, p.6-10, 2004.

ROTZ, C.A.; PITT, R.E.; MUCK, E.M. *et al.* Direct-cut harvest and storage of alfalfa on the dairy farm. *Trans. ASAE*, v.36, p.621-628, 1993.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. *et al.* (Eds.). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SARAIVA, L.B.; KOETZ, P.R. Avaliação da remoção de nutrientes em efluente de parboilização de arroz. *Rev. Bras. Agrocienc.*, v.8, p.259-264, 2002.

SCHMIDT, P.; NOVINSKI, C.O.; JUNGES, D. Riscos ambientais oriundos de compostos orgânicos voláteis e do efluente produzido por silagens. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4., 2011, Maringá. *Anais...* Maringá: UEM, 2011a. p.251-270.

SCHMIDT, P.; ROSSI Jr., P.; JUNGES, D. *et al.* Novos aditivos microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar: composição bromatológica, perdas fermentativas, componentes voláteis e estabilidade aeróbia. *Rev. Bras. Zootec.*, v.40, p.543-549, 2011b.

SHUKKING, S. The history of silage making. *Stikstof*, v.19, p.2-11, 1976.

SILVA, D.J.P. *Guia para implantação de um sistema de gestão ambiental na agroindústria: um estudo da indústria de laticínios*. Viçosa, MG: UFV, 2011.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.

SILVA, M.O.S.A. *Análises físico-químicas para controle de estação de tratamentos e esgotos*. São Paulo: CETESB, 1977. 266p.

SILVA, S.R.; AGUIAR, M.M.; MENDONÇA, A.S.F. Correlação entre DBO e DQO em esgotos domésticos para a região da Grande Vitória – ES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 1997. p.981-990.

SPOELSTRA, S.F.; COURTIN, M.G.; VAN BEERS, J.A.C. Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of whole crop maize silage. *J. Agric. Sci.*, v.111, p.127-132, 1988.

STATISTICAL Analysis Sistem - SAS INSTITUTE. *User's guide: statistics*. Cary: SAS Institute, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAM, N.F.Y.; WONG, Y.S.; LEUNG, G. Significance of external carbon cause on simultaneous removal of nutrient from wastewater. *Water Sci. Technol.*, v.26, p.1047-1055, 1992.

TAVARES, J.P.N. Interação entre a vegetação e a atmosfera para formação de nuvens e chuva na Amazônia: uma revisão. *Stud. Av.*, v.26, p.219-228, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142012000100015>>. Acessado em: 24 mar. 2014.

TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.J., MILLS, J.A. *et al.* The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.1793-1800, 2002.

TEIXEIRA, R.M.; REGINATTO, V.; PEREIRA, F.F. *et al.* Remoção de nitrogênio de efluente agroindustrial utilizando biorreatores. *Acta Sci. Technol.*, v.30, p.209-213, 2008.

UCKER, F.E.; ALMEIDA, R.A.; KEMERICH, P.D. Remoção de nitrogênio e fósforo do esgoto sanitário em um sistema de alagados construídos utilizando o capim vetiver. *Rev. Ambient. Água*, v.7, p.87-98, 2012. Disponível em: <<http://doi.org/10.4136/ambi-agua.925>>. Acessado em: 26 ago. 2013.

VISSERS, M.M.M.; DRIEHUIS, F.; TE GIFFEL, M.C. *et al.* Concentrations of butyric acid bacteria spores in silage and relationships with aerobic deterioration. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.928-936, 2007.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. 3.ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.

VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: lodos ativados*. Belo Horizonte: ABES, 1997. v.4.

WOOLFORD, M.K. *The silage fermentation*. New York: Marcel Dekker, 1984.

III – OBJETIVOS GERAIS

Neste trabalho foram realizados três experimentos, com os seguintes objetivos: determinar o valor nutricional da silagem de aveia preta; avaliar a estabilidade aeróbia e as perdas totais de matéria seca da silagem de aveia preta em função de três tamanhos de partícula e em três densidades; caracterizar as perdas de nutrientes e o potencial poluidor do efluente formado pelo exsudado da silagem por análises físico-químicas e bioquímicas.

IV – Valor nutricional e perdas totais de matéria seca em silagens de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), em diferentes tamanhos de partícula e densidade na ensilagem

*[Nutritional value and dry matter total losses in the silages of oat (*Avena strigosa* Schreb.), in different sizes and particle density in silage]*

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito do tamanho médio da partícula (TMP) e da densidade (DE) na ensilagem da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), colhida no estágio de grão leitoso sobre o valor nutricional e perdas de matéria seca por gases e por efluentes no período de ensilagem e armazenamento. Os tratamentos foram constituídos por três densidades na ensilagem (550; 600 e 650 kg MV/m³) e três tamanhos médio de partículas (5; 8 e 12 mm), com quatro repetições. Para a ensilagem, utilizaram-se silos experimentais de PVC com volume de 0,015 m³. No quinto dia após a vedação dos silos, procedeu-se a pesagem para verificar as perdas de matéria seca por gases e efluentes. As perdas registradas variaram de 0,22 a 1,37%, respectivamente para DE 650 kg/m³ e TMP 12 mm e para DE 600 kg/m³ e TMP 5 mm. Antes da abertura dos silos, realizou-se a segunda pesagem para aferir a perda total de matéria seca ao longo de 60 dias de armazenagem. As perdas totais de MS variaram de 2,82 a 5,95%, sendo a menor, respectivamente, para DE 600 kg/m³ e TMP 12 mm e a maior perda para DE 650 kg/m³ e TMP 8 mm. Não houve efeito de tratamento para a maioria das variáveis nutricionais avaliadas nas silagens, exceto para os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e carboidratos totais (CHO). O tamanho médio da partícula e a densidade na ensilagem da aveia preta afetaram os teores de proteína, de extrato etéreo e de fibra em detergente ácido, com conseqüente alteração na DIVMS. As perdas totais de matéria seca e recuperação de matéria orgânica não foram afetadas pela densidade e pelo tamanho médio de partícula na ensilagem da aveia.

Palavras-chave: forrageira de inverno, proteólise, gases, valor nutricional

ABSTRACT

Was aimed to evaluate the effect of average particle size (APS) and density (DE) of oat silage (*Avena strigosa* Schreb) harvested at milky grain stage on nutritional value and dry matter losses by gas and effluent during ensiling and storage. The treatments consisted of three silage densities (550, 600 and 650 kg MV/m³), and three average particle sizes (5, 8 and 12 mm) with four replications. For silage were used experimental PVC silo with a volume of 0,015 m³. On the 5th day after the sealing of the experimental silo, the weight was carried out to check the dry matter losses in gas and effluent. Losses recorded ranged from 0.22 to 1.37 % respectively for DE 650 kg/m³ and 12 mm APS and DE 600 kg/m³ and 5 mm APS. Before the opening of the experimental silo, it was carried out the 2nd weighing to measure dry matter total loss during 60 days of storage. The total DM losses ranged from 2.82 to 5.95%, the lowest being respectively for DE 600 kg/m³ and APS 12 mm and greater loss for DE 650 kg/m³ and APS 8 mm. There was no treatment effect for most nutritional variables evaluated in the silages, except for neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and total carbohydrates (CHO). The average particle size and density of oat silage affected the levels of protein, ether extract and fiber acid detergent, with consequent change in *in vitro* digestibility of dry matter (IVDDM) . The dry matter total losses and recovery of organic matter were not affected by the density and the average particle size of oat silage.

Keywords: winter forage, proteolysis, gases, nutritional value

INTRODUÇÃO

A aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) é uma gramínea com múltiplos usos podendo ser empregada para a produção de grãos para fins de alimentação humana e animal (grãos, pastejo, feno, silagem ou cortada e fornecida fresca no cocho) pelo seu valor nutricional, podendo ser utilizada como cobertura do solo e adubação verde e inibir as infestações de plantas invasoras.

A composição química, por si só, não deve ser utilizada como único determinante da qualidade de uma forragem ou de sua silagem. A digestibilidade “in vitro” com base na matéria seca (DIVMS) é componente indispensável à correta interpretação do valor nutricional de uma forrageira “in natura” ou conservada.

A parede celular pode ser separada em fibra detergente neutro (FDN) que expressa a fibra digestível (celulose e hemicelulose) e a fibra detergente ácido (FDA) determinam a qualidade da parede celular e expressa a fração indigestível (lignina). Os teores de FDN e FDA determinam, respectivamente, o potencial de consumo e a digestibilidade da matéria seca. Esses parâmetros são indispensáveis na avaliação da qualidade da silagem.

Com relação à produção de silagem, o processamento mecânico durante a colheita tem grande influência sobre a qualidade final do material. Silagens com tamanho de partícula muito elevado apresentam problemas de compactação e, em consequência, fermentação inadequada o que pode incrementar a perda de matéria seca por gases e efluentes. Loures *et al.* (2003) observaram que com o aumento da pressão de compactação houve incremento na produção de efluente em silagem de capim-elefante, sendo que os autores concluíram que a pressão de compactação mais adequada seria de 550 kg/m³. Silagens com adequado teor de matéria seca e compactação eficiente preservam uma quantidade elevada de açúcares residuais, que posteriormente serão utilizados pelos microrganismos ruminais (Senger *et al.*, 2005).

Quando ocorre a redução do tamanho de partícula há maior facilidade no processo de ensilagem, pois a compactação é facilitada. E com o maior processamento da forragem, ocorre aumento na disponibilidade de nutrientes para as bactérias produtoras de ácido lático, facilitando a proliferação destas (McDonald *et al.*, 1991; Neumann *et al.*, 2005; Senger *et al.*, 2005).

Amaral *et al.* (2008) observaram melhoria nutricional em silagem de capim Marandu, quando esta teve maior densidade, com diminuição na concentração de nitrogênio

insolúvel em detergente neutro (NIDN) e maiores coeficientes de digestibilidade “in vitro”. Autores também relataram efeito benéfico da maior densidade com relação às perdas após abertura do silo e maior estabilidade aeróbia.

Porém, plantas forrageiras que não contenham teor de matéria seca adequada para ensilagem podem produzir efluente, o qual carrega grande quantidade de nutrientes como açúcares, ácidos orgânicos, proteínas, minerais (McDonald *et al.*, 1991) o que resulta em silagem de baixa qualidade. Além disso, os efluentes produzidos pelas silagens podem apresentar alto potencial de poluição ambiental.

Sendo assim, o objetivo do experimento foi estudar o efeito do tamanho médio da partícula (TMP) e da densidade (DE) na ensilagem da aveia preta sobre o valor nutricional da silagem e sobre as perdas totais por efluentes e gases.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental de Iguatemi – FEI, localizada à latitude de 23° 25' S; 51° 57' O e a 550 m de altitude. A região apresenta clima subtropical (Cfa), segundo a classificação de Köppen, temperatura média do mês mais frio, inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente, acima de 22°C (Caviglione *et al.*, 2000). O solo da região experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico de textura areno-argilosa (Gomes *et al.*, 2011).

As análises químico-bromatológicas da silagem foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA), ambos pertencentes à Universidade Estadual de Maringá.

A área de plantio da aveia preta comum (*Avena strigosa* Schreb.) foi constituída de 1,0 ha nas dependências da FEI. A análise de solo da área experimental apresentou o seguinte resultado: pH de 6,65; teor de P₂O₅ de 9,16 mg/dm³; K₂O de 0,16 Cmol/dm³; matéria orgânica de 21,94 g/dm³ e saturação de base 60,30%. Considerando o resultado da análise de solo foi feita adubação no plantio com 300 kg ha⁻¹ da formulação química NPK 08-30-16. Não se realizou adubação de cobertura.

O preparo do solo foi convencional, com utilização de arado de disco e grade niveladora. A semeadura da aveia foi realizada no dia 05 de maio de 2012 com densidade de 60 kg/ha de sementes. A semeadura foi realizada com semeadora de plantio em linhas, regulada para espaçamento entre linhas de 17 cm.

Na Fig. 1 são apresentados os dados obtidos na estação meteorológica da FEI, sendo que no período de plantio da aveia, houve pouca precipitação pluviométrica, sendo registrado um pico em 20/06/2012 com o um volume de 144,6 mm. Depois, seguiram-se 47 dias até o corte para a ensilagem, nesse período a precipitação total foi de 18,4 mm.

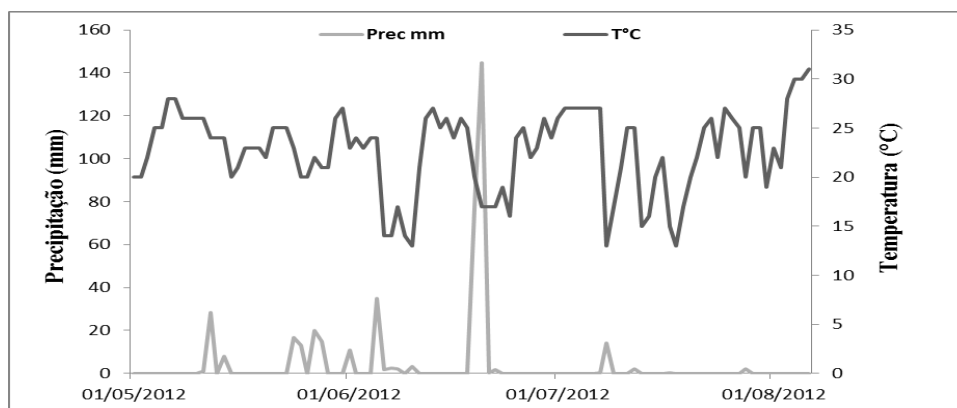


Figura 1. Dados pluviométricos e de temperatura do ar no período do plantio à ensilagem da aveia preta, obtidos da estação meteorológica da Fazenda Experimental de Iguatemi.

Ensilagem e monitoramento dos silos

O corte da aveia foi realizado no ponto considerado ideal para ensilagem sendo realizada a análise visual para a identificação do grão leitoso, conforme preconiza a literatura (Portas e Vechi, 2007), atingido os 93 dias do plantio. O corte foi realizado com uso de ensiladeira modelo JF92Z10, regulada para os tamanhos de partículas pré-definidos como tratamentos.

Os tratamentos avaliados foram três tamanhos médio de partículas (5 mm; 8 mm e 12 mm) e três densidades na ensilagem (550 kg/m^3 ; 600 kg/m^3 e 650 kg/m^3), arranjados em delineamento fatorial (3×3), com quatro repetições. As densidades tiveram por objetivo simular a pressão existente em silos de maior escala, como descrito por O'Donnell *et al.* (1995), em estudos para avaliação de ocorrência de efluentes em silagens.

A ensilagem foi feita em silos experimentais de PVC, com volume de $0,015 \text{ m}^3$ o que permitiu acomodar até 9,750 kg na densidade 650 kg/m^3 da forrageira em cada silo. Após o corte em cada tamanho de partícula, a forragem foi inoculada com inoculante bacteriano (Master tropical – Katec Lallemand), com níveis de garantia na ordem de $2,0 \times 10^8 \text{ ufc/g}$ de *Lactobacillus plantarum* MA 18/5u e de $0,5 \times 10^9 \text{ ufc/g}$ de *Pediococcus*

acidilactici MA 18/5m, com aplicação na dosagem recomendada pelo fabricante. As densidades das silagens foram obtidas, considerando-se o volume dos silos e a quantidade de massa de forragem a ser armazenada em cada silo.

Ao final do enchimento, os silos foram lacrados com lona preta e fita adesiva, pesados e armazenados em área coberta. No final dos primeiros cinco dias de fermentação, foi realizada a pesagem dos silos para quantificar as perdas parciais de matéria seca por gases e por efluentes. Para compreender o processo de deterioração da matéria orgânica (MO) da silagem de aveia preta, durante o período de armazenagem, utilizou-se a relação C/N, a qual foi calculada pelo quociente entre a concentração de carbono e a concentração de nitrogênio. A concentração de carbono total foi calculada multiplicando-se a concentração da MO pela constante 1,80, conforme Gonçalves e Baptista (2001).

As perdas de MO (PMO) foram estimadas pela concentração de matéria mineral no momento da ensilagem e na abertura dos silos, segundo equação proposta por Paredes *et al.* (2000), em que: $PMO (\%) = 100 - \{100 [X_1 (100 - X_2)] / [X_2(100 - X_1)]\}$, em que X_1 e X_2 representam a percentagem de matéria mineral (MM) no início e no fim do período de avaliação. No presente estudo, o X_1 refere-se ao teor de MM no dia do corte da aveia e o X_2 o teor de MM no dia de abertura dos silos.

Após o período de armazenamento de 60 dias, os silos foram pesados para determinação das perdas totais por gases e efluentes e abertos para retirada de amostras para análises químico-bromatológicas das silagens.

Análises químico-bromatológicas

As amostras das silagens, em cada tratamento, foram descongeladas em temperatura ambiente e secas em estufa a 60°C, com ventilação de ar forçada por 72h, e, posteriormente, moídas com auxílio de um moinho tipo faca, com peneira de 1 mm de crivo e armazenadas em potes plásticos para posteriores análises químicas.

As amostras da forragem ensilada foram submetidas às seguintes determinações: proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) realizadas, segundo Association... (1997). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest *et al.* (1991); matéria seca (MS), de acordo com Silva (2002). A lignina (LIG), pelo método LDA (lignina em detergente ácido), com uso de solução de ácido sulfúrico a 72%, após a determinação de FDA, empregando-se o equipamento *Daisy Incubator*

Ankom. Com esse equipamento, determinou-se a digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS), conforme Holden (1999). O teor de celulose (CEL) e hemicelulose (HEM) foi determinado, conforme Van Soest (1967). Foram determinados os carboidratos totais (CHO), dados da metodologia da Universidade de Cornell, descrita por Sniffen *et al.* (1992), em que: $\%CHO = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$. A capacidade tampão (CT) foi analisada, conforme Playne e McDonald (1966). As variáveis MS; MO; MM; PB; FDN; FDA; HEM; CEL; LIG; EE; DIVMS; CHO e CT das silagens foram avaliadas para cada tamanho de partícula e densidade, adotando-se o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (3 x 3), com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, segundo pacote estatístico Sistema... (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização da forragem verde, no momento do corte para ensilagem, apresentou a seguinte composição químico-bromatológica, com dados expressos com base na MS: MS (28,12%); MO (94,18%); MM (5,82%); PB (10,18%); FDN (66,32%); FDA (29,43%); HEM (36,89%); CEL (21,66%); LIG (4,77%); EE (2,97%); DIVMS (79,14%); CHO (81,03%) e CT (46,58 mg NaOH /100 g MS).

Na abertura dos silos, ocorrida em 08 de outubro de 2012, fez-se uma avaliação subjetiva de características das silagens como odor, coloração, camada deteriorada e presença de mofo. Do total de 36 silos, apenas um continha sinais de que a fermentação não ocorreu de forma satisfatória. Neste havia fungos, odor de amônia e forragem apodrecida. A essa situação atribuiu-se a possível falha no sistema de vedação utilizado. Nos demais silos, as silagens se apresentaram com coloração, odor, ausência de mofos e pequena camada deteriorada, conforme o previsto para silagem de aveia.

Na Tab. 1 são apresentados os dados de perdas totais de matéria seca durante a armazenagem e àquelas referentes ao período inicial de fermentação (até o 5º dia). As perdas de MS foram consideradas baixas com valores que variaram de 2,81 a 5,91% nas diferentes silagens estudadas, sendo a média de 4,18% para o período todo, não sendo observado efeito ($P > 0,05$) da densidade e do TMP na ensilagem. Até o quinto dia, as maiores perdas, em valores absolutos, ocorreram no TMP 5 mm nas três DE avaliadas. Já no período de 60 dias, a tendência de perda permaneceu com exceção da ocorrida na DE 550 kg/m³, que inverteu da menor para a maior partícula.

Tabela 1. Perdas de matéria seca por gases e efluente no 5° e no 60° dias após a ensilagem de aveia preta

Variáveis	Densidade (kg/m ³)									Média	CV (%)
	550			600			650				
	Tamanho médio de partículas (mm)										
	5	8	12	5	8	12	5	8	12		
MFF(g)	8.255	8.229	8.281	9.048	9.048	8.963	9.832	9.802	9.679	9.015	1,02
MSi 5(g)	8.168	8.193	8.217	8.926	9.019	8.925	9.641	9.768	9.658	8.946	1,61
MSi 60(g)	8.015	7.955	7.948	8.606	8.736	8.651	9.293	9.255	9.414	8.653	1,92
Perdas em 5 dias (%)	1,07	0,44	0,78	1,37	0,32	0,43	1,01	0,35	0,22	0,78	53,88
Perdas em 60 dias (%)	3,01	3,44	4,21	5,18	3,57	3,61	5,85	5,95	2,82	4,18	46,77

MFF-massa de forragem fresca; MSi5-massa silagem com cinco dias de ensilado e MSi60-massa de silagem com 60 dias de ensilado.

Fazendo a aplicação da equação, proposta por Paredes *et al.* (2000), constatamos que para esse ensaio a equação não possibilitou entendimento satisfatório da quantidade perdida de MO. Os valores em função dos tratamentos apresentaram inconsistência de dados, não refletindo nesse momento interpretação adequada para a perda de MO nos silos. As perdas no período de fermentação, calculadas em função da diferença direta das massas inicial, ao quinto e ao 60° dia da ensilagem demonstraram perda média de 4,18%, o que representa recuperação de 95,82% de MO sendo avaliado como muito bom.

São apresentados, na Tab. 2, os dados referentes à composição químico-bromatológica das silagens. Não houve diferença significativa ($P < 0,05$) para os teores de MS das silagens, com média de 30,42%, ou seja, uma elevação de 8,17% em relação ao teor de MS na forrageira no momento da ensilagem. De forma geral, apenas o TMP 5 mm na DE 650 kg/m³ apresentou valor menor que 30% de MS. Também para o teor de MO não houve diferença significativa ($P < 0,05$), com valor médio de 94,55%, representando elevação de 0,39% em relação ao teor de MO na forrageira no momento da ensilagem.

Tabela 2. Composição química de silagem de aveia preta no momento da abertura dos silos experimentais

Variáveis (%)	Densidade (kg/m ³)									Média (%)	CV (%)
	550			600			650				
	Tamanho médio de partículas (mm)										
	5	8	12	5	8	12	5	8	12		
MS	29,99	29,92	30,52	30,21	30,73	31,60	28,58	30,86	30,42	30,42	3,18
MO	94,14	95,14	94,46	94,74	95,12	94,31	94,24	94,62	94,22	94,55	12,87
PB	11,45b	10,08a	11,39b	11,05	11,53	11,74	12,07b	10,97ab	10,23a	11,16	6,28
FDN	60,34	60,3	59,49	60,15	60,16	60,05	60,87	61,70	60,74	60,43	2,24
FDA	25,1a	26,1a	27,49b	25,66	25,89	25,00	24,73a	26,35ab	27,21b	25,95	4,87
MM	5,86	4,86	5,54	5,26	4,88	5,69	5,76	5,38	5,78	5,45	12,88
LIG	5,28	5,14	4,28	5,67	5,02	4,45	5,18	4,39	4,42	4,87	15,58
HEM	32,25	34,50	36,13	34,29	34,27	35,35	32,00	34,41	32,14	34,26	4,81
CEL	19,80	20,00	19,55	20,94	20,86	21,96	23,21	21,89	22,33	21,17	6,90
EE	3,05	3,12	2,76	3,29b	2,74a	2,71a	3,19	2,84	2,80	2,94	8,68
DIVMS	72,66ab	76,32b	68,30a	71,69	73,94	67,76	69,64ab	63,95a	71,62b	70,65	6,10
CHO	79,63	81,34	79,66	80,99	80,85	80,04	79,38	80,68	81,21	80,42	1,35

MS-matéria seca; MO-matéria orgânica; PB-proteína bruta; FDN-fibra em detergente neutro; FDA-fibra em detergente ácido; MM-matéria mineral; LIG-lignina; HEM-hemicelulose; CEL-celulose; EE-extrato etéreo; DIVMS-digestibilidade "in vitro" da MS e CHO-carboidratos totais. Letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Houve diferença significativa ($P>0,05$) nos teores de PB das silagens, sendo a menor média de 10,08% e a maior de 12,07%, referente às silagens com DE 550 kg/m³ e TMP 8 mm e DE 650 kg/m³ TMP 5 mm, respectivamente. O teor médio de PB das silagens foi de 11,16%, o que representou aumento de 9,6% em relação ao teor de PB na forrageira no momento da ensilagem. Apenas a silagem com TMP 8 mm e DE 550 kg/m³ apresentou teor de PB menor que 10,18% (média da forrageira). Souza *et al.* (2011), trabalhando com ensilagem de aveia branca inoculada e não inoculada com (*Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus*) e utilizando TMP de 10 mm, encontraram valores semelhantes aos observados no presente estudo. Os autores concluíram que a PB foi afetada somente pela utilização do inoculante, de forma que a silagem inoculada apresentou menor teor de PB.

Para a fração FDN, as médias variaram entre 59,49 na DE 550 kg/m³ e TMP 12 mm e 61,70% na ME 650 kg/m³ e TMP 5 mm. A média da concentração de FDN nas silagens foi de 60,43%, sendo 9,7% menor que o teor de FDN na forragem fresca. Este comportamento é contrário ao esperado, uma vez que normalmente as perdas de compostos não estruturais no processo de fermentação aumentam o teor da fração fibra na forragem. Contudo, o desaparecimento desse percentual de FDN indica que a fração hemicelulose foi solubilizada. Esse efeito pode ser considerado positivo ao processo, por fornecer carboidratos solúveis aos microrganismos da silagem e possibilitar maior consumo da silagem pelos animais. Cysneiros *et al.* (2006), estudando capins tropicais e Santos *et al.* (2008), estudando aveia, encontraram resultados semelhantes quando avaliaram a utilização de enzimas fibrolíticas e inoculantes bacterianos.

Para o teor da FDA, os valores variaram entre 24,73% na silagem com ME 650 kg/m³ e TMP 5 mm e 27,49% na silagem com ME 550 kg/m³ e TMP 12 mm. As médias das silagens resultaram no teor médio de 25,95% de FDA, que é 13,4% menor que o teor médio na forragem fresca. Observa-se que os valores de FDA foram superiores ($P<0,05$) com o aumento do TMP, sendo este efeito mais pronunciado para a silagem com menor DE. Isso mostra que a elevação do TPM reduz a qualidade da silagem, pois a concentração de FDA está correlacionada com o valor nutricional e em consequência ao desempenho animal.

O consumo voluntário de MS está relacionado à concentração de fibra em detergente neutro (FDN) no volumoso. Este constituinte é um limitador do consumo pelo excesso de fibra que dificulta a digestibilidade pelo rúmen. Quanto maior a concentração de FDN na forragem, menor o consumo de MS. Já a digestibilidade da MS depende do teor

de fibra em detergente ácido (FDA), pela ligação entre lignina-celulose-hemicelulose (lignocelulose), é o principal limitante à degradação dos carboidratos estruturais pelos microrganismos ruminais.

Foi observado decréscimo nos valores da DIVMS das silagens no TMP de 12 mm, exceto quando a DE foi de 650 kg/m³. Provavelmente, isso se deva a maior perda de conteúdo celular quando o material sofre intenso processamento aliado a uma compactação elevada.

Não houve diferença significativa ($P < 0,05$) para os teores de MM. A menor média foi 4,86% e a maior foi 5,86% referente à silagem com DE 550 kg/m³ e TMP 8 mm, enquanto a maior média foi na DE 550 kg/m³ e TMP 5 mm. O teor de MM, média de todas as silagens, foi de 5,45% representando redução de 6,8% em relação ao teor de MM na forrageira quando da ensilagem. A redução do teor de MM da forragem, após a ensilagem, pode significar perda de minerais por carreamento em fluídos extravasados do núcleo celular e realizando um processo de movimentação descendente no interior dos silos.

Os teores de lignina (LIG) nas silagens não mostraram diferença ($P < 0,05$), com valores entre 4,28 e 5,28% e média 4,87%, representado um aumento na concentração de LIG de 2,31% em relação à forragem fresca, o que pode ser explicado pela perda de compostos solúveis. A lignina é constituída de um polímero fenólico associado aos carboidratos estruturais, à celulose e à hemicelulose (Norton, 1982) e é o componente que mais limita a digestão dos polissacarídeos da parede celular no rúmen (Jung e Deetz, 1993).

Também para os teores de HEM não houve efeito de tratamento, com teor médio de 34,26%, ou seja, 7,7% maior que a encontrada na forragem fresca, representando um aumento diário de 0,13%, o que pode ser atribuído ao efeito de diluição em relação a componentes não estruturais da planta. Alterações no teor de HEM durante o processo de ensilagem pode ser justificada pela hidrólise de carboidratos estruturais que ocorre durante o processo de fermentação (McDonald *et al.*, 1991). Embora alguma celulose também possa ser hidrolisada, a HEM é fonte de carboidratos solúveis o que significa que o aumento de sua concentração favorece a atuação de microrganismos na fermentação. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para os teores de CEL em relação aos tratamentos testados na ensilagem de aveia. Foi observado que o maior teor ocorreu na silagem com DE 600 kg/m³ e TMP 12 mm, enquanto o menor valor ocorreu na DE 550 kg/m³ e TMP 5 mm.

Já para o teor de EE houve efeito ($P < 0,05$) de tratamento DE 600 kg/m^3 e TMP 5 mm. Pode significar que nesta densidade e nesse tamanho de partícula pode ter ocorrido maior extravasamento de ácidos graxos, ceras e outras substâncias que são solúveis em éter. Comparando as médias entre a forragem fresca e a silagem, percebemos redução de 1,02% no teor de EE.

Entre as médias obtidas para a fração CHO das silagens não foi observado diferenças significativas ($P > 0,05$), quando comparado como a média encontrada na forragem fresca observa-se redução de 0,76% sobre a fração CHO. Possivelmente, essa baixa redução pode estar associada ao consumo por microrganismos. Salienta-se que a redução no teor de CHO pode ser maior, fato observado em silagens com fermentação inadequada, havendo grande consumo de carboidratos solúveis. O valor nutricional da silagem de aveia preta, aos 60 dias de ensilagem, pode ser evidenciado pelas alterações ocorridas no decurso da fermentação, fato observado nos teores de nutrientes nas silagens. Devem-se considerar ainda as concentrações em elementos minerais, os quais não foram comparados nesse estudo. Contudo, infere-se que os teores desses constituintes foram maximizados em função da baixa perda média de MS (4,18%).

CONCLUSÕES

O tamanho médio da partícula e a densidade na ensilagem da aveia preta afetaram os teores de proteína, de extrato etéreo e de fibra em detergente ácido, com consequente alteração na DIVMS.

As perdas totais de matéria seca e recuperação de matéria orgânica não foram afetadas pela densidade e pelo tamanho médio de partícula na ensilagem da aveia.

REFERÊNCIAS

AMARAL, P.N.C.; EVANGELISTA, A.R.; SALVADOR, F.M.; PINTO, J.C. Qualidade e valor nutritivo da silagem de três cultivares de milheto. *Ciênc. Agrotec.*, v.32, p.611-617, 2008.

ASSOCIATION of Official Analytical Chemists - AOAC. *Official methods of analysis*. 16th ed. Gaithersburg: International, 1997. 991p.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. *Cartas climáticas do Paraná*. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acessado em: 13 nov. 2013.

CYSNEIROS, C.S.S.; FRANCO, G.L.; ULHOA, C.J. *et al.* Efeito de enzimas fibrolíticas sobre a composição bromatológica de silagens de capins tropicais. *Ciênc. Anim. Bras.*, v.7, p.1-10, 2006.

GOMES, M.F.; PADILHA, J.; COSTA, J.L.F.; PAOKI, A. *Análise bidimensional da cobertura pedológica: o caso da fazenda experimental de Iguatemi*. Maringá, 2011. Disponível em: <http://www.dge.uem.br/semana/eixo6/trabalho_10.pdf>. Acessado em: 23 ago. 2013.

GONÇALVES, M.S.; BAPTISTA, M. *Proposta de regulamentação sobre qualidade do composto para utilização na agricultura*. Lisboa: Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, INIA, MADRP, 2001.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter for ten feeds. *J.Dairy Sci.*, v.82, p.1791-1794, 1999.

JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATIFIELD, R.D. *et al.* (Eds.). *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1993. p.315-346.

LOURES, D.R.S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G. *et al.* Características do Efluente e Composição Químico-Bromatológica da Silagem de Capim-Elefante sob Diferentes Níveis de Compactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.1851-1858, 2003.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340p.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L. *et al.* Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). *RBMS*, v.4, p.224-242, 2005.

NORTON, B.W. Differences between species in forage quality. In: HACKER, J.B. (Ed.). *Nutritional limits to animal production from pastures*. Farmhand Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1982. p.89-110.

O'DONNELL, C.; DODD, V.A.; O'KIELY, P. *et al.* A study of the effects of silage effluent on concrete: Part 1 significance of concrete characteristics. *J. Agr. Eng. Res.*, v.60, p.83-92, 1995.

PAREDES, C., ROIG, A., BERNAL, M. P. *et al.* Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes. *Biol. Fertil. Soils*, v.20, p.226-236, 2000.

PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. *J. Sci. Food Agric.*, v.17, p.264-268, 1966.

PORTAS, A.A.; VECHI, V.A. *Aveia preta - boa para a agricultura, boa para a pecuária*. 2007. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/plantas_forrageiras/cr55aveiapreta.php>. Acessado em: 20 ago. 2013.

SENGER, C.C.D.; MÜHLBACH, P.R.F.; SÁNCHEZ, L.M.B. *et al.* Composição química e digestibilidade “*in vitro*” de silagem de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. *Ciênc. Rural*, v.35, p.1393-1399, 2005.

SISTEMA para Análises Estatísticas - SAEG, versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes-UFV, 2007.

SNIFFEN, C.J.; O’CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.

SOUZA, L.C.; CASTAGNARA, D.D.; FERNANDES, T. *et al.* Composição bromatológica da silagem de aveia branca com e sem uso de inoculante microbiano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Belém. *Anais...* Belém: [s.n.], 2011. p.1-3.

VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, v.50, p. 50-55, 1967.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v.74, 3583-3597, 1991.

**V – Estabilidade aeróbia de silagens de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.)
ensiladas com diferentes densidades e tamanhos de partícula**

*[Aerobic stability of the silages of oat (*Avena strigosa* Schreb.) silages of different densities and particle sizes]*

RESUMO

Objetivou-se com esse estudo avaliar os efeitos de diferentes densidades (DE) e tamanhos médios de partícula (TMP) na estabilidade aeróbia de silagens de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.). Os tratamentos foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 3, com quatro repetições. Após o corte da forrageira, na ensilagem foi utilizado inoculante microbiano 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 ensilagem foi feita em silos experimentais de PVC, com capacidade de 9,750 kg de silagem. As densidades das silagens foram obtidas considerando-se o volume dos silos ($0,015 \text{ m}^3$). Utilizaram-se as densidades (DE) 550; 600 e 650 kg/m^3 e os tamanhos médios de partícula (TMP) 5; 8 e 12 mm. Após 60 dias de armazenagem, os silos foram abertos e coletadas amostras para análises químicas e iniciou-se o monitoramento da estabilidade aeróbia (EA) das silagens durante 96 h. Na abertura dos silos e por quatro dias após, foi realizado monitoramento dos valores de temperatura e pH e coleta de 25 g de amostra para determinar o teor de matéria mineral (MM). Os resultados evidenciam que, exceto nas primeiras 8 h de exposição ao ar, em nenhum outro momento a temperatura das silagens foi inferior aos valores da temperatura ambiente, caracterizando silagens com alta estabilidade aeróbia. A quebra da EA, considerando todos os tratamentos, ocorreu entre 8 e 24 h. Sendo registrado o tempo para atingir a temperatura máxima (TTmax) de $35,22^\circ\text{C}$ para a silagem com menor TMP e 550 kg/m^3 em 96 h de exposição aeróbia. Concluiu-se que o TMP e a DE da silagem tem a capacidade de alterar a estabilidade quando exposta ao ar, sendo que a maior compactação, aliada ao menor tamanho de partícula pode melhorar a fermentação do material, o que reduz o tempo de estabilidade ao ar.

Palavras-chave: forragem, matéria mineral, temperatura

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of different densities (DE) and average particle sizes (APS) on the aerobic stability of oat silage (*Avena strigosa* Schreb.). After cutting the forage, microorganisms silage inoculant was used with assurance levels on the order of 2.0×10^8 ufc/g of *Lactobacillus plantarum* MA 18/5u and 0.5×10^9 cfu/g of *Pediococcus acidilactici* MA 18/5M, with application in the dosage recommended by the manufacturer. The silage was made in experimental PVC silo with capacity of the approximately 10,0 kg of silage. The densities of the silages were obtained considering the volume of experimental silo (0.015 m^3). We used the density (DE) 550, 600 and 650 kg/m^3 and the average particle size (APS) 5, 8 and 12 mm. After 60 days of storage, the experimental silos were opened and samples collected for chemical analysis and then began the monitoring of the aerobic stability (AS) of silages for 96 hours. At the opening of the experimental silos and by four days after it was carried out the monitoring of the temperature and pH values and collecting 25 g of sample to determine the content of mineral matter (MM). The results show that except for the first 8 h of exposure to air, at any other time the temperature of the silage was lower than the values of the ambient temperature, characterizing silages with high aerobic stability. The breaking of the AS, considering all treatments occurred between 8 and 24 hours. And recorded the time to reach the maximum temperature (maxT) of $35.22 \text{ }^\circ \text{C}$ for silage with lower APS and 550 kg/m^3 at 96 hours of aerobic exposure. It was found that the APD and DE of silage has the ability to modify the stability when exposed to air, and the greater compression, coupled with the smaller particle size may improve the fermentation of the material, which reduces the time stability in air.

Keywords: forage, mineral matter, temperature

INTRODUÇÃO

O processo de ensilagem tem como objetivo conservar o material colhido o mais próximo do seu estado original. Para tanto, durante a produção da silagem é necessário atenção com relação a alguns aspectos referentes à planta como, por exemplo, o estágio de desenvolvimento, teor de matéria seca e, também em relação à tecnologia de ensilagem, como o tamanho de partícula e a compactação. Tais variáveis podem influenciar na qualidade final do material, com diminuição das perdas por processos fermentativos indesejáveis e concentração adequada de nutrientes.

Porém, durante a fase de utilização, a exposição da silagem ao ar pode ser prejudicial, reduzindo a qualidade da forragem. Geralmente, silagens com grande concentração de açúcares residuais e fermentação adequada, predominantemente láctica, quando exposta ao ar apresentam alta proliferação de organismos espoliadores. Primeiramente, as leveduras consomem ácido láctico elevando o pH, tornando o ambiente adequado para atuação de outros organismos oportunistas, como fungos filamentosos e bactérias, resultando em queda do valor nutricional do alimento (Woolford, 1990).

Silagens com alta densidade (DE) possuem maior quantidade de nutrientes residuais (Amaral *et al.*, 2008), porém se durante o período de utilização esta não for bem manejada podem ocorrer grandes perdas pela extensa proliferação de microrganismos deterioradores.

Já o tamanho de partícula pode influenciar positivamente o processo de produção de silagens, onde tamanhos adequados podem diminuir os custos de produção por diminuir as perdas no período de pós-abertura do silo (Balsalobre *et al.*, 2001), pois estas podem auxiliar aumentando a eficiência de compactação (Neumann *et al.*, 2007).

Assim, objetivou-se com esse experimento estudar o efeito do tamanho médio da partícula (TMP) e da densidade na ensilagem da aveia preta sobre a estabilidade aeróbia das silagens.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental de Iguatemi – FEI, localizada à latitude de 23° 25' S; 51° 57' O e a 550 m de altitude. A região apresenta clima subtropical (Cfa), segundo a classificação de Köppen, temperatura média do mês mais frio, inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente, acima de 22°C

(Caviglione *et al.*, 2000). O solo da região experimental é classificado como latossolo vermelho eutroférico de textura areno-argilosa (Gomes *et al.*, 2011).

As análises químico-bromatológicas da silagem foram realizadas no laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA), ambos pertencentes à Universidade Estadual de Maringá.

A área de plantio da aveia (*Avena strigosa* Schreb.) foi constituída de 1,0 ha nas dependências da FEI. A análise de solo da área experimental apresentou o seguinte resultado: pH de 6,65; teor de P_2O_5 de 9,16 mg/dm³; K_2O de 0,16 Cmol/dm³; matéria orgânica de 21,94 g/dm³ e saturação de base 60,30%. Considerando o resultado da análise de solo foi feita adubação no plantio com 300 kg ha⁻¹ da formulação química NPK 08-30-16.

O preparo do solo foi convencional, com utilização de arado de disco e grade niveladora. A semeadura da aveia foi realizada no dia 05 de maio de 2012 com densidade de 60 kg/ha de sementes. A semeadura foi realizada com semeadora de plantio em linhas, regulada para espaçamento entre linhas de 17 cm.

Na Fig. 1 são apresentados os dados obtidos na Estação Meteorológica da FEI, e no período de plantio da aveia, houve pouca precipitação pluviométrica, sendo registrado um pico em 20/06/2012 com o um volume de 144,6 mm. Depois, seguiram-se 47 dias até o corte para a ensilagem, nesse período a precipitação total foi de 18,4 mm.

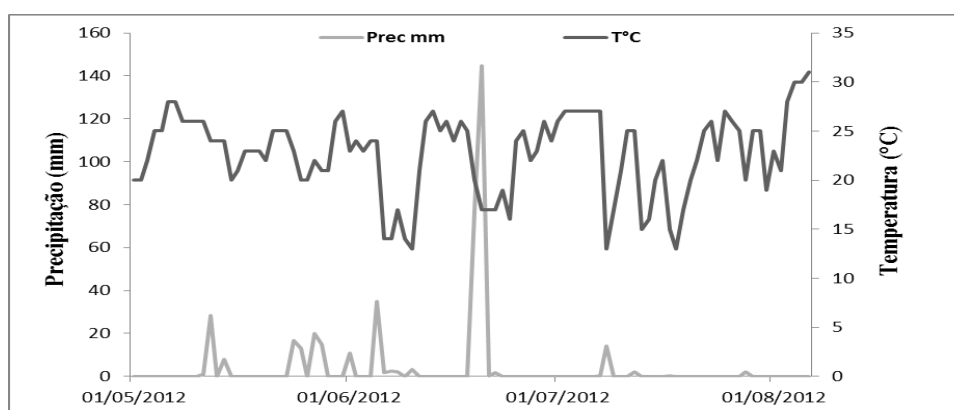


Figura 1. Dados pluviométricos e de temperatura do ar no período do plantio à ensilagem da aveia preta, obtidos da Estação Meteorológica da Fazenda Experimental de Iguatemi.

Ensilagem e monitoramento dos silos

O corte da aveia foi realizado no ponto considerado ideal para ensilagem sendo realizada a análise visual para a identificação do grão leitoso, conforme preconiza a

literatura (Portas e Vechi, 2007). O corte foi realizado com uso de ensiladeira, modelo JF92Z10, regulada para os tamanhos de partículas pré-definidos como tratamentos.

Os tratamentos avaliados foram três tamanhos médio de partículas (5 mm; 8 mm e 12 mm) e três densidades na ensilagem (550 kg/m^3 ; 600 kg/m^3 e 650 kg/m^3), arranjados em delineamento fatorial (3×3), com quatro repetições. As densidades tiveram por objetivo simular a pressão existente em silos de maior escala, como descrito por O'Donnell *et al.* (1997), em estudos para avaliação de ocorrência de efluentes em silagens.

A ensilagem foi feita em silos experimentais de PVC, com volume de $0,015 \text{ m}^3$ o que permitiu acomodar até 9,750 kg na densidade 650 kg/m^3 da forrageira em cada silo. Após o corte em cada tamanho de partícula a forragem foi inoculada com inoculante bacteriano (Master tropical – Katec Lallemand), com níveis de garantia na ordem de $2,0 \times 10^8 \text{ ufc/g}$ de *Lactobacillus plantarum* MA 18/5u e de $0,5 \times 10^9 \text{ ufc/g}$ de *Pediococcus acidilactici* MA 18/5m, com aplicação na dosagem recomendada pelo fabricante. As densidades das silagens foram obtidas considerando-se o volume dos silos e a quantidade de massa de forragem a ser armazenada em cada silo.

Ao final do enchimento, os silos foram lacrados com lona preta e fita adesiva, pesados e armazenados em área coberta. No final dos primeiros cinco dias de fermentação, foi realizada a pesagem dos silos para quantificar as perdas parciais de matéria seca por gases e por efluentes.

Após o período de armazenamento de 60 dias, os silos foram pesados para determinação das perdas totais por gases e efluentes e abertos para retirada de amostras para análises químico-bromatológicas das silagens.

Estabilidade aeróbia

As avaliações da AE tiveram início com a abertura dos silos após 60 dias de ensilagem. Em cada silo, a silagem foi descompactada para simular a exposição ao ar em situação de descarga do silo durante a utilização, conforme descrito por Kung Jr. *et al.* (2000). Para determinar a estabilidade aeróbia da silagem, nos oito dias seguintes após a abertura dos silos, foi realizada a leitura da temperatura do ambiente e das silagens diretamente nos silos, utilizando um termômetro digital de haste longa modelo *Gulterm 1001digital*.

As medições de temperatura foram realizadas diariamente às 8 h e às 16 h, sendo definida a quebra da EA como o tempo observado para que a silagem apresentasse elevação de 2°C em relação à temperatura ambiente (Kung Jr., 2001). A cada dia foram retiradas 25 g de amostra, para determinar o teor de matéria mineral (MM), utilizada como indicador na determinação de perdas durante a exposição ao ar, segundo equação proposta por Paredes *et al.* (2000).

Também foi determinado o pH das silagens, diariamente às 8 h, com uso de peagâmetro digital, sendo realizado a leitura do pH via infusão de 10 g de amostra de silagem em 100 mL de água destilada à temperatura ambiente, aguardando 30 min após homogeneização do material, conforme Cherney e Cherney (2003).

Degradação e mensuração da matéria orgânica

Para compreender o processo de deterioração da matéria orgânica (MO) das silagens de aveia preta, durante o período de avaliação da estabilidade aeróbia, utilizou-se a relação carbono/nitrogênio (C/N), a qual foi calculada pelo quociente entre a concentração de carbono e a concentração de nitrogênio. A concentração de carbono total, destinado ao cálculo da relação C/N, foi calculada pela fração entre a concentração da matéria orgânica e a constante 1,80, conforme Gonçalves e Baptista (2001).

As perdas de MO (PMO) foram estimadas pela equação proposta por Paredes *et al.* (2000), em que: $PMO (\%) = 100 - \{100 [X_1 (100 - X_2)] / [X_2(100 - X_1)]\}$, em que X_1 e X_2 representam a percentagem de MM no início e no fim do período de avaliação. No presente estudo, o X_1 refere-se ao teor de MM no dia de abertura dos silos e o X_2 o teor de MM da silagem a cada dia de avaliação da estabilidade aeróbia.

Modelo estatístico

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (fatorial 3 x 3) com nove tratamentos e quatro repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados, utilizando-se o teste de Tukey em nível de 5% de significância. Para realização das análises estatísticas, utilizou-se o Sistema de Análises Estatísticas (Sistema..., 2007), segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \text{TMP}_i + \text{DE} + \text{TMP} * \text{DE} + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} = observação referente aos TMP e DE;

μ = constante geral;

T_i = efeito do TMP; sendo $i = 1 \dots$;

DE = efeito da DE ; sendo $i = 1 \dots 4$;

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 8 h de exposição ao ar, todas as silagens apresentaram temperaturas mais elevadas que as registradas no ambiente (Tab. 1). Isso pode significar a ocorrência de intenso mecanismo de degradação das silagens por ação de microrganismos deterioradores.

Tabela 1. Temperaturas médias da silagem de aveia preta e do ambiente no intervalo de 0 a 96 h de exposição ao ar

Horas	Densidade (kg/m ³)									Média Sil °C	Média Amb	CV(%)
	550			600			650					
	TMP (mm)											
5	8	12	5	8	12	5	8	12				
0	25,38	25,28	25,83	25,08	23,35	26,40	25,55	25,48	25,87	25,57	27	2,62
8	30,63	30,87	32,42	30,4	31,3	32,1	31,02	33,45	32,15	31,52	29	6,04
24	31,77	31,97	31,57	32,65	32,05	31,00	32,27	30,02	31,25	31,62	29	3,21
32	23,75	25,47	23,6	22,97	25,00	23,35	23,75	28,75	23,8	24,5	22,5	6,07
48	25,87	27,45	24,50	24,27	26,75	23,80	25,35	30,60	24,20	25,87	22,5	6,81
56	27,42	27,55	22,77	24,92	28,17	22,35	29,57	31,05	22,27	26,15	22	9,19
72	26,35	25,92	23,1	23,55	28,4	23,5	28,75	29,12	22,95	24,61	21,5	7,24
80	32,12	30,00	25,17	30,32	30,97	22,80	31,67	32,40	24,60	28,89	21,5	7,09
96	35,22	33,72	27,37	33,72	35,10	25,75	34,07	35,05	27,65	31,96	25,5	6,26

Média (°C)-temperatura média da silagem; Média Amb(°C)-temperatura média do ambiente e CV(%) coeficiente de variação das médias dos nove tratamentos.

Na avaliação da estabilidade aeróbia, constatou-se que o maior tamanho médio de partícula proporcionou temperaturas máximas (T max) menores (exceto no caso da DE 600 kg/m³) e menor tempo para que atingissem tais temperaturas (Tab. 2).

Tabela 2. Diferenças de temperatura (°C) entre o ambiente e as silagens de aveia preta, durante o tempo de exposição ao ar

Horas	Densidades (DE)									Media	CV(%)
	550 kg/m ³			600 kg/m ³			650 kg/m ³				
	Tamanho médio de partículas (mm)										
	5	8	12	5	8	12	5	8	12		
0	-1,62	-1,72	-1,17	-1,92	-1,65	-0,60	-1,45	-1,52	-1,17	-1,43	6,62
8	1,63	1,87	3,42	1,40	2,30	3,10	2,02	4,45	3,15	2,52	6,66
24	2,77	2,97	2,57	3,65b	3,05ab	2,00a	3,27b	1,02a	2,25ab	2,62	9,21
32	1,25	2,97	1,10	0,47	2,50	0,85	1,32b	6,25a	1,30b	2,00	9,07
48	3,37ab	4,95a	2,00b	1,77ab	4,25a	1,30b	2,85b	8,10a	1,70b	3,37	9,81
56	5,42a	5,55a	0,77b	2,92ab	6,17a	0,35b	7,57a	9,05a	0,27b	4,15	9,40
72	4,85a	4,42a	1,60b	2,05b	6,90a	2,00c	7,25a	7,62a	1,45b	3,11	10,24
80	10,62a	8,50a	3,67b	8,82a	9,47a	1,30b	10,17a	10,90a	3,10b	7,39	11,09
96	9,72a	8,22a	1,87b	8,22a	9,60a	0,25b	8,57a	9,55a	2,15b	6,46	12,26

Letras diferentes diferem no teste de Tukey a 5%.

Observa-se que após 8 h de exposição ao ar, a EA foi quebrada nas silagens com DE 550 e TMP 12 mm, com DE 600 TMP 8 e 12 mm e naquelas com DE 650 kg/m³. A quebra da EA nesse intervalo de tempo mostra que a silagem possui boa qualidade nutricional, podendo-se inferir que o processo de fermentação ocorreu de forma adequada. Silagens com bom padrão fermentativo apresentam adequado teor de carboidratos solúveis residuais e elevado teor de ácido lático, substratos que podem ser utilizados pelas leveduras, principais microrganismos deterioradores da silagem (Kung Jr., 2001; Velho *et al.*, 2007; Young *et al.*, 2012). No tempo de 24 h, as silagens com TMP 5 mm e 8 mm na DE 550 kg/m³ e o TMP 5 mm na DE 600 kg/m³ quebraram a EA. Amaral *et al.* (2008), trabalhando com silagem de capim Marandu, notaram que as maiores DE utilizadas (120, 140 e 160 kg/m³) apresentaram maiores elevações de temperatura em relação a menor densidade (100 kg/m³), o que é explicado pelos autores pela melhor qualidade do material compactado com maior eficiência.

Nos intervalos de tempo onde foi monitorado a T ambiente e a T das silagens não foi evidenciando apenas taxa de elevação da temperatura, havendo também queda. Esse comportamento pode ser explicado pela variação na temperatura ambiente, especialmente à noite, que no período do estudo variou entre 21,5 e 29°C.

Na Fig. 2 são representadas as variações de temperatura durante a exposição aeróbia para todas as silagens avaliadas. A temperatura média de todas as silagens, no intervalo entre o tempo 0 e 96 h, foi superior à temperatura média do ambiente. Esse comportamento é explicado em função da atuação de microrganismos de forma constante, com liberação de calor no interior dos silos. Quando o silo é aberto, com a entrada de oxigênio ocorre o aceleração do processo de degradação da silagem.

Na abertura dos silos não há interferência do ambiente externo e a temperatura permanece abaixo da temperatura ambiente. Nos demais tempos, o processo é acelerado o que justifica a elevação da temperatura da silagem.

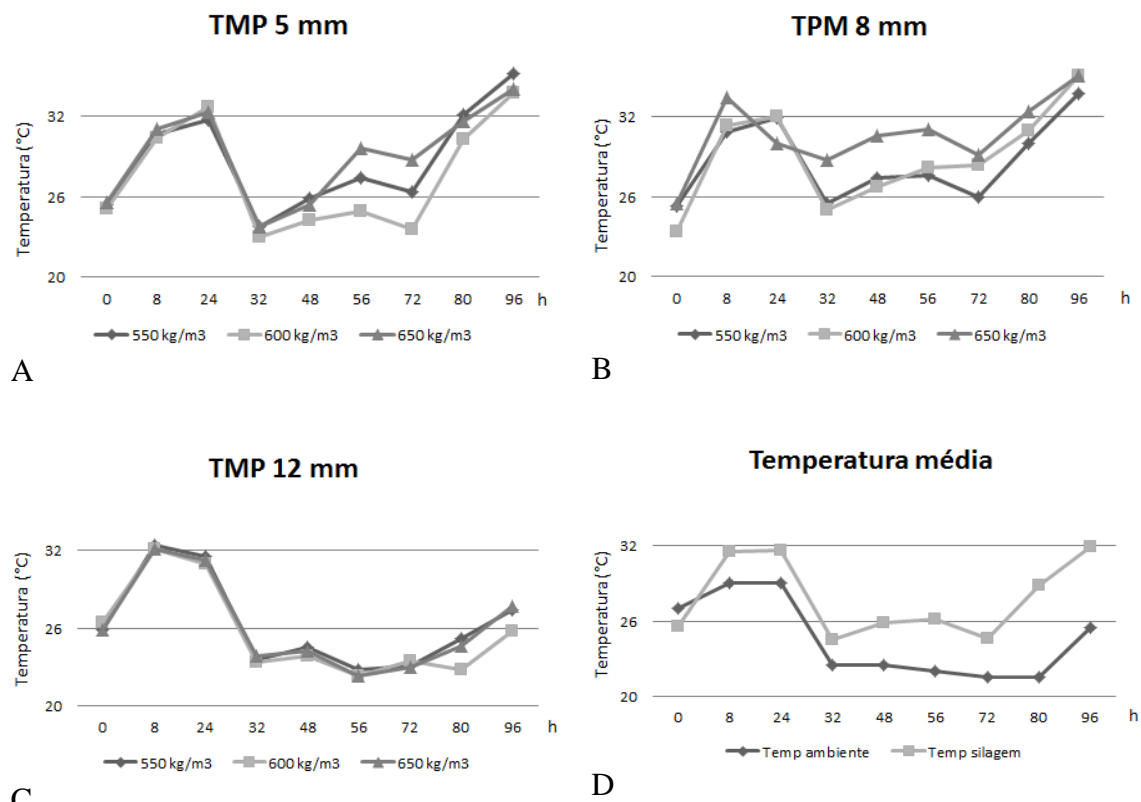


Figura 2. Temperaturas médias das silagens em função do TMP (A; B e C) e temperatura média do ambiente e das silagens avaliadas (D).

Observa-se (Fig. 2) que as maiores diferenças médias de temperatura ocorrem para a TMP 5 mm no espaço entre 48 e 80 h nas três DE. Para a TMP 8 mm, observam-se diferenças entre o período compreendido entre 8 e 80 h. Já no TMP 12 mm, a diferença ocorre nas últimas 16 h. O que pode significar melhor EA para o TMP 8 mm. Quanto às médias de temperatura do ambiente e dos silos (todos os tratamentos), nota-se que a temperatura das silagens foi superior à média da temperatura ambiente a partir de 8 h de exposição ao ar.

Tabela 3. Valores de temperatura máxima (Tmax), tempo para atingir temperatura máxima (TTmax) e tempo para quebra da estabilidade aeróbia (TEA) de silagens de aveia durante 96 h de exposição ao ar

Parâmetro	Densidade da silagem kg/m ³								
	550			600			650		
	Tamanho médio de partículas (mm)								
	5	8	12	5	8	12	5	8	12
Tmax (°C)	35,22	33,72	32,42	33,72	35,10	32,10	34,07	35,05	32,15
TTmax (horas)	96	96	8	96	96	8	96	96	8
TEA (horas) ¹	24	24	8	24	8	8	8	8	8

¹Horas para quebrar estabilidade aeróbia (2°C acima da temperatura ambiente).

As silagens produzidas com maior densidade (650 kg/m³), independente do TMP, quebraram a estabilidade aeróbia com 8 h de exposição ao ar. Esse resultado pode ser atribuído a maior quantidade de substrato disponível para os microrganismos deterioradores. Quando da abertura dos silos, o pH da silagem com DE 650 kg/m³ foi maior, contudo com o passar do tempo não houve elevação significativa, possivelmente em função da grande liberação de amônio e de cátions básicos e neutralizados os ácidos formados.

Na silagem com menor densidade (550 kg/m³), a EA foi quebrada em 24 (TMP 5 e 8) e com 8 h no TMP de 12 mm. A Tmax foi mais elevada para as partículas de menor tamanho (5 e 8 mm). Já a TTmax foi alcançada no tempo de 96 h de exposição ao ar para os TMP de 5 e 8 mm.

As silagens com 5 e 8 mm de TMP, na DE 650 kg/m³ mostraram quebra da estabilidade a partir 8 h de exposição ao ar, e TTmax de 96; 96 e 8 h, divergindo em 3°C para a temperatura máxima. Observa-se que para estas silagens, houve um pico de tempo e temperatura mais elevada, que pode estar relacionado com um padrão mais elevado de fermentação da silagem, o que gerou maior concentração de substrato residual e consequentemente maior atividade microbiana.

Na Tab. 4 constam os valores de pH do tempo zero (abertura dos silos) até 192 h de exposição ao ar. A literatura mostra que a exposição é de até 96 h é suficiente para a avaliação da EA. No experimento, fez-se uma janela de observação de 192 h com o objetivo de verificar o processo de degradação da silagem, envolvendo o mecanismo de perda de MO por volatilização de compostos de menor peso molecular importante na determinação da estabilidade aeróbia das silagens.

Tabela 4. Valores médios de pH de silagens de aveia em diferentes densidades e tamanhos médio de partículas, durante 192 h de exposição ao ar

Horas (h)	Densidade (kg/m ³)									Média pH	CV(%)
	550			600			650				
	Tamanho médio de partícula (mm)										
	5	8	12	5	8	12	5	8	12		
0	4,13a	4,22ab	4,31b	4,12	4,18	4,28	4,10	4,16	4,23	4,19	2,2
24	4,07a	4,21ab	4,34b	4,05a	4,21a	4,38b	4,04a	4,15ab	4,27b	4,19	2,1
48	4,21	4,31	4,38	4,06a	4,29b	4,46b	4,10a	4,31b	4,38b	4,28	2,54
72	4,21a	4,53b	4,43ab	4,12a	4,54b	4,58b	4,15a	5,03b	4,47a	4,46	4,28
96	5,26	5,18	4,47	4,97	5,72	4,50	5,97ab	7,03b	4,43a	5,28	17,89
120	6,93b	6,54ab	4,66a	6,63b	7,31b	4,39a	6,28ab	7,87b	5,35a	6,22	19,34
144	8,31b	7,89b	5,33a	7,44b	8,15b	4,58a	7,60b	8,80b	5,64a	7,08	14,59
168	8,43b	8,26b	6,35a	8,56b	8,54b	4,78a	8,57b	8,75b	6,92a	7,69	10,69
192	8,87	8,51	7,99	8,83b	9,06b	5,61a	8,99b	9,06b	7,49a	8,27	6,42

Médias no teste de Tukey.

Não houve interação entre DE e TMP de partícula para os valores de pH das silagens. Durante o tempo de exposição ao ar, houve aumento do pH para todas as silagens em todas as DE e TMP, o que é um indicativo de atividade dos microrganismos deterioradores. De acordo com Kung Jr. (2001) e Young *et al.* (2012), as leveduras são os principais microrganismos que iniciam a deterioração aeróbia, utilizando açúcares residuais e ácido lático para o metabolismo. A atividade microbiológica na silagem consome ácido lático, aumentando o pH, permitindo que os organismos anteriormente inibidos pela acidez voltem à atividade, continuando com o processo de deterioração, elevando a temperatura na massa de forragem (Woolford, 1990). O pH é um dos principais fatores capazes de determinar o crescimento e a sobrevivência dos microrganismos presentes, além de ser empregado como parâmetro na qualificação do processo de ensilagem. Dias *et al.* (2010), com base em Woolford (1990) e Pereira e Reis (2001), ressaltam que é possível a preservação da qualidade da forragem ensilada com alto conteúdo de matéria seca com valores de pH de até 5,0. Nessa pesquisa, os valores de pH permaneceram entre 4,19 no tempo zero até 24 h, elevando para 4,28 e 4,46 nos tempos 48 e 72 h de exposição aeróbica das silagens, que evidencia que o processo de fermentação ocorreu de forma satisfatória, mantendo a média de pH abaixo de 5 conforme os observados por esses autores.

Verificou-se que as silagens com TMP de 12 mm apresentaram valores de pH inferiores em relação àquelas nos demais TMP a partir de 72 h de exposição ao ar. Observou-se também que essas silagens tendem a ter temperaturas mais baixas, o que conferiu maior estabilidade aeróbia.

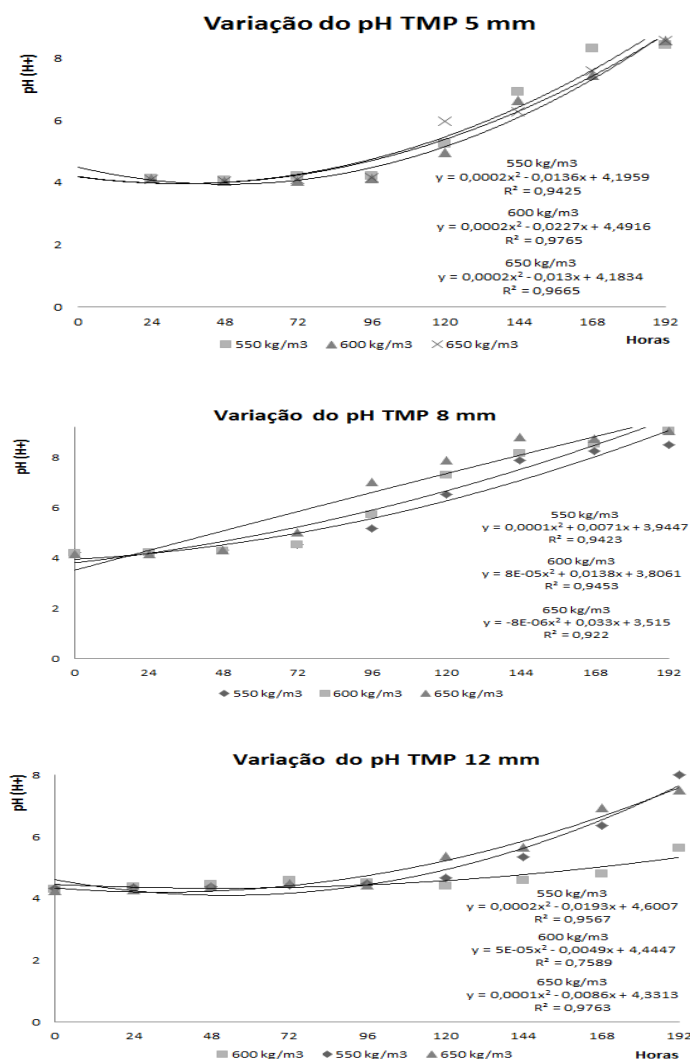


Figura 3. Curvas do pH para os três TMP nas três DE com respectivas equações de regressão.

O pH das silagens na abertura dos silos foi em média 4,19 (Fig. 3), estando dentro dos padrões aceitáveis para silagem de gramíneas com boa fermentação (McDonald *et al.*, 1991; Loures *et al.*, 2005; Taffarel *et al.*, 2010). A acidez é considerada um fator importante na conservação das silagens. Nesses termos, um pH elevado indica perdas de nutrientes, principalmente de carboidratos não estruturais. No processo de degradação, ocorrem perdas elevadas de componentes orgânicos de interesse para a nutrição animal. A silagem com sinais de degradação é pobre em nutrientes e um risco para a saúde dos animais submetidos à dieta.

Na Fig. 3, a partir das médias, as curvas de pH foram ajustadas de forma a demonstrar seu comportamento. Constata-se que nas silagens com menor TMP (5 mm) houve pouca variação nos valores de pH em função do tempo de exposição ao ar, enquanto que nos maiores TMP a variação foi maior em relação a DE na ensilagem.

Na Tab. 5, é evidenciado que, com o passar das horas em exposição ao ar, houve acréscimo nos teores de MM. Isso pode ser explicado pela atividade microbiológica sobre os componentes orgânicos das silagens.

Tabela 5. Concentração de matéria mineral (MM) em silagens de aveia no intervalo de 0 a 96 h de exposição ao ar

Horas Exposição	Densidade (kg/m ³)									Média (%)	CV (%)
	550			600			650				
	Tamanho médio de partículas (mm)										
	5	8	12	5	8	12	5	8	12		
0	5,86	4,86	5,54	5,26	4,88	5,69	5,76	5,38	5,78	5,45	12,88
24	6,13	6,18	6,12	6,20	6,02	6,02	6,11	6,11	5,92	6,09	3,56
48	6,38	6,24	6,21	5,98	5,99	6,03	6,09	6,19	6,14	6,13	3,91
72	6,46	6,47	5,95	6,33	6,27	5,85	6,26	6,47	5,94	6,22	6,13
96	6,25	6,25	6,20	6,29ab	6,43b	5,80a	6,60	6,47	6,29	6,29	5,40

Constata-se (Tab. 5) que não houve diferença entre tratamentos ($P>0,05$) para o teor de MM durante a exposição ao ar. Nota-se que as médias de MM foram ascendentes em função do tempo de exposição ao ar, porém não apresentando diferença estatística ($P>0,05$). Isso evidencia que a silagem perdeu MO de forma contínua ao longo do tempo de exposição ao ar, elevando gradativamente o teor de MM, o que é explicado pela atividade microbiológica.

Na Fig. 4 é demonstrada a perda de MO e de MM, conforme a equação proposta por Paredes *et al.* (2000).

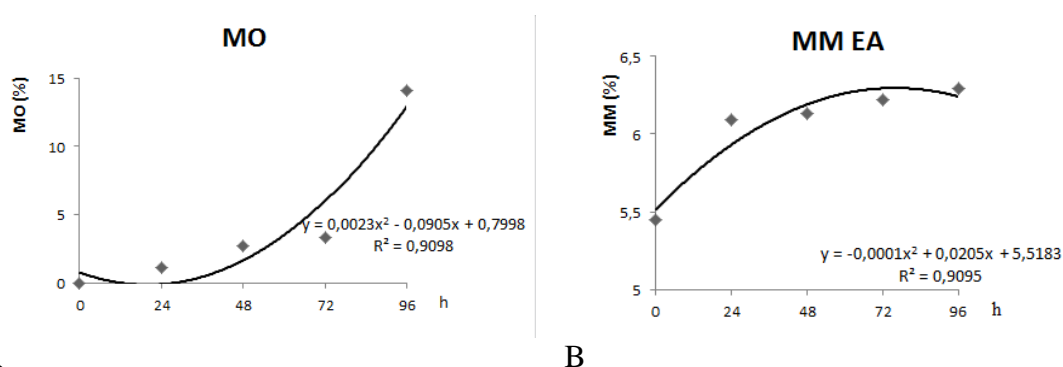


Figura 4. Perdas de MO (%) e concentração de MM (%) em silagens de aveia, no intervalo de 0 a 96 h de exposição ao ar.

Pode ser evidenciado, na Fig. 4, que a concentração de MM, no intervalo entre 0 e 96 h, foi gradativa, tendo seu ponto de máxima concentração em torno de 72 h após a abertura dos silos. Em contraste, às perdas de MO se elevaram após 24 h de exposição ao ar, fato que pode ser explicado pela maior proliferação de leveduras e de outros microrganismos deterioradores.

CONCLUSÕES

O tamanho de partícula e a densidade na ensilagem alteram o comportamento na deterioração da silagem quando esta é exposta ao ar, sendo que maiores densidades, aliadas ao menor tamanho de partícula reduz o tempo de estabilidade ao ar.

REFERÊNCIAS

AMARAL, P.N.C.; EVANGELISTA, A.R.; SALVADOR, F.M.; PINTO, J.C. Qualidade e valor nutritivo da silagem de três cultivares de milho. *Ciênc. Agrotec.*, v.32, p.611-617, 2008.

BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA JR., G.B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.890-911 Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.13652672.1990.tb02554.x/abstract>>. Acessado em: 10 nov. 2013.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. *Cartas climáticas do Paraná*. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acessado em: 13 nov. 2013.

CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing silage quality. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. *et al.* (Eds.). *Silage science and technology*. Madison: [s.n.], 2003. p.141-198.

DIAS, F.J.; JOBIM, C.C.; SORIANI FILHO, J.L. *et al.* Composição química e perdas totais de matéria seca na silagem de planta de soja. *Acta Sci. Anim. Sci.*, v.32, p.19-26, 2010.

GOMES, M.F.; PADILHA, J.; COSTA, J.L.F.; PAOKI, A. *Análise bidimensional da cobertura pedológica: o caso da fazenda experimental de Iguatemi*. Maringá, 2011. Disponível em: <http://www.dge.uem.br/semana/eixo6/trabalho_10.pdf>. Acessado em: 23 ago. 2013.

GONÇALVES, M.S.; BAPTISTA, M. *Proposta de regulamentação sobre qualidade do composto para utilização na agricultura*. Lisboa: Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, INIA, MADRP, 2001.

KUNG JR., L. Aditivos microbianos e químicos para silagem: Efeitos na fermentação e resposta animal. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2., 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.53-74.

KUNG JR., L.; ROSILOON, J.R.; RANJIT, K. *et al.* Microbial Populations, fermentation and-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.1479-1486, 2000.

LOURES, D.R.S.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. *et al.* Composição bromatológica e produção de efluente de silagens de capim-tanzânia sob efeitos do emurchecimento, do tamanho de partícula e do uso de aditivos biológicos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.726-735, 2005.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340p.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P.R.F.; NÖRNBERG, J.L. *et al.* Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.36, p.1395-1405, 2007.

O'DONNELL, C.; DODD, V.A.; O'KIELY, P. *et al.* A study of the effects of silage effluent on concrete: Part 1 significance of concrete characteristics. *J. Agr. Eng. Res.*, v.60, p.83-92, 1995.

PAREDES, C., ROIG, A., BERNAL, M. P. *et al.* Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes. *Biol. Fertil. Soils*, v.20, p.226-236, 2000.

PEREIRA, J.R.A.; REIS, R.A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p.64-86.

PORTAS, A.A.; VECHI, V.A. *Aveia preta - boa para a agricultura, boa para a pecuária*. 2007. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/plantas_forrageiras/cr55aveiapreta.php>. Acessado em: 20 ago. 2013.

SISTEMA para Análises Estatísticas - SAEG. *Manual do usuário*: versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes-UFV, 2007.

TAFFAREL, L.E.; CASTAGNARA, D.D.; FERNANDES, T. *et al.* Estabilidade aeróbia da silagem de aveia com e sem adição de inoculante microbiano. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 6., 2010, Mossoró. *Anais...* Mossoró: [s.n.], 2010. p.1-5.

VELHO, J.P.; MÜHLBACH, P.R.F.; NÖRNBERG, J.L. *et al.* Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, p.1532-1538, 2007. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v36n5s0/a20v3650.pdf>>. Acessado em: 10 nov. 2013.

WOOLFORD, M.K. The detrimental effects of air on silage. *J. Appl. Bacteriol.*, v.68, p.101-116, 1990.

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

VI – Potencial poluidor e perdas de macro e micronutrientes por efluente de silagem de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.)

*[Pollution potential and loss of macro and micro for wastewater oat silage (*Avena strigosa* Schreb.)]*

RESUMO

Objetivou-se mensurar o potencial poluidor e perdas de macro e micronutrientes por efluente de silagens de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.). O corte da aveia foi realizado com uso de ensiladeira, modelo JF92Z10, regulada para os tamanhos de partículas pré-definidos de 5, 8 e 12 mm. A ensilagem foi feita em silos experimentais de PVC, com capacidade para 10 kg de silagem. No dia da ensilagem foi extraído suco da forrageira fresca (APF) nos três TMP, que permaneceram por 60 dias armazenados em local protegido e a temperatura ambiente para posteriores análises. Ao final da avaliação da estabilidade aeróbia (192 h), procedeu-se a extração de suco das silagens (SFE) e do suco das silagens adicionadas de água (SFA). Foram analisados parâmetros químicos (DQO, DBO₅, SST, NO_x, N-NH₃), e macro e micronutrientes (N; P; K; Ca; Mg; Na; Cu; Zn; Fe e Mn) para a identificação do potencial poluidor dos extratos, da forragem fresca (APF) e das silagens (SFE) e com água (SFA). Em porcentagem, o efluente da silagem de aveia é mais concentrado que o efluente de suinocultura para os nutrientes N (61%); P (323%); K (333%); Ca (965%); Mg (1.402%); Fe (388%) e Mn (2.014%) e, possui concentração menor para Na (-85%); Cu (-40%) e Zn (-64%). A relação DQO/DBO₅ encontrada foi, respectivamente, de 2,40; 2,65 e 3,91 para os extratos APF, SFE e SFA, o que torna necessário seu tratamento antes de ser lançado no meio ambiente. Os extratos APF e das silagens (SFE e SFA) demonstram o processo de degradação do material vegetal pelo processo de mineralização da MO. Pode-se inferir a seguinte ordem de potencial poluidor para os três conjuntos de amostras, como sendo: APF<SFE<SFA. O conjunto de amostras SFA ao tempo em que foi diluído, sofreu maiores alterações demonstrando grande potencial poluidor pelo DBO. Os três efluentes (APF; SFE e SFA) mostraram relação DQO/DBO maior que 2, indicando a existência de matéria orgânica não biodegradável o que impacta negativamente o ambiente. Em função dos resultados obtidos, concluiu-se que o efluente gerado no processo de ensilagem apresenta alto potencial de poluição ambiental.

Palavras-chave: degradação, efluente, matéria orgânica, mineralização, potencial poluidor

ABSTRACT

This study aimed to measure the pollution potential and loss of macro and micronutrients by oat silage effluent (*Avena strigosa* Schreb.). The oats cut was performed using shredder model JF92Z10 regulated to the pre-defined sizes of particles of 5, 8 and 12 mm. The silage was made in experimental PVC silo with capacity of 10 kg of silage. On the silage was extracted effluent from fresh forage (FF) in the three APS, which remained for 60 days stored in a protected location and room temperature for later analysis. At the end of the assessment of aerobic stability (192hours), we proceeded the silage effluent extraction (SEE) and the effluent of silage added with water (SAW). for the identification of potential polluter of extracts from fresh forage (FF) and silage and water (SAW). In percentage, the silage effluent from oats is more concentrated than the swine effluent for nutrients N (61%) , P (323 %), K (333%), Ca (965 %), Mg (1.402%); Fe (388 %) and Mn (2.014 %) and have lower concentration of Na (-85%), Cu (-40 %) and Zn (-64 %). The BOD/COD₅ relationship found was respectively 2.40, 2.65 and 3.91 for APF, SFE and SFA extracts, necessitating their treatment before being released into the environment. The APF extracts and from silages (SFE and SFA) demonstrate the process of degradation of plant material by the process of mineralization of OM. It can infer the following order of pollution potential for the three sets of samples as: APF<SFE<SFA. The set of samples SFA at the time it was diluted, was more affected demonstrating great polluter potential by BOD. The three effluents(APF; SFE and SFA) showed a relationship COD/BOD higher than 2 indicating the existence of non - biodegradable organic matter which negatively impacts the environment. Considering The results obtained was concluded that the effluent generated in the ensiling process has a high potential for environmental pollution.

Keywords: degradation, effluent, organic matter mineralization, potential polluter

INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira esta passando por profundas alterações tecnológicas. Nas últimas décadas, tem sido objeto constante de discussões pela dualidade do momento aumento de produtividade e redução dos custos de produção, do impacto negativo social e ambiental. Para Candido *et al.* (2002), com a intensificação dos sistemas de produção, cresceu a demanda por silagens com alto valor nutritivo o que tem sido alcançado com o avançar das pesquisas.

Conforme Jobim *et al.* (2007), em qualquer sistema de produção animal a qualidade dos alimentos que compõem a ração é de fundamental importância na busca da eficiência. O emprego de tecnologia adequada é primordial. As forragens conservadas, especialmente a silagem pode ter seu valor alimentício alterado em função de procedimentos inadequados para a produção e conservação. Essas considerações, feitas por Jobim *et al.* (2007), levam a refletir sobre os resíduos oriundos da produção da silagem e seus danos ao ambiente.

Em muitas situações, a pecuária intensiva é concentradora de resíduos orgânicos animais (dejetos) e vegetais (restos de ração...), incluindo nesse contexto os efluentes de silagens. O efluente de silagem possui elevado potencial poluidor para o solo, o ar e a água. Mas não são contínuos, depende do fluxo de produção que normalmente ocorre nas águas. O efluente possui elevada carga de sólidos em suspensão e dissolvidos totais (SST), além de macro e micronutrientes. Loures *et al.* (2005) afirmam que a produção de efluentes em silagens representa perdas de valor nutricional e risco de poluição ambiental.

Nos últimos anos, aditivos biológicos estão sendo submetidos a testes em aplicações em processo de ensilagem com a finalidade de eliminar a produção de efluentes, contudo apresentam resultados falso-positivo, havendo relatos de redução (Haigh, 1999; Igarasi, 2002) e de aumento (Jones e Jones, 1996; Jaster, 1995; Loures *et al.*, 2005).

A perda de nutrientes minerais ocorre por efluentes, contudo a perda de matéria seca pode favorecer a perda de açúcares, ácidos orgânicos e proteínas no decurso da fermentação. Porém, são escassas as informações a respeito das perdas de nutrientes que ocorrem ao longo do período de ensilagem, na forma de efluente. O efluente em geral quando extravasado para mananciais de superfície podem causar danos ao ambiente aquático, por consumir o oxigênio do meio (Matos, 2005).

A preocupação e por consequência o interesse pelo estudo do tratamento de resíduos líquidos e sólidos provenientes da agropecuária têm aumentado nos últimos anos (Moraes e Paula Junior, 2004). O desenvolvimento da tecnologia da ensilagem tem proporcionado melhorias à qualidade nutricional do alimento. Contudo, a falta de costume por parte do produtor em utilizar corretamente as técnicas adequadas às ações de ensilagens ainda é uma constante.

A produção de efluente carrega nutrientes da silagem, o que a empobrece nutricionalmente, além de representar elevação de custos para o produtor e prejuízos para o ambiente. Esse líquido quando é lixiviado carrega substâncias tóxicas para os mananciais. O material orgânico é por excelência *habitat* para proliferação de micro e macrovetores (Matos, 2005) o que potencializa seu efeito danoso ao ambiente e a qualidade de vida dos trabalhadores envolvidos no processo.

Em face ao exposto, objetivou-se, com este trabalho, avaliar o potencial poluidor e perdas de macro e micronutrientes por efluente de silagem de aveia preta. O estudo visa, ainda, compreender as implicações nas relações ambientais quando no processo de ensilagem ocorre a produção de efluente com elevadas taxas de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), localizada à latitude de 23° 25' S; 51° 57' O e a 550 m de altitude. A região apresenta clima subtropical (Cfa), segundo a classificação de Köppen, temperatura média do mês mais frio, inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente, acima de 22°C (Caviglione *et al.*, 2000). O solo da região experimental é classificado como latossolo vermelho eutroférico de textura areno-argilosa (Gomes *et al.*, 2011).

As análises de quantificação de macro e micronutrientes foram realizadas no Laboratório Agroquímico e Meio Ambiente e as análises de caracterização do potencial poluidor foram realizadas no Laboratório de Saneamento e Meio Ambiente, estruturas da Universidade Estadual de Maringá.

Avaliações agronômicas

A área de plantio da aveia (*Avena strigosa* Schreb.) foi constituída de 1,0 ha, nas dependências da FEI. A análise de solo da área experimental apresentou o seguinte resultado: pH de 6,65; teor de P_2O_5 de 9,16 mg/dm³; K_2O de 0,16 Cmol/dm³; matéria orgânica de 21,94 g/dm³ e saturação de base 60,30%. O preparo do solo foi convencional, com utilização de arado de disco e grade niveladora. Considerando o resultado da análise de solo foi feita adubação no plantio com 300 kg ha⁻¹ da formulação química NPK 08-30-16.

A semeadura da aveia foi realizada no dia 05 de maio de 2012 com a densidade de 60 kg/ha de sementes. A semeadura foi realizada com semeadora de plantio em linhas, regulada para espaçamento entre linhas de 17 cm.

Na Fig.1 são apresentados os dados obtidos na Estação Meteorológica da FEI, onde se nota que no período de plantio da aveia, houve pouca precipitação pluviométrica, sendo registrado um pico em 20/06/2012 com o um volume de 144,6 mm. Depois desse excesso, seguiram-se 47 dias até o corte para a ensilagem, nesse período a precipitação total foi de 18,4 mm, ou seja, uma média de 0,39 mm/dia. A última precipitação produziu 2,0 mm, ocorreu em 28/07/2012, portanto dez dias antes do corte.

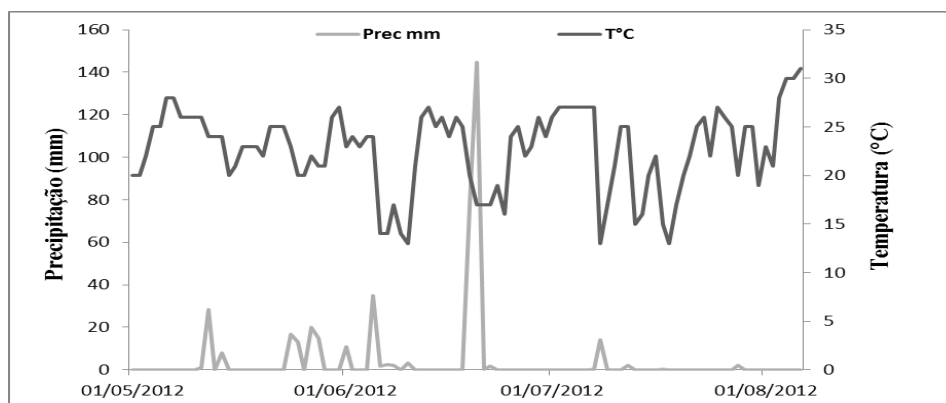


Figura 1. Dados pluviométricos e de temperatura do ar no período do plantio à ensilagem da aveia preta, obtidos da Estação Meteorológica da Fazenda Experimental de Iguatemi

Ensilagem

O corte da aveia foi realizado no ponto ideal para ensilagem sendo realizada a análise visual para a identificação do grão leitoso, conforme preconiza a literatura (Portas e Vechi, 2007). O corte foi realizado com uso de ensiladeira, modelo JF92Z10, regulada

para os tamanhos de partículas pré-definidos como tratamentos. Os tratamentos avaliados foram três tamanhos médios de partículas (TMP), 5,0; 8,0 e 12,0 mm e nas três densidades (DE) na ensilagem (550 kg/m^3 ; 600 kg/m^3 e 650 kg/m^3), arranjos em delineamento fatorial (3×3), com quatro repetições, totalizando nove tratamentos e 36 silos. As densidades tiveram por objetivo simular a pressão existente em silos de maior escala, como descrito por O'Donnell *et al.* (1995), em estudos para avaliação de ocorrência de efluentes em silagens. A ensilagem foi feita em silos experimentais de PVC, com capacidade para 9,750 kg de silagem. Após o corte em cada tamanho de partícula, a forragem foi inoculada com inoculante bacteriano (Master tropical – Katec Lallemand), com níveis de garantia na ordem de $2,0 \times 10^8 \text{ ufc/g}$ de *Lactobacillus plantarum* MA 18/5u e de $0,5 \times 10^9 \text{ ufc/g}$ de *Pediococcus acidilactici* MA 18/5m, com aplicação na dosagem recomendada pelo fabricante. As densidades das silagens foram obtidas considerando-se o volume dos silos ($0,015 \text{ m}^3$) e a quantidade de massa de forragem a ser armazenada em cada silo.

Extração do suco e preparo das amostras

No dia da ensilagem, foi extraído suco da forrageira fresca (APF) nos três TMP, os quais foram armazenados em frasco de plástico opaco com tampa e foram acondicionados em lugar à temperatura ambiente, ventilado, protegido de umidade e da luz solar. Essas amostras permaneceram nessas condições por 81 dias. O objetivo de extrair o suco foi analisá-lo para melhor compreender o mecanismo de degradação da silagem e, conseqüentemente, quantificar o potencial poluidor do efluente assim produzido. Analisaram-se as variáveis pH, oxigênio dissolvido (OD) e a composição química da forrageira fresca e da silagem, compreendendo os parâmetros (MS; MO; PB; FDN; FDA; MM; LIG; HEM; CEL; EE; DIVMS e CHO). Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa SISVAR, versão 5,6 (Ferreira, 2011). Após a abertura dos silos (08/10/2012), avaliou-se a estabilidade aeróbia (EA) das silagens por 192 h. No final da avaliação da EA, realizou-se a extração do suco das silagens, os quais foram acondicionados em potes de polietileno e congelados a -10°C . No período de 192 h iniciais em EA, foi determinado o pH das silagens, diariamente às 8 h por oito dias consecutivos, com uso de peagâmetro digital, sendo realizada a leitura do pH das silagens via infusão de 10 g de amostra de silagem em 100 mL de água destilada à temperatura ambiente, aguardando

30 min após homogeneização do material, conforme Cherney e Cherney (2003). Após esse período, dos 36 silos, escolheram-se aleatoriamente nove silos (3 silos para cada TMP), aos quais se adicionaram 50 mL água por kg de silagem em uma única aplicação, sendo acompanhados por mais 13 dias, quando foi realizada a extração do suco, totalizando 21 dias após a abertura dos silos (SFA) e 81 dias do fechamento dos silos. O objetivo de adicionar água às silagens, no final da avaliação da EA, foi simular a ocorrência de chuva em uma situação de campo e, verificar o comportamento das silagens em eventual efeito diluidor ou potencializador das reações de decomposição do material. Na extração do suco das silagens, utilizou-se uma prensa hidráulica de 8 ton. de pressão. Os extratos das silagens (APF, SFE e SFA) foram encaminhados para a análise de macro e micronutrientes e de componentes químicos com potencial poluidor. Nas amostras de suco da forragem, extraído no momento da ensilagem, e nas amostras de efluentes coletados após a finalização da avaliação da estabilidade aeróbia, foi feita a leitura de oxigênio dissolvido em *Oxímetro Instrutherm MO-900*.

Análises de caracterização do potencial poluidor do efluente

Os parâmetros demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), sólidos suspensos totais (SST), total de nitrato e nitrito (NO_x) e nitrogênio amoniacal (N-NH_3) foram analisados conforme metodologias APHA (2005). O parâmetro sólidos suspensos voláteis (SSV) foi calculado com base em Metcalf & Eddy (2003), onde consta que o SSV é 30% do total de sólidos suspensos totais (SST). Macro e micronutrientes (K; Ca; Mg; Na; Cu; Zn; Fe e Mn) analisados conforme metodologia da espectrometria de absorção atômica em amostra digerida por solução nitro-perclórica (HNO_3 e HClO_4) proposto por Horwitz (1982) e atualizada por Welz e Sperling (1999). O fósforo total (P) analisado por espectrofotometria UV-Vis em amostra digerida por solução nitro-perclórica, metodologia proposta por Strickland e Parsons (1972), e nitrogênio total (N) pelo método clássico de Kjeldahl. Para a identificação do potencial poluidor dos efluentes (APF; SFE e SFA), utilizaram-se para efeito de comparação valores de macro, micronutrientes e pH encontrados por Pacheco (2012) em estudo do efluente de suinocultura como fertilizante das culturas de milho e aveia preta. No decurso das observações diárias, não se registrou produção significativa de efluente em todo o período de armazenamento e exposição aeróbia da silagem de aveia preta. Pelo volume reduzido de efluentes, os resultados numéricos obtidos para a composição

química e parâmetros de classificação dos efluentes não foram submetidos à análise estatística, sendo considerados como valores absolutos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse estudo, o efluente produzido espontaneamente em todas as silagens avaliadas foi insignificante, possivelmente pelo teor de MS (28,12%) no momento da ensilagem, não sendo mensurado. Porém, as análises realizadas no extrato da forragem fresca (APF) e nos extratos obtidos após a avaliação da estabilidade aeróbia (SFE) e (SFA) revelaram as informações de grande relevância (Tab. 1).

Tabela 1. Concentração de minerais nos efluentes (sucos) extraído no dia do corte (APF), ao final da avaliação da estabilidade aeróbia das silagens (SFE) e na silagem adicionado de água (SFA)

Minerais (mg/L)	Aveia preta		
	APF	SFE	SFA
N	1.420	2.533	1.353
P	1.009	396	152
K	2.290	2.345	2.195
Mg	761	476	263
Ca	1.313	353	178
Na	6	31	25
Cu	0,25	0,52	0,70
Zn	0,20	1,20	3,0
Fe	8,71	30	21
Mn	8,70	5,0	4,7

N-nitrogênio; P-fósforo; K-potássio; Mg-magnésio; Ca-cálcio; Na-sódio; Cu-cobre; Zn-zinco; Fe-ferro e Mn-manganês. Valores médios absolutos calculados sem estatística.

Avaliando-se os valores absolutos da concentração de minerais nos extratos da forragem verde e das silagens, constata-se que há diferenças bastante evidentes. Os teores de P, Mg, Ca e Mn diminuíram a concentração nos efluentes das silagens (SFE e SFA) em relação ao extrato obtido da forragem fresca. Isso pode ser pelas funções desempenhadas na estrutura vegetal. Possivelmente, para a forrageira colhida há pouco tempo, não ocorreram reações químicas ou biológicas que propiciassem a quebra de tecido lignificado, o que dificultou a liberação destes elementos no suco da forragem. Assim, somente foram mensurados os elementos que foram liberados da estrutura vegetal pela força aplicada pela prensa hidráulica.

Os teores encontrados para Cu e Zn tiveram comportamento contrário, aumentando a concentração em SFE e SFA, em relação ao extrato da forragem fresca. Já os elementos N, K, Na e Fe tiveram concentração crescente de APF para SFE e decrescente de SFE para SFA.

As diferenças de concentração dos minerais, observadas em cada material, podem ser explicadas pelas formas que cada elemento se apresenta no meio, sendo discutidas a seguir.

Na Fig. 2 é representado graficamente o comportamento dos minerais de acordo com os extratos avaliados (APF, SFE e SFA).

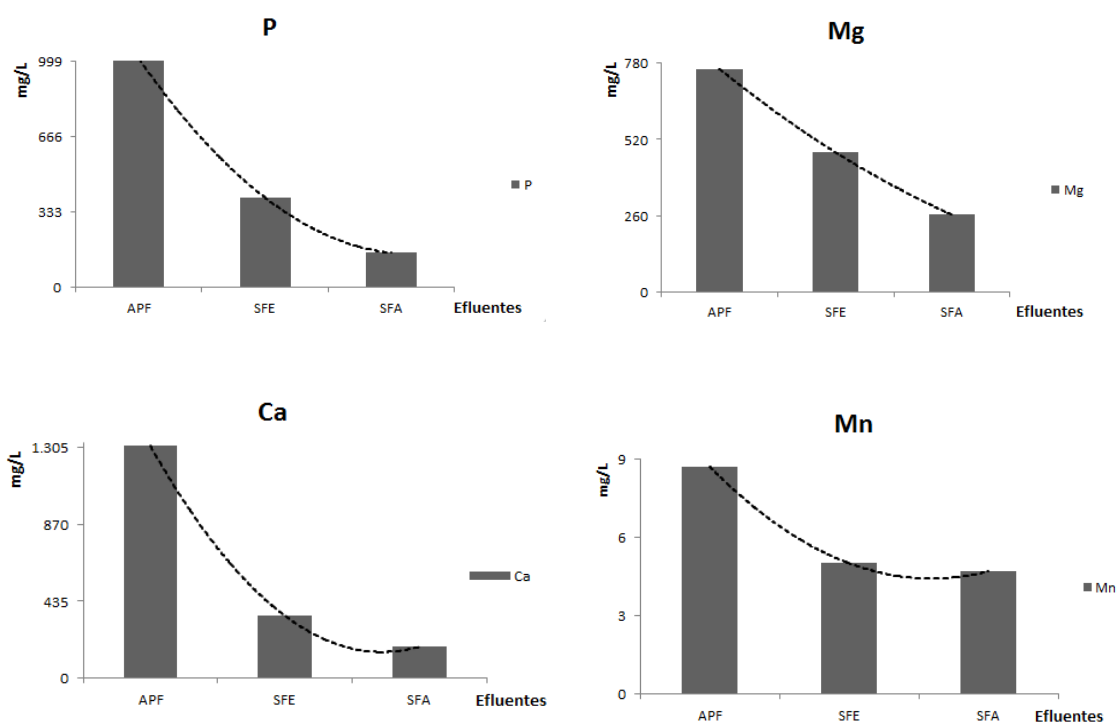


Figura 2. Concentração dos minerais: fósforo, magnésio, cálcio e manganês nos extratos da forragem verde (APF) e nas silagens de aveia (SFE e SFA).

Na Fig. 3 encontram-se os teores de Cu e Zn nos efluentes APF; SFE e SFA.

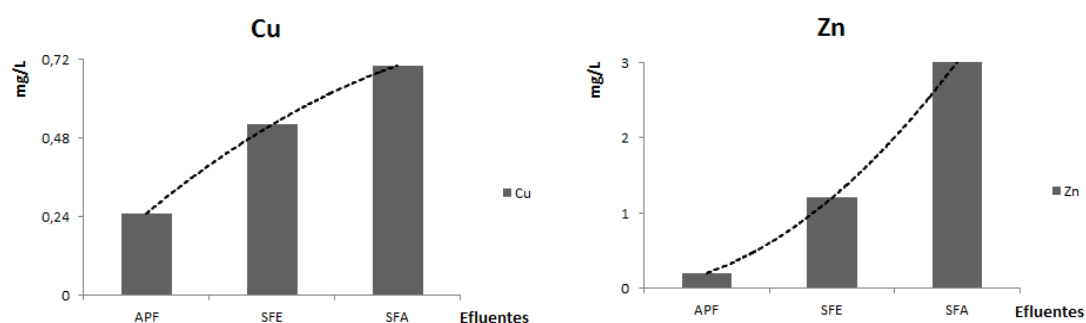


Figura 3. Concentração de cobre e zinco nos efluentes APF; SFE e SFA.

Já os elementos N; K; Na e Fe tiveram concentração crescente de APF para SFE e decrescente de SFE para SFA, conforme demonstrado na Fig. 4.

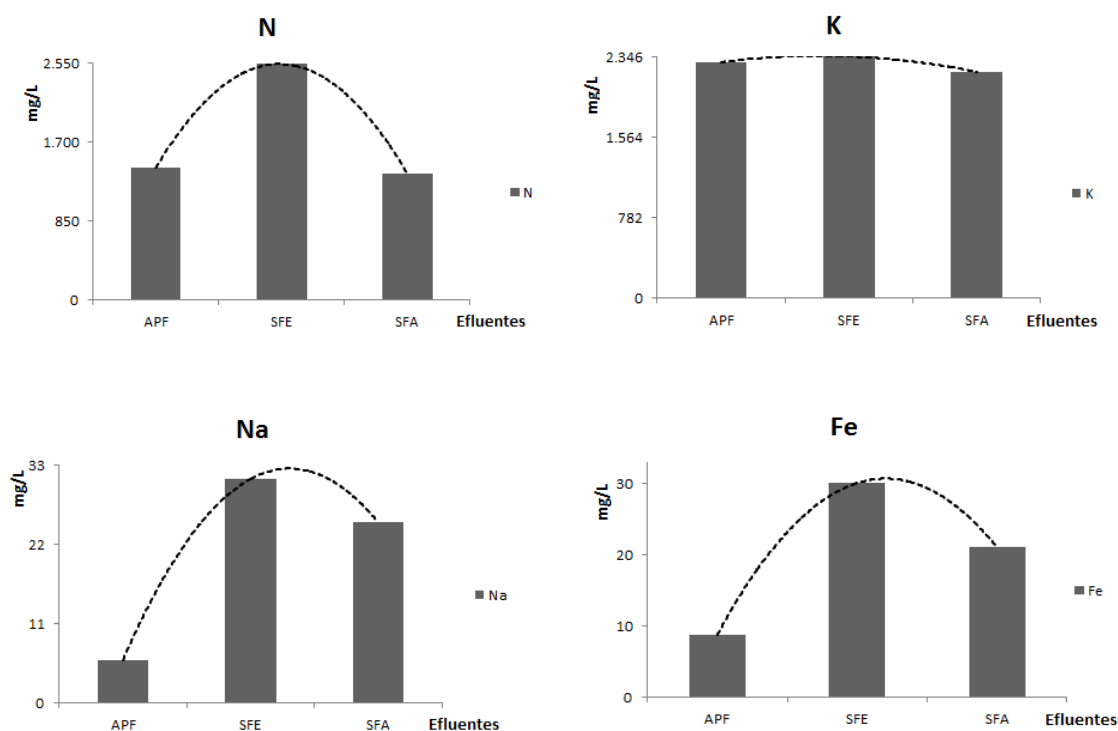


Figura 4. Teor de nitrogênio, potássio, sódio e ferro nos efluentes APF; SFE e SFA.

Teor de nitrogênio

O nitrogênio encontrado no efluente é originado de processos de degradação de materiais orgânicos da forragem, e pode estar em quatro formas: nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. As análises e monitoramento centraram-se na evolução da silagem de aveia preta ao longo do tempo, primeiro em sistema anaeróbico (silos) e ao final, aeróbico (silos abertos). De acordo com Teixeira (2006), em efluentes, o nitrogênio apresenta-se como nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, amins e aminoácidos) e nitrogênio orgânico particulado (bactérias e detritos).

Na forragem fresca, 75 a 90% do N total estão na forma de proteína, constituindo principalmente peptídeos, aminoácidos livres, amidas, nucleotídeos e clorofila o que justifica a menor concentração de N em APF. McDonald *et al.* (1991) e Jaster (1995) encontraram que durante a ensilagem a proteólise determina que 40 a 60% desse

nitrogênio total seja solubilizado em compostos nitrogenados não proteicos (NNP). O experimento mostrou a elevação de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$), nitrato e nitrito (NO_x), respectivamente 20 e 90; 72 e 237; 444 e 230 mg/L APF; SFE e SFA, o que atribuímos aos diferentes efluentes em análise.

O teor de N total aumentou de 1.420 mg/L em APF para 2.533 mg/L em SFE em 60 dias de ensilagem mais oito dias de avaliação da estabilidade aeróbia (EA), o que corresponde a 16 mg/L/dia de acréscimo, conforme modelo linear representado por $y = 12,002x + 1407,3$ sendo $R^2 = 1$. Em 21 dias de avaliação da EA, nas amostras de SFA, o N diminuiu para 1.313 mg/L. Comparando o teor de N no dia do corte com o teor de N no último dia de EA em SFE, houve acréscimo de 78,3%, seguida de diminuição da concentração de 87,2%. Isso pode significar que o N que estava preso às estruturas fibrosas do material ensilado foi liberado, facilitando sua quantificação no efluente da silagem SFE. No extrato SFA, a diminuição do teor de N total pode representar perda de compostos nitrogenados de baixo peso molecular para o ambiente. Isso aconteceu, possivelmente, pela ação de microrganismos na quebra de estruturas em que o nitrogênio é constituinte, favorecendo a liberação de compostos de nitrogênio de menor peso molecular. Na extração física utilizada não se pode obter a totalidade dos nutrientes minerais que constituem a espécie vegetal. É possível, partindo dessa hipótese, inferir que transformações se desenvolveram com o processo de fermentação seguido pela degradação em função da exposição do material ao ar. Matos (2005) registrou valores de até 5.400 mg/L de nitrogênio total (Nt) em resíduo de palha de aveia. No presente estudo foram observados valores médios de N_t no intervalo de 1.420; 2.533; 1.353 mg/L referentes às médias simples.

Teor de fósforo

A menor concentração de P no extrato SFA pode ser explicada pela água adicionada, a qual proporcionou meio ideal para o intenso desenvolvimento de microrganismos decompositores o que possibilitou a quebra das estruturas orgânicas com a liberação seguida de rearranjo de novas estruturas de maior densidade o que pode ter sido carregado para o fundo dos silos experimentais. Como as amostras foram tomadas da parte superior dos silos, a leitura pode ter ficado prejudicada. A concentração de P nos vegetais é bastante variável. Como exemplo, Scheffer-Basso *et al.* (2003), em experimento de avaliação do valor nutritivo de silagens de milho e de aveia,

encontraram 0,20% de fósforo na silagem de aveia não deteriorada. No experimento de Freitas *et al.* (1994) trabalhou-se com silagem de aveia em estágio de grão pastoso, na abertura do silo encontram valores médios de 2,10% desse mineral. A diferença entre esses dois resultados é de 10,5 vezes.

No presente estudo, ao final de 21 dias em monitoramento da EA, já em deterioração total da matéria orgânica (MO), foram registrados valores de 1.009; 396 e 152 mg/L de fósforo para as amostras APF; SFE e SFA, respectivamente. Valores equivalentes a 0,1; 0,04 e 0,02% de fósforo. Esses valores são em média 1,25 vezes menor que o encontrado por Scheffer-Basso *et al.* (2003) e 13 vezes menor que o encontrado por Freitas *et al.* (1994). Essa comparação serve para diferenciarmos as três situações, quais sejam 0,20% de P, possivelmente de silagem de aveia não homogênea; 2,10% de P, aveia em grão pastoso homogêneo e 0,04% silagem de aveia não homogênea e ao final de 21 dias de exposição ao ar. Essas informações mostram que o teor de P está diretamente relacionado ao ponto de corte para ensilagem, e é função do momento da amostragem e da forma como é coletada e preparada.

Para efeito de comparação, encontramos 1.009 mg/L de P no suco da forragem fresca no dia da ensilagem. Temos duas interpretações para esse fato: *i) não padronização do ponto de corte, forrageira não estava homogênea em estágio de desenvolvimento para a ensilagem (grão pastoso); ii) o processo de extração do suco não foi eficiente para extrair todo o mineral dissolvido na fase líquida da forrageira.* As quantidades de fósforo total (P_{total}) medidas no efluente produzido na extração de suco da forragem antes de ser ensilada foram maiores que as quantidades encontradas no suco da silagem. O fósforo é considerado elemento circulante, possui mobilidade na estrutura vegetal, logo quando do processo de extração do suco pode ter sido encontrado livre (circulante), considerando que as células vegetais estavam vivas. Já na silagem em EA, não existe mais movimentação como antes, o fósforo já está combinado ou em fase de complexação na forma de fosfatos ou de ácido fítico que, segundo Teixeira (1998), é um forte quelante de minerais essenciais como o cálcio, magnésio, ferro, zinco e cobre. O ácido fítico é um potente antioxidante, sendo que em experimento para determinar a estabilidade desse composto, Reda (2011) encontrou que o processo de decomposição deste ocorre no intervalo de temperatura entre 180-200°C, justificando em parte a diminuição dos teores de cálcio, magnésio e manganês observados nesse estudo.

Teores de potássio e sódio

As concentrações de potássio foram de 2.290; 2.345 e 2.195 mg/L e de sódio 6; 31 e 25 mg/L, o que resulta numa relação de K:Na de 1:381; 1:76 e 1:88, respectivamente para os estratos APF, SFE e SFA. A Tab. 1 mostra que o potássio teve aumento na concentração de 2,4% seguida de diminuição de 6,8%. Já o nutriente sódio teve elevação de 416% seguida de redução de 24% representando que esses elementos foram liberados intensamente das estruturas vegetais nos extratos SFE e SFA.

Em experimento de avaliação do valor nutritivo de silagens de aveia, Scheffer-Basso *et al.* (2003) encontraram 1.900 mg/kg de K na silagem de aveia não deteriorada. Os teores de K e Na encontrados por McMullen (2000) em aveia é 4.700 e 20 mg/kg respectivamente. Os vegetais são em geral pobres em sódio, e, considerando que esse mineral possui alta mobilidade, pode substituir o potássio por afinidade química, facilitando a movimentação de fluídos celulares, o que pode dificultar a análise de misturas de diferentes partes de vegetais.

Na análise, comparativamente entre APF e SFE, percebe-se que ocorre elevação da concentração do teor de Na de 6 para 31 caindo para 25 mg/L na SFA o que pode mostrar o efeito diluidor da água. Outra possível explicação para a diminuição da concentração desse elemento pode ser em função de sua mobilidade, uma vez que quando a célula está em atividade sua movimentação é intensa circulando por todos os tecidos do vegetal. Quando cessam as atividades celulares em decorrência da morte, esse nutriente deixará sua mobilidade até ser novamente integrado ao mecanismo de ciclagem. Como o material foi ensilado, e após essa fase foi estabelecida a avaliação da EA e deixou-se esse material deteriorar com a finalidade de acompanhar o processo de degradação, o sódio teve sua concentração alterada para mais, ou seja, concentrou-se deixando a extração mais eficiente.

Teores de magnésio e cálcio

Em função da degradação da matéria orgânica (MO) no extrato da silagem, houve liberação do magnésio (Mg) em quantidade suficiente para reagir com o fósforo liberado na forma de fosfato, o que pode favorecer a produção de fosfato de magnésio. O fosfato de magnésio pode ter precipitado, ficando retido na massa ensilada quando da extração do suco da silagem após a avaliação da EA. Isso pode ter mascarado o valor

real de Mg nos extratos de SFE e de SFA. Outra explicação proposta para a diminuição de Ca e Mg nos extratos da silagem, se baseia no observado por Pavinato e Rosolem (2008) em que a oxidação biológica de compostos orgânicos que contêm Ca e Mg pode resultar na formação de carbonato de cálcio e de carbonato de magnésio dado às características físico-químicas. Nesse caso, o teor de Ca^{2+} e de Mg^{2+} no extrato veio a diminuir, uma vez que o carbonato é menos solúvel que as formas orgânicas de Ca e de Mg.

O pH do extrato SFE poderia aumentar para valores entre 7,0 e 8,0 inicialmente, se considerarmos que o ambiente (silagem em exposição aeróbia) contém amônia em equilíbrio com o amônio. Esse comportamento é função das reações entre os cátions básicos e o os compostos nitrogenados. A elevação do pH no sistema ocorreu inicialmente pela decomposição da MO pela ação dos microrganismos, favorecendo a descarboxilação de ânions orgânicos os quais consomem prótons. Assim, completa-se a explicação da diminuição do teor de Ca e Mg, concordando com o encontrado por Pavinato e Rosolem (2008), que relatam a formação de carbonatos (de cálcio e de magnésio) pela elevação do pH e pela descarboxilação de ânions orgânicos que podem ocorrer simultaneamente durante a decomposição de resíduos vegetais.

No presente estudo, observamos redução no teor de Ca no extrato de APF em relação ao extrato SFE de 272%, e de 98% da SFE para SFA. Para o Mg no extrato APF em relação ao SFE a redução foi de 60% e no SFE para o SFA foi de 81%. O Mg, elemento central da clorofila, apresentou maior concentração no extrato da forragem fresca em relação ao extrato da silagem. No processo de extração por prensa hidráulica, possivelmente, esse elemento foi extraído com facilidade pelas características físico-químicas da clorofila. Já na silagem, podem ter formados complexos insolúveis com o fosfato, óxido ou carbonato que precipitam podendo ficar retidos nas fibras, dificultando sua extração por processo físico.

O elemento Ca forma complexo com o ácido poligalacturônico das paredes celulares (Taiz e Zeiger, 2004). Pelo processo de degradação da (MO) no extrato da silagem SFE, houve liberação dos elementos Ca o qual pode combinar com o fosfato, o que pode favorecer a produção de fosfatos de cálcio. Esta substância possivelmente precipitou, ficando retido na massa ensilada quando da extração dos sucos SFE e SFA.

No processo de extração do suco da forragem fresca, o elemento Ca foi extraído sem dificuldades conforme demonstra os dados contidos na Tab. 1. A quantidade de Mg e

Ca determinado no extrato APF foi de 761 mg/L e de 1.313 mg/L, equivalente a 0,08% e 0,13%, ou seja, 1,6 e 3,71 vezes maior que o observado no SFE.

Pelos diferentes momentos de coleta de amostra nesses experimentos, podemos inferir que os teores de cálcio e magnésio, mesmo estando respectivamente 20 e cinco vezes menor que o registrado na literatura, estão dentro de uma lógica aceitável, considerando que o efluente não possui um padrão para a concentração de minerais. Ainda o Ca e o Mg que permanecem na silagem podem precipitar na forma de fosfatos de cálcio e fosfato de magnésio os quais possuem baixíssima solubilidade em meio aquoso. Sendo também essa uma possível explicação para a baixa concentração de cálcio e magnésio na silagem de aveia após oito dias de exposição ao ar (EA).

Teores de ferro, cobre e zinco

Na Tab. 1 observa-se que as quantidades de cobre e zinco aumentaram no sentido de APF<SFE<SFA e o ferro APF<SFE>SFA. Cobre e zinco foram maiores nos extratos da silagem em relação ao extrato da planta fresca. Já o ferro diminuiu a concentração no SFA em relação à SFE, o que pode indicar formação de compostos insolúveis que podem ter sido precipitados, ficando aderidos às fibras quando da extração pela metodologia utilizada. Outra possibilidade para explicar o teor de Fe no extrato SFA é o efeito de diluição. Taiz e Zeiger (2004) informam que o ferro, zinco e o cobre estão presentes nas estruturas vegetais em associação com moléculas de citocromo, clorofila e proteínas. Logo, esse resultado pode ser pela impossibilidade física em quebrar essas estruturas orgânicas em que esses elementos são parte no momento da extração do efluente, pelas condições da amostra. Já no extrato da silagem, após o período de deterioração, há natural degradação da silagem, e estes elementos tornam-se disponíveis em maior quantidade. Um fator primordial na liberação desses elementos é a elevação do pH do meio. Para Taiz e Zeiger (2004), os elementos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn ficam disponíveis no intervalo de pH entre 5,5 e 6,5. Esse pH foi atingido no intervalo de 96 e 120 h de exposição ao ar, elevando-se até 8,27 com 192 h de avaliação da EA. O pH acima de 8,0 indica que a MO está em decomposição acelerada. Dessa forma, fica demonstrada a elevação da concentração desses nutrientes, significando sua disponibilidade através da mineralização da MO.

Considerando que os elementos Fe, Cu e Zn podem ter sido complexados pelo ácido fítico, estes minerais possivelmente ficaram retidos nas estruturas lignificadas da aveia

fresca, dificultando a extração pelo procedimento utilizado. Porém, após a degradação da MO foram liberados, pois enzimas e microrganismos podem ter agido sobre essas estruturas, quebrando-as e liberando esses elementos para o meio, conforme sugere Teixeira (1998). Logo, o processo de extração utilizado foi suficiente para extrair, nas amostras de APF, SFE e SFA, teores de Fe, respectivamente, de 8,71 mg/L, 30 mg/L e 21 mg/L; teores de Cu de 0,25 mg/L, 0,52 mg/L e 0,70 mg/L e teores de Zn na ordem de 0,20 mg/L, 1,20 mg/L e 3,0 mg/L, representando aumento da concentração entre as amostras APF e SFE para os nutrientes Fe, Cu e Zn, respectivamente, 3,5; 2 e 6 vezes maior. Isso demonstra que na mineralização houve a quebra das estruturas orgânicas com a consequente liberação desses minerais para o meio.

Teor de manganês

O manganês (Mn) precipita na forma de óxidos sendo um dos elementos responsáveis pelo escurecimento de vegetais em processo de decomposição da MO. Segundo Camargo *et al.* (1999), na degradação da MO os sistemas reduzidos do ferro, manganês e do ácido carbônico, favorece a ação tamponante pelas reações de oxirredução envolverem o consumo ou a produção dos íons H^+/OH^- , o que pode favorecer a elevação do pH. Isso explica a elevação do pH observada com o passar do tempo no monitoramento da EA de silagens. Dessa forma, no processo de decomposição da MO há a produção de CO_2 , o qual normalmente reage com a H_2O para formar ácido carbônico, que se dissocia em íons H^+ e HCO_3^- podendo formar carbonatos de Fe e de Mn.

No presente estudo, houve a diminuição do teor de Mn de 8,7 mg/L na forragem fresca (APF) para 5,0 mg/L no extrato SFE e 4,7 mg/L no SFA, significando que 74% do Mn encontrado inicialmente ficaram retidos na massa da silagem. Pode ter ocorrido o mesmo mecanismo defendido para explicar a redução dos teores de Ca e Mg.

Potencial poluidor de efluentes de silagens de aveia

O potencial poluidor de efluentes produzidos em silagens pode ser estimado a partir da comparação com aqueles oriundos de outras culturas como, por exemplo, a suinocultura. Na Tab. 2 têm-se os constituintes minerais (macro e micronutrientes) e pH da água residuária de suinocultura, encontrados por Pacheco (2012), em estudo do

efluente como fertilizante para culturas de milho e de aveia preta. Na mesma Tab. são apresentados componentes do efluente produzido por silagens de aveia preta, com a finalidade de demonstrar genericamente o potencial poluidor desses efluentes.

Tabela 2. Caracterização físico-química do efluente de suinocultura e de efluente (suco) de silagens de aveia preta, obtido após 192 h de exposição ao ar

Minerais (mg/L)	Tipo de efluente		Método de análise
	*Suinocultura	Aveia	
N	1.097,6	1.768,7	Kjeldhal
P	122,8	519,0	Espectrofotômetro visível
K	525,4	2.276,7	EAA
Ca	57,7	614,7	EAA
Mg	33,3	500,0	EAA
Na	133,6	20,7	EAA
Cu	0,81	0,49	EAA
Zn	4,07	1,47	EAA
Fe	4,08	19,9	EAA
Mn	0,29	6,13	EAA
pH	8,02	8,27	pHgâmetro

*Valores médios absolutos. EAA= Espectrofotômetro de absorção atômica.

Fonte: Pacheco (2012).

Analisando os teores dos nutrientes apresentados na Tab. 2, percebe-se que o efluente de silagens de aveia preta tem maior potencial poluidor que o efluente gerado por suinoculturas. Em porcentagem, o efluente da silagem é mais concentrado que o efluente de suinocultura para os nutrientes N (61%); P (323%); K (333%); Ca (965%); Mg (1.402%); Fe (388%) e Mn (2.014%) e, possui concentração menor para Na (-85%); Cu (-40%) e Zn (-64%). Já em relação aos valores de pH, o suco gerado pelas silagens foi 3,12% mais alcalino. Esses valores podem indicar viabilidade da aplicação de efluentes de silagens de gramíneas em processos de fertirrigação, o que dependerá de estudos complementares para a definição de critérios de diluição e formas de aplicação.

Oxigênio dissolvido (O₂) e a degradação da matéria orgânica (MO)

Analisando a concentração de oxigênio dissolvido (OD) no extrato das silagens (Fig. 5), constata-se que quando a temperatura do efluente é maior, a concentração de OD será menor. A ilustração mostra que quando a temperatura da amostra está entre 10,5°C e 11,5°C a concentração de OD é maior. Já quando a temperatura se eleva o oxigênio tende a diminuir, o que pode justificar, em parte, as baixas concentrações de OD encontradas. Outra justificativa para a baixa concentração de oxigênio dissolvido nas amostras é o teor de N-NH₃ que se elevou de APF 20 mg/L; SFE 72 mg/L e SFA 444 mg/L. Nessas concentrações, a amônia consome oxigênio dissolvido ao ser oxidada biologicamente a nitrito e nitrato.

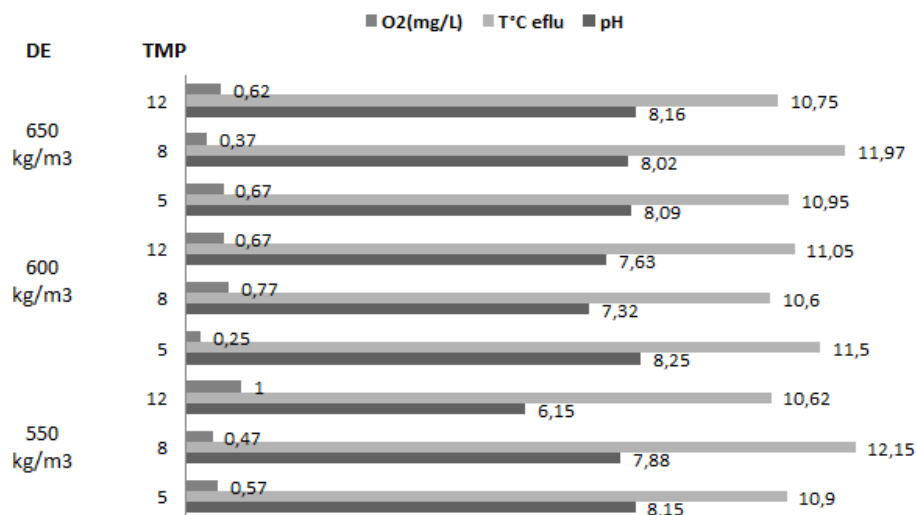


Figura 5. Valores de temperatura, pH e concentração de oxigênio dissolvido nas amostras de efluente de aveia preta em três tamanhos médios de partícula (TMP) e nas três densidades (DE).

A análise dos efluentes SFE e SFA demonstrou-se elevada carga orgânica o que contribui para a baixa concentração de OD. As concentrações de OD ficaram entre 0,37 e 1,00 mg/L, sendo a média de 0,60 mg/L. Estes valores podem ser considerados baixos, considerando o tipo de amostra. Essa baixa quantidade de O₂ indica que existe muito carbono no extrato, demonstrando processo de degradação acelerado o que consome muito oxigênio. O balanço entre estes elementos dá a noção de quanto o efluente está carregado com material orgânico em processo de decomposição. Verificou-se que silagens, quando expostas ao ar por longo período, podem produzir efluentes com todas as características de resíduo com enorme potencial de poluição ambiental. Isso pode servir como referência para estimar o impacto ambiental que pode ser ocasionado ao meio ambiente, no caso de manejo/uso inadequado de silagens.

A degradação de material orgânico leva inicialmente à produção de gases, seguido por efluentes. Os resíduos sólidos orgânicos provenientes de restos de silagens podem sofrer processos de fermentação, formando ácidos orgânicos, constituintes do efluente com elevada DBO. Quando a silagem produz efluente, é sinal de que houve falhas ou falta de tecnologias para o correto processamento e armazenamento em silos para que ocorra a fermentação anaeróbia.

Os valores de pH do extrato de aveia preta na fase final do estudo da estabilidade aeróbia (192 h) foi em média de 8,27.

Relação carbono/nitrogênio e perda de matéria orgânica

Em valores absolutos, o teor de MO na forragem (Fig. 6) diminuiu durante a avaliação da estabilidade aeróbia das silagens, sendo no tempo 0 (0%); 24 (1,19%); 48 (2,71%); 72 (3,39%) e 96 (14,12), obedecendo a equação $y = 0,0023x^2 - 0,0905x + 0,7998$ com $R^2 = 90,98\%$.

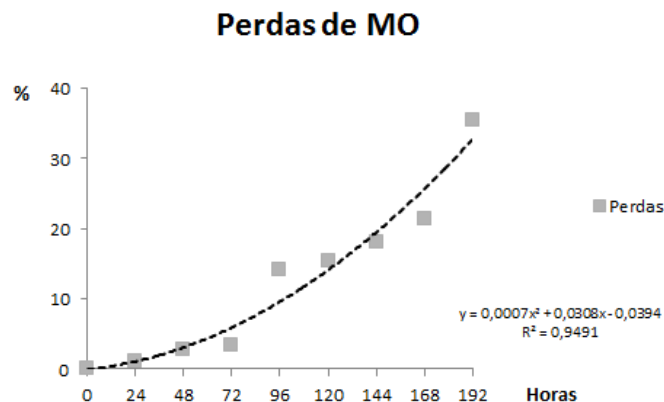


Figura 6. Perda de MO ao longo de 192 h de exposição ao ar.

As perdas de MO, calculada ao longo dos 60 dias de ensilagem foi de 4,18%. Já compreendendo o período de 192 h após a abertura dos silos, a deterioração da silagem foi elevada. Pode-se observar (Fig. 6), que a perda total foi de 35,53% de MO. O teor de MO perdido foi calculado com base na equação descrita por Paredes *et al.* (2000).

A razão C/N diminuiu de 11,99 no dia do corte da aveia para 7,95 no tempo zero das medidas de EA (abertura dos silos), registrando razões 7,90 (24 h); 7,90 (48 h); 7,89 (72 h) e 7,88 (96 h). Esses dados mostram que a diferença na razão C/N entre o tempo zero e 96 h foi de 0,07, equivalente a 0,88%. Já a relação percentual entre 11,99 e 7,95 é de 33,7%. Esses resultados estão de acordo com o encontrado por Brito *et al.* (2007), que observaram que a concentração de N aumentou inversamente às perdas de MO no esterco de bovino leiteiro atingindo, níveis até três vezes superiores aos iniciais.

No presente estudo, houve aumento de nitrogênio total de 33,66% quando comparamos o teor inicial do extrato de aveia fresca e o teor final, após o quarto dia de EA, ou seja, 64 dias após a ensilagem. No presente estudo, observaram-se relações para C/N menores que aquelas encontradas na literatura correlata. Considerando que o suco de silagem utilizado nas análises contém, em princípio, os mesmos constituintes que a silagem, com exceção da estrutura vegetal lignificada, o processo de degradação pode

guardar semelhanças. Contudo, os resultados mostraram que existe um mecanismo complexo que faz cada conjunto de amostras ser diferente. O fato de APF ser forragem fresca, SFE ser a silagem ao final da EA e a SFA ser a silagem em estado de degradação não deveria produzir resultados com grande diferença para os parâmetros analisados.

Tabela 3. Razão carbono/nitrogênio e carbono/fósforo no efluente da aveia preta fresca e na silagem na abertura dos silos

Razão	Forragem fresca	Silagem em EA
C/N	11,99	7,95
C/P OD	16,86	53,77
C/P Total	42,34	66,37

Valores médios absolutos.

Zucconi e Bertoldi (1987), trabalhando compostagem de resíduos do corte de gramas de jardins, e Brito *et al.* (2007), em ensaio de compostagem de resíduos de alimentação da pecuária leiteira, registraram valores para a razão de C/N entre 40 e dez, respectivamente, no início e no final dos experimentos de mineralização da MO. No experimento com a aveia preta, encontramos que a razão C/N na forragem foi de 11,99 e na silagem foi de 7,95 mostra que se encontram na menor faixa encontrada por esses autores.

Caracterização do efluente de silagem de aveia preta

Na Tab. 4 são apresentadas as características do potencial poluidor do efluente da silagem de aveia preta nas três situações em estudo.

Tabela 4. Caracterização do efluente extraído da forragem fresca de aveia preta e ao final da avaliação da estabilidade aeróbia da silagem, com 192 h de exposição ao ar

Parâmetros	Aveia preta		
	APF	SFE	SFA
pH	5,37	7,03	7,96
DBO ₅ (mg/L)	20.650	19.768	7.750
DQO (mg/L)	49.465	52.408	30.300
Sólidos suspensos totais (mg/L)	43.150	46.472	29.960
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	12.945	13.942	8.988
Nitrogênio amoniacal Kjeldahl (mg/L)	20	72	444
Nitrato (mg/L)	90	237	230
Fósforo total (mg/L)	402	310	143

APF-Suco da aveia preta fresca; SFE-Suco de silagem no final da estabilidade aeróbia (EA); SFA-Suco de silagem que recebeu água no final da EA na proporção de (50 mL/kg) e extraído 13 dias após a EA; DBO₅-demanda biológica de oxigênio e DQO - demanda química de oxigênio. Todas as análises foram realizadas 81 dias após o corte da forrageira. Médias ponderadas, valores absolutos.

A quantidade de suco extraída da aveia verde no dia da ensilagem foi pequena, possivelmente em função do estresse hídrico que a cultura passou nos últimos 30 dias anteriores ao corte, resultando em teor de MS de 28%. Analisando os valores de pH,

observa-se elevação de 5,37 para 7,03 e 7,96, respectivamente, para as médias dos efluentes de APF, SFE e SFA. Esses resultados revelam que a forragem foi submetida ao processo de fermentação alterando as características físico-químicas. O suco APF mantido em frascos hermeticamente fechados, quando analisado aos 81 dias de armazenamento revelou pH de 5,37 enquanto o suco SFE elevou o pH próximo a 100 vezes em relação ao aferido em APF. Também em relação ao suco APF, o suco SFA elevou-se 1.000 vezes. No suco SFE, o ambiente contribuiu para a elevação do pH. Já as amostras adicionadas com água, o pH foi elevado a 7,96 o que demonstra que houve degradação da silagem. Pode-se afirmar que as amostras APF tiveram comportamento semelhante ao observado nas silagens, com pH médio de 4,19 na abertura dos silos. Após 81 dias de extraído e armazenado em frascos hermeticamente fechados, suco APF conservava valor próximo daqueles encontrados quando da desensilagem da aveia.

O extrato da forragem fresca (APF) e das silagens no final da EA (SFE) e com adição de água (SFA) demonstram o processo de degradação do material vegetal e inicia o processo de mineralização. A decomposição é o processo de quebra da matéria orgânica em partes menores, feita por microrganismos decompositores. O conjunto de amostras SFA ao tempo em que foi diluído, sofreu maiores alterações, demonstrando grande potencial poluidor pelo DBO, que reduziu possivelmente em função da elevada concentração de substâncias tóxicas colaborando com a biodegradabilidade.

No efluente da SFA, a elevação do pH mostra que o meio apresentou intensa proteólise e liberação de amônia. Essa informação é confirmada pela elevação do nitrogênio amoniacal e do nitrato. Efluentes com alto teor de nitrato significam que está em estágio avançado de depuração. A redução dos teores de sólidos suspensos totais (SST) no SFA corrobora com o processo de depuração do efluente. Por fim, a redução do fósforo total evidencia que esse efluente pode ser descartado no ambiente em quantidade assimilável sem causar danos ambientais.

O processo de tratamento químico, quando necessário, deve reduzir a DQO e aumentar a DBO, ou seja, aumentar a biodegradabilidade do efluente. A água adicionada, simulando ocorrência de chuvas, demonstrou efeito diluidor, no entanto diminuiu a concentração de DBO para as relações entre os conjuntos de amostras APF:SFE 4,5%; SFE:SFA 155% e APF:SFA 166%. Já a DQO aumentou em APF:SFE 6,0% e diminuiu em SFE:SFA 73% e APF:SFA 63%.

Pela análise dos dados, o potencial poluidor de efluentes de silagens é grande, podendo causar danos ambientais significativos. Se considerarmos todos os parâmetros elencados

da Tab. 4, o efluente SFE é a que possui os piores indicadores. O valor médio de pH (7,03) mostra a variação existente entre os efluentes avaliados no experimento. O pH (5,37) evidencia o efluente formado no primeiro dia da ensilagem, e que mantido nas condições do silo terá o maior impacto no ambiente, se considerado o valor de pH enquanto acidez. De acordo com a Resolução n° 430 do Conama (Conselho..., 2011), valores de pH entre 5,0 e 9,0 é permitida para lançamento de efluentes no ambiente, contudo vários outros parâmetros devem ser observados.

O conjunto de amostras APF é o que possui a menor relação DBO/DQO evidenciando ser mais fácil sua depuração no ambiente, conforme Agudo (1992) e Braile e Cavalcanti (1993).

Na Tab. 5 são apresentadas as relações estabelecidas a partir dos indicadores constantes da Tab. 4.

Tabela 5. Relações de caracterização do efluente APF, SFE e SFA

Parâmetros	Aveia preta		
	APF	SFE	SFA
DQO / DBO ₅	2,40	2,65	3,91
DQO / SST	1,14	1,12	1,01
DQO / P	123	169	211
DQO / NAK(N-NH ₃)	2.473	727	68
DQO / NO _x (NO ₂ e NO ₃)	550	221	132
DBO / SSV	1,60	1,42	0,86
NAK(N-NH ₃) / P	0,05	0,23	3,10
P / NAK (N-NH ₃)	20	4,30	0,32
SST / DBO ₅	2,08	2,35	3,86
NO ₃ ⁻ / NAK (N-NH ₃)	4,45	3,79	0,52

APF-Suco da aveia preta fresca; SFE-Suco de silagem no final da estabilidade aeróbia (EA); SFA-Suco de silagem que recebeu água no final da EA na proporção de (50 mL/kg) e extraído 13 dias após a EA. Todas as análises foram realizadas 81 dias após o corte da forrageira. Médias ponderadas, valores absolutos.

A relação alimento/microrganismos (A/M) é definida como a quantidade de alimento (DBO) por unidade de biomassa representada pelos sólidos suspensos voláteis (SSV), e expressa em DBO/SSV. Os microrganismos têm uma capacidade limitada para consumir o substrato (DBO) na unidade de tempo, uma elevada relação A/M pode significar maior oferta de matéria orgânica biodegradável. Já baixos valores de A/M significam que a oferta de substrato é inferior à capacidade de sua utilização pelos microrganismos. A fração de organismos nitrificantes decresce à medida que a relação C/N cresce. O efluente analisado apresentou uma relação DQO/NAK de 2.473; 727 e 68, respectivamente, para APF; SFE e SFA. Os autores Metcalf & Eddy (2003) sugerem, para o bom desempenho de processos de nitrificação, que esta relação esteja entre 5 e 3. Os valores encontrados estão muito acima do patamar estabelecido pela literatura especializada em efluentes gerais.

CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos nos parâmetros analisados, concluiu-se que o efluente gerado no processo de ensilagem apresenta alto potencial de poluição ambiental.

O experimento mostrou que silagens que receberam água (SFA), simulando a ocorrência de chuvas durante a utilização, o efluente assim produzido demonstra grande potencial poluidor. Embora tenha reduzido a DBO, a relação DQO/DBO foi maior. Ao tempo que contribui com biodegradabilidade do meio, a água propiciou condições para decomposição da matéria orgânica, liberando substâncias potencialmente tóxicas.

Os três efluentes (APF; SFE e SFA) do experimento da silagem de aveia preta mostraram relação DQO/DBO maior que 2 indicando a existência de matéria orgânica não biodegradável o que impacta negativamente o ambiente.

Sugere-se que sejam desenvolvidos novos estudos em efluentes de silagens de gramíneas com o objetivo de investigar as várias relações entre os parâmetros estabelecidos para diminuir o dano ambiental.

REFERÊNCIAS

AGUDO, E.G. *Demanda bioquímica de oxigênio*. São Paulo: Universidade Mackenzie, 1992. (Apostila).

BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E. *Manual de tratamento de águas residuárias industriais*. São Paulo: CETESB, 1993.

BRITO, L.M.; AMARO, A.L.; FERNANDES, A.S.; MOURAO, I. Influências físicas sobre características químicas na compostagem da fracção sólida de chorume de bovinos leiteiros. *Rev. de Ciências Agrárias*, v.30, p.98-108, 2007.

CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. *Ciênc. Rural*, v.29, p.171-180, 1999. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84781999000100032&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 05 set. 2013.

CANDIDO, M.J.D.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. *et al.* Valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de adubação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, p.20-29, 2002.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. *Cartas climáticas do Paraná*. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acessado em: 13 nov. 2013.

CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing silage quality. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. *et al.* (Eds.). *Silage science and technology*. Madison: [s.n.], 2003. p.141-198.

CONSELHO Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011*. Brasília, DF, 2011.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciênc. Agrotec.*, v.35, p.1039-1042, 2011.

FREITAS, E.A.G.; DUFLOTH, J.H.; GREINER, L.C. *Tabela de composição químico-bromatológica e energética dos alimentos para animais ruminantes em Santa Catarina*. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 333p. (EPAGRI. Documentos, 155).

GOMES, M.F.; PADILHA, J.; COSTA, J.L.F.; PAOKI, A. *Análise bidimensional da cobertura pedológica: o caso da fazenda experimental de Iguatemi*. Maringá, 2011. Disponível em: <http://www.dge.uem.br/semana/eixo6/trabalho_10.pdf>. Acessado em: 23 ago. 2013.

HAIGH, P.M. Effluent production from grass silages treated with additives and made in large-scale bunker silos. *Grass Forage Sci.*, v.54, p.208-218, 1999.

HORWITZ, W. Evaluation of analytical methods used for regulation of food and drugs. *Anal. Chem.*, v.54, p.67A, 1982.

IGARASI, M.S. *Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (Panicum maximum Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano*. 2002. 132f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

JASTER, E.H. Legume and grass silage preservation. In: MOORE, K.J.; KRAL, D.M.; VINEY, M.K. (Eds.). *Post-harvest physiology and preservation of forage*. Madison: ASA, CCSA, 1995. p.91-115.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. *et al.* Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, p.101-119, 2007.

JONES, D.I.H.; JONES, R. The effect of in-silo effluent absorbents on effluent production and silage quality. *J. Agr. Eng. Res.*, v.64, p.173-186, 1996.

LOURES, D.R.S.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. *et al.* Composição bromatológica e produção de efluente de silagens de capim-tanzânia sob efeitos do emurchecimento, do tamanho de partícula e do uso de aditivos biológicos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.726-735, 2005.

MATOS, A.T. *Tratamento de resíduos agroindustriais: curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais*. Viçosa: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2005.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340p.

McMULLEN, M.S. Oats. In: KULP, K.; PONTE Jr, J.G. *Handbook of cereal sciences and technology*. New York: Marcel Dekker, 2000. p.127-147.

METCALF & EDDY. *Wastewater Engineering: treatment, disposal, reuse*. 4.ed. New York: McGraw-Hill Book, 2003. 1815p.

MORAES, L.M.; PAULA JUNIOR, D.R. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de resíduos da bovinocultura e da suinocultura. *Eng. Agríc.*, v.24, p.445-454, 2004.

O'DONNELL, C.; DODD, V.A.; O'KIELY, P. *et al.* A study of the effects of silage effluent on concrete: Part 1 significance of concrete characteristics. *J. Agr. Eng. Res.*, v.60, p.83-92, 1995.

PACHECO, F.P. *Água residuária de suinocultura aplicada em cobertura na cultura de milho com cultivo sequencial de aveia preta*. 2012. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – UNIOESTE, Cascavel.

PAREDES, C., ROIG, A., BERNAL, M. P. *et al.* Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes. *Biol. Fertil. Soils*, v.20, p.226-236, 2000.

PAVINATO, P.C.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.32, p.911-920, 2008.

PORTAS, A.A.; VECHI, V.A. *Aveia preta - boa para a agricultura, boa para a pecuária*. 2007. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/plantas_forrageiras/cr55aveiapreta.php>. Acessado em: 20 ago. 2013.

REDA, S.Y. Evaluation of antioxidants stability by thermal analysis and its protective effect in heated edible vegetable oil. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v.31, p. 475-480, 2011.

SCHEFFER-BASSO, S.M.; FONTANELI, R.S.; DÜRR, J.W. *et al.* *Valor nutritivo de forragens: concentrados, pastagens e silagens*. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2003. 31p.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. *A practical handbook of seawater analysis*. 2. reimp. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 1972. 310p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TEIXEIRA, R.M. *Remoção de nitrogênio de efluentes da indústria frigorífica através da aplicação dos processos de nitrificação e desnitrificação em biorreatores utilizados em um sistema de lagoas de tratamento*. 2006. 148f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<http://www2.enq.ufsc.br/teses/d031.pdf>>. Acessado em: 26 ago. 2013.

TEIXEIRA, R.M.; REGINATTO, V.; PEREIRA, F.F. *et al.* Remoção de nitrogênio de efluente agroindustrial utilizando biorreatores. *Acta Sci. Technol.*, v.30, p.209-213, 2008.

WELZ, B.; SPERLING, M. Atomic absorption spectrometry. 3rd ed. Weinheim: Wiley-VHC, 1999.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. Composts specifications for the production and characterization of composts from municipal solid waste. In: BERTOLDI, M.; FERRANTI, M.P.; L'HERMITE, P.; ZUCCONI, F. (Eds.). *Compost: Quality and Use*. London: Elsevier Applied Science, 1987. p.30-50.

VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os experimentos com silagens de aveia preta demonstraram o quanto o efluente de silagem é potencialmente poluidor para o ambiente. Levaram a reflexões sobre a Política Ambiental Brasileira quanto à fiscalização aos empreendimentos agropecuários. Antes, porém é necessário ser instituído e financiado grupo de pesquisa de abrangência nacional para propor mecanismos e protocolos de estudo a fim de levantar número significativo de variáveis com o objetivo de melhorar textualmente e, aplicávelmente às normas brasileiras, em especial as Resoluções 357 de 2005 e 430 de 2011 do Conama no que trata de efluentes.

Os estudos aqui registrados mostraram vários parâmetros, significados e suas relações, envolvendo conhecimentos da Biologia, da Engenharia de Saneamento, da Química e da Zootecnia. Estes evidenciam a necessidade de estudos complementares em formato multidisciplinar para elucidar melhor a questão, que parece esclarecida e pequena, mas de enorme impacto negativo, social e ambiental considerando o crescimento projetado para a agropecuária brasileira nas próximas décadas.