



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ASPECTOS AGRONÔMICOS E QUALIDADE DE SILAGENS MISTAS ORIUNDAS**  
**DOS CONSÓRCIOS DE MILHO E CROTALÁRIAS**

CAROLINA MARQUES COSTA

Defesa apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Área de Concentração: Produção Animal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Dourados - MS  
Fevereiro - 2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ASPECTOS AGRONÔMICOS E QUALIDADE DE SILAGENS MISTAS ORIUNDAS**  
**DOS CONSÓRCIOS DE MILHO E CROTALÁRIAS**

Carolina Marques Costa  
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior  
Co-orientador: Prof. Dr. Mábio Silvan José da Silva

Defesa apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Área de Concentração: Produção Animal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Dourados - MS  
Fevereiro - 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C838a Costa, Carolina Marques

Aspectos agronômicos e qualidade de silagens mistas oriundas dos consórcios de milho e crotalárias [recurso eletrônico] / Carolina Marques Costa. -- 2019.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Marco Antonio Previdelli Orrico Junior.

Coorientador: Mábio Silvan José da Silva.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Crotalaria juncea. 2. Crotalaria ochroleuca. 3. Crotalaria spectabilis. 4. estabilidade aeróbia. 5. fermentação. I. Orrico Junior, Marco Antonio Previdelli . II. Silva, Mábio Silvan José Da. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**ASPECTOS AGRONÔMICOS E QUALIDADE DE SILAGENS MISTAS  
ORIUNDAS DOS CONSÓRCIOS DE MILHO E CROTALÁRIAS**

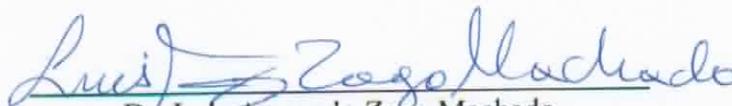
por

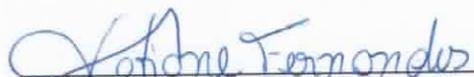
**CAROLINA MARQUES COSTA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título  
de MESTRE EM ZOOTECNIA

Aprovada em: 20/02/2019

  
Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior  
Orientador – UFGD/FCA

  
Dr. Luis Armando Zago Machado  
EMBRAPA/CPAO

  
Dra. Tatiane Fernandes  
UFGD-PNPD/FCA

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

CAROLINA MARQUES COSTA, filha de João Kennedy Augusto Costa e Marilda Clara Marques, nascida em Dourados - Mato Grosso do Sul em 23 de novembro de 1994. Graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD em março de 2017. Em abril de 2017 ingressou no Curso de Mestrado em Zootecnia pela UFGD, área de concentração em Produção Animal, na linha de pesquisa em conservação de forragens, submetendo-se a defesa em 22 de fevereiro de 2019.

*A Deus pelo dom da vida e sabedoria concedida até aqui.*

*A minha amada mãe, Marilda Clara Marques, por orar e zelar por mim todos os dias e por sempre me incentivar a estudar.*

*A minha avó, Francisca Faleiros, por sempre torcer por mim e me desejar o bem.*

*A minha irmã, Carina Marques, por vibrar com as minhas vitórias e me apoiar nos momentos difíceis.*

*A meu companheiro, Kaique Araújo, pelo apoio, amor, amizade, cuidado e compreensão incondicionais.*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me concedido fé, paciência, perseverança e coragem para vencer em mais uma etapa.

À minha família, por me ensinar que nessa vida nada se perde, ou eu ganho ou eu aprendo (*Nelson Mandela*).

À Universidade Federal da Grande Dourados, pela possibilidade de realização desse curso.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agropecuária Oeste) e a todos os seus funcionários, por disponibilizar a estrutura necessárias para realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas do Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos durante o período de mestrado.

Ao Professor Doutor Marco Antônio P. Orrico Junior, pela orientação e interesse em meu aperfeiçoamento profissional.

Ao meu Co-orientador Prof. Dr. Mábio Silvan José da Silva, pela amizade e dedicação, sempre proporcionando oportunidades de ampliar meus conhecimentos.

Aos Dr. Luis Armando Zago Machado e Dr. Rodrigo Arroyo Garcia, pelo apoio nas avaliações, sem o qual esse trabalho não seria possível.

Ao Dr. Rusbel Raul, pelo valioso apoio estatístico e disponibilidade em ensinar.

As Pós Doutorandas Alice Schwingel e Tatiane Fernandes, pelo tempo despendido e auxílio nas análises laboratoriais.

Aos técnicos Thiago, Giza e Elda pelo suporte laboratorial.

Aos meus colegas de graduação, pós-graduação e equipe de bolsistas de iniciação científica pela amizade, dedicação e ajuda necessária.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização desse trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	iv
CAPÍTULO 1.....	1
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 <i>Uso do milho e o consórcio com leguminosas para produção de silagens</i> .....	4
2.2 <i>Gênero Crotalária</i> .....	5
2.3 <i>Importância da ensilagem e fatores que interferem no processo</i> .....	8
3. OBJETIVO GERAL.....	11
3.1 <i>Objetivos específicos</i> .....	11
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	12
CAPÍTULO 2.....	24
Resumo .....	25
Abstract.....	26
Introdução .....	27
Material e Métodos.....	29
Resultados.....	36
Discussão.....	47
Conclusão.....	53
Referências bibliográficas .....	54

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características produtivas e morfológicas do milho consorciado com espécies de crotalária em dois arranjos espaciais.....	<b>36</b>
<b>Tabela 2.</b> Características bromatológicas do milho consorciado com espécies de crotalária em dois arranjos espaciais.....	<b>40</b>
<b>Tabela 3.</b> Perdas fermentativas, composição química, populações microbianas e perfil fermentativo de silagens de milho consorciadas com espécies de crotalária em dois arranjos espaciais.....	<b>42</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Croqui dos arranjos espaciais, A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa em linhas alternadas.....**30**
- Figura 2.** Proporção de milho na matéria total (A); proporção de leguminosa na matéria total (B) e produção total de leguminosa (kg/ha) (C). Médias com letras diferentes indicam diferença significativa para interação de acordo com o teste de Scott Knott ( $P<0,05$ ) .....**38**
- Figura 3.** Níveis de matéria seca (MS) do milho consorciado com espécies de crotalária em dois arranjos espaciais. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa para interação de acordo com o teste de Scott Knott ( $P<0,05$ ) .....**39**
- Figura 4.** Perdas de MS de silagens mistas de milho com crotalárias em dois arranjos espaciais. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa para interação de acordo com o teste de Scott Knott ( $P<0,05$ ) .....**41**
- Figura 5.** Potencial hidrogeniônico (pH) inicial (A) e final (B) de silagens mistas de milho com crotalárias em dois arranjos espaciais. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa para interação de acordo com o teste de Scott Knott ( $P<0,05$ )...**43**
- Figura 6.** Fibra em detergente neutro (FDA, A) e celulose (CEL, B) de silagens mistas de milho com crotalárias em dois arranjos espaciais. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa para interação de acordo com o teste de Scott Knott ( $P<0,05$ ) .....**43**
- Figura 7.** Proteína bruta (PB) de silagens mistas de milho com crotalárias em dois arranjos espaciais. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa para interação de acordo com o teste de Scott Knott ( $P<0,05$ ) .....**44**

**Figura 8.** Alterações na temperatura (A) e pH (B) das silagens oriundas dos consórcios de milho (MIS), milho + *C. juncea* (MCJ), milho + *C. spectabilis* (MCS), milho + *C. ochroleuca* (MCO). A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2= 45 cm entre linhas com milho e leguminosa em linhas alternadas.....**45**

**LISTA DE ABREVIATURAS**

- BAL: Bactérias ácido lácticas
- BM: Bactérias mesofílicas
- CHO's: Carboidratos solúveis
- CT: Capacidade tampão
- FBN: Fixação biológica de nitrogênio
- FDA: Fibra detergente ácido
- FDN: Fibra detergente neutro
- FF: Fungos filamentosos
- HEM: Hemicelulose
- LEV: Leveduras
- MIS: Milho solteiro
- MCJ: Milho + *Crotalaria juncea*
- MM: Matéria mineral
- MN: Matéria natural
- MCO: Milho + *Crotalaria ochroleuca*
- MS: Matéria seca
- MCS: Milho + *Crotalaria spectabilis*
- NNP: Nitrogênio não proteico
- PA: Alcalóide de pirrolizidina
- PB: Proteína bruta
- PE: Perda por efluentes
- PG: Perda por gases
- pH: Potencial hidrogeniônico
- PMS: Perdas de matéria seca

PTL: Produção total de leguminosa

PTM: Produção total de milho

PTMS: Produção total de matéria seca

PTPB: Produção total de proteína bruta

## **CAPÍTULO 1**

## 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A silagem de milho é o principal volumoso utilizado nos sistemas de produção intensiva de ruminantes, principalmente em propriedades leiteiras. Para se tornar mais competitiva, em relação aos demais volumosos, é necessário escolher híbridos que apresentem alta produtividade, elevada energia digestível, além de boa capacidade fermentativa (Oliveira et al., 2017). Dentre as formas de utilização para produção de silagem, a planta inteira do milho é a mais utilizada por ser uma excelente fonte de energia e fibra para bovinos, além de possuir elevada capacidade fermentativa (de Assis et al., 2014).

A grande problemática na utilização da silagem de milho exclusiva para alimentação animal está no baixo conteúdo de proteína bruta (PB) destas silagens (75 g/kg de MS) (Sucu et al., 2016; Khan et al., 2015). Uma alternativa para aumentar os níveis de proteína bruta das silagens de milho é a inclusão de leguminosas para produção de silagens mistas. Pesquisas recentes demonstraram o benefício da prática do consórcio para produção de silagens mistas sobre os incrementos de proteína bruta (Baghdadi et al., 2016; Copani et al., 2016; Jahanzad et al., 2015; Phelan et al., 2015).

A produção de milho em consórcio com leguminosa é uma técnica de produção de alimento, utilizando menor extensão de terra com o uso mais eficiente dos meios naturais e com impacto mínimo sobre o meio ambiente (Belel et al., 2014). Além do benefício sinérgico para as características de solo, principalmente em relação a fixação biológica de nitrogênio, o consórcio proporciona praticidade nas operações de corte e mistura das culturas no momento da ensilagem (Kappes & Zancanaro, 2015). No entanto, deve-se atentar à escolha das espécies a serem produzidas, concomitantemente, na mesma área a fim de evitar tanto a competição interespecífica, como a intraespecífica,

as quais podem afetar a produtividade de massa de forragem na área (Rashid & Himayatullah, 2003).

Dentre as diversas espécies de leguminosas, o gênero *Crotalaria spp* apresenta grande potencial para utilização em consórcio. São espécies pouco exigentes em adubação, de manejo simples, sistema radicular profundo, elevada produção de biomassa, além de contribuírem para a fixação de nitrogênio no solo e controle de nematóides (Soratto et al., 2012; Tavares et al., 2011). Dentre as espécies de crotalária, a *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca* apresentam potencial para utilização em consórcio, promovendo vantagens agronômicas e/ou zootécnicas (Kappes & Zancanaro, 2015; Gitti et al., 2012; Tavares et al., 2011).

Além da escolha das espécies, é importante ter atenção ao espaçamento entre linhas e a densidade de plantas na linha, de modo a se obter um equilíbrio entre as duas espécies que compõe o consórcio, a fim de maximizar a deposição de nutrientes nas plantas por unidade de área e minimizar as competições (Pariz et al., 2017; Shaker-Koochi et al., 2014).

Na literatura existem alguns trabalhos demonstrando a importância do consórcio entre milho e crotalárias, nos quais priorizam, majoritariamente, os aspectos relacionados as características de solo e controle de pragas. Desta forma, pouca atenção é dada aos benefícios deste consórcio sobre os aspectos morfológicos, produtivos, de qualidade da massa de forragem e qualidade das silagens oriundas dos consórcios.

Esta dissertação é composta por dois capítulos, sendo o primeiro uma revisão de literatura sobre o uso do milho na alimentação animal, a associação com leguminosas, o gênero crotalária, a importância da ensilagem e os fatores que interferem no processo. O segundo capítulo é um artigo científico que foi redigido conforme as normas para publicação da revista *Animal Feed Science and Technology*.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### *Uso do milho e o consórcio com leguminosas para produção de silagens*

O Brasil possui, aproximadamente, 73% de suas terras agrícolas totais destinadas as pastagens, no entanto, estima-se que 80% dessas pastagens encontram-se estabelecidas em solos degradados (Oliveira et al., 2018). Além disso, a oferta de alimentos, principalmente em regiões tropicais, é altamente influenciada pelas variações sazonais, não permitindo que as plantas forrageiras forneçam quantidades de nutrientes suficientes para suprir os índices produtivos dos animais ao longo do ano (Macêdo et al., 2017).

O milho é tradicionalmente a cultura padrão para alimentação animal. A escolha do melhor híbrido deve levar em consideração a capacidade produtiva do genótipo, o estágio de maturação para colheita, composição estrutural da planta, as frações dos constituintes, e os aspectos relativos ao solo e ao clima, visto que, em muitos casos, populações elevadas de plantas causam alterações fisiológicas e morfológicas, possibilitando maior utilização de luz, água e nutrientes (Neumann et al., 2017; Brachtvogel et al., 2012).

A preferência do uso da planta de milho como forrageira se deve a alta produtividade (16 a 26 toneladas de MS/ha em função do híbrido), alto teor energético e boas características fermentativas para ensilagem, ou seja, adequada produção de ácido láctico (38,6 g/kg de MS) e baixas concentrações de ácido acético (22,09 g/kg de MS), propiônico (3,67 g/kg de MS) e butírico (0,29 g/kg de MS; de Oliveira et al., 2016; Gallo et al., 2016; da Silva et al., 2015; de Assis et al., 2014).

No entanto, a planta de milho apresenta níveis medianos de proteína bruta ( $\pm$  8%), sendo necessário a inclusão de maiores quantidades de concentrados proteicos (maior preço) para atender as exigências de crescimento e melhorar o desempenho dos animais (Peng et al., 2018). Segundo Gusha et al., (2013), níveis de PB inferiores a 6-8%

diminuem o consumo e prejudicam o padrão de ingestão dos animais. Uma alternativa para suprir esse déficit proteico é a associação com leguminosas, que pode aumentar em até 55,5% os níveis de proteína bruta da dieta (Edson et al., 2018).

Apesar de contribuir com o aumento dos níveis de PB das dietas, o uso de leguminosa exclusiva tende a apresentar baixos teores de carboidratos solúveis e alta capacidade tampão (decorrente da maior quantidade de PB), o que dificulta a queda do pH e a produção de ácidos na silagem (Barbosa et al., 2011), além de baixos teores de MS que podem contribuir para a fermentação indesejável por bactérias do gênero *Clostridium* (de Oliveira et al., 2016; Ridwan et al., 2015). Desta forma, o consórcio milho e leguminosas tende a ser um possível substituto para equilibrar as dietas (suprir o déficit proteico) e melhorar as características fermentativas da leguminosa (Baghdadi et al., 2016; Adesogan et al., 2002).

#### *Gênero Crotalária*

As leguminosas vêm sendo utilizadas há muitos anos (Semple, 1928) para reduzir a erosão do solo, melhorar a matéria orgânica e as propriedades físicas do solo, reduzir os danos causados por pragas e contribuir com a FBN para as safras seguintes (Phelan et al., 2015). As leguminosas do gênero crotalária pertencem a família Fabaceae, são plantas herbáceas de crescimento anual e amplamente cultivada nos trópicos. Seu uso é destinado a produção de fibra, feno, silagem, adubo verde e também no controle de nematóides (Pacheco & da Silva-López, 2012).

A *C. spectabilis* é uma leguminosa herbácea, nativa da Ásia tropical, que foi introduzida no Brasil para adubação verde, FBN e controle de nematóides (Alfenas et al., 2018). Possui cerca de 0,60 a 1,50 metros de altura, crescimento lento e constante, e sua raiz pivotante profunda atua na descompactação dos solos (Teodoro et al., 2011).

Segundo Pacheco & da Silva-López (2012), sua semente apresenta altos níveis de proteína (30,2%) e as folhas apresentam os níveis mais baixos (13,2%). Pode alcançar níveis de produtividade de 5,7 a 7,8 t/ha de MS (Trevisan et al., 2017), e a semeadura nas entrelinhas do milho simultaneamente, 8 e 18 dias após emergência do milho, tende a aumentar a produção de matéria seca total e não interfere na operação de colheita e na produtividade do milho (Gitti et al., 2012).

No entanto, alguns fatores limitam o uso dessa espécie para alimentação animal, entre eles, destaca-se a presença do Alcalóide de Pirrolizidina (PA). Os PA são compostos que atuam na defesa química da crotalária, são tóxicos a humanos e animais (Pacheco & da Silva-López, 2012) e encontrados em maior escala na *C. spectabilis* (Cheeke, 1988).

O principal alcalóide encontrado na *C. spectabilis* é a monocrotalina, que pode ser encontrada em todas as partes da planta, e em maiores concentrações nas sementes (3,98%). Segundo Sanchez et al. (2013) a taxa de incorporação na dieta dos animais deve ser de 0,2 a 0,4% de sementes, pois a um nível de 0,6% de sementes os sinais clínicos de toxicidade já se tornam visíveis. No entanto, Candrian et al. (1984) relataram que durante o processo de ensilagem grande parte dos PA são destruídos. Possivelmente, essa degradação pode ser atribuída a hidrólise ácida iniciada pelos produtos da fermentação dentro do silo, visto que os PAs são amplamente biodegradáveis quando as forragens são conservadas na forma de silagem (Efsa, 2011). Além disso, a quantidade de sementes em relação a planta inteira é muito pequena, o que torna improvável a intoxicação dos animais pelo consumo da silagem (Sanchez et al., 2013).

A *C. juncea* apresenta porte ereto que varia de 1,67 a 2,84 metros de altura, crescimento inicial rápido, o que confere maior competitividade com as plantas invasoras, além de ter a possibilidade de corte de 60 a 125 dias após o plantio, facilitando

o sistema de colheita e mistura das culturas na colheita (Pereira et al., 2005). É bastante utilizada para adubação verde por ampliar a conservação do nitrogênio no sistema solo-planta (Lange et al., 2009), bem como não apresentar efeitos tóxicos quando fornecida aos animais (Mosjidis et al., 2012). Dentre as espécies de crotalárias, é talvez a espécie mais palatável e que produz maior quantidade de matéria seca por área plantada, aproximadamente 13,9 t/ha em cultivo exclusivo (Trevisan et al., 2017; Teodoro et al., 2011) e 13,1 t/ha de MS quando consorciada com milho e semeada simultaneamente (Gitti et al., 2012). Segundo Amabile et al. (2000), a melhor época para semeadura é no início do período chuvoso, devido a *C. juncea* apresentar resposta ao fotoperíodo, comportando-se como planta de dias curtos.

A *C. ochroleuca* é uma leguminosa adaptada as condições de baixa fertilidade. Apresenta porte ereto que varia de 1,5 a 2 metros de altura, com expressiva proporção de caule na composição da biomassa da parte aérea e folhas estreitas. Atinge o pleno florescimento de 90 a 100 dias após o plantio e apresenta potencial produtivo de 4 a 9 t/ha de MS, podendo atingir valores de até 17 t/ha de MS quando semeada em meados da estação chuvosa (Amabile et al., 2000). Muito utilizada como adubo verde, contribui para a FBN para o solo, controle de plantas daninhas e nematóides (Silva et al., 2016; Pacheco et al., 2015). Leandro & Asmus (2015), trabalhado em área infestada com nematóides, obtiveram 86% dos nematóides eliminados utilizando *C. ochroleuca*.

O consórcio de milho e leguminosa tende a levar as plantas a competir por energia luminosa, água e nutrientes (Rashid & Himayatullah, 2003). Portanto, a escolha do melhor arranjo espacial, época de semeadura e cultivares são cruciais na eficiência do sistema, evitando que a competição existente entre as espécies inviabilize o cultivo consorciado (Gaba et al., 2014; Belel et al., 2014; Brachtvogel et al., 2012). Teoricamente, o melhor arranjo é aquele que proporciona distribuição uniforme de

plantas por área, ou seja, equidistante entre plantas, pois são capazes de aproveitar melhor os nutrientes, luz e outros fatores de crescimento (Brachtvogel et al., 2012; Pursiainen & Tuori, 2008).

Segundo Gilbert (2004), o hábito de crescimento das crotalárias é ideal para o consórcio, porque não é excessivamente competitivo com o milho, e também contribui com as características do solo. No entanto, dados sobre o consórcio dessas cultivares para produção de silagem ainda são incipientes. Obeid et al (1992) relataram maiores produções de MS/ha no consórcio do milho com crotalária (*C. juncea*) e feijão guandu (*Cajanus cajan*) em comparação com o milho solteiro, além de maior produção de proteína bruta (PB) por hectare em 56% para o tratamento com crotalária. Zavala et al. (2011) consorciaram milho com crotalária (*C. juncea*) e encontraram aumento de 24% no teor de PB quando comparado a silagem de milho exclusivo.

#### *Importância da ensilagem e fatores que interferem no processo*

A silagem é a principal prática de conservação de forragens, sendo utilizada como suplementação volumosa para os períodos de baixa disponibilidade de nutrientes, pois envolve o uso de máquinas simples, com custo mais baixo de produção, quando comparado a fenação (Edson et al., 2018; Wilkinson & Rinne, 2018).

A produção de silagem é dividida em quatro fases: fase aeróbia inicial, fase de fermentação, fase estável e abertura, essas por sua vez devem ser controladas para a conservação máxima da cultura ensilada (Gallo et al., 2016). A fase aeróbia inicia-se após o fechamento do silo e é caracterizada pela presença de O<sub>2</sub> e geração de calor, favorecendo o crescimento fúngico, de leveduras e enterobactérias, e o pH varia de 6,0 a 6,5 (Weinberg & Muck, 1996). A atividade de protease é acentuada, onde as proteínas

são decompostas em aminoácidos e amônia e quantidade de CHO`s disponíveis para fermentação aumenta (Kung Junior et al., 2018).

A fase fermentativa tem duração de 10 a 14 dias e acontece após a silagem se tornar anaeróbia. Depende, principalmente, do teor de carboidratos solúveis, capacidade tamponante e teor de umidade da forragem (Van Soest, 1994). As bactérias ácido lácticas (BAL) convertem os carboidratos solúveis em CO<sub>2</sub> e ácidos orgânicos, principalmente o ácido láctico. A dominância das bactérias ácido lácticas é preferível, pois o ácido láctico é cerca de 10 a 12 vezes mais forte quando comparado ao ácido acético, butírico e propiônico e é responsável pela rápida acidificação do meio, diminuindo o pH para 3,8 a 5,0 (Kung Junior et al., 2018). A rápida redução do pH reduz o crescimento microbiano indesejável, como bactérias do gênero *Clostridium* e enterobactérias, reduzindo as perdas nutricionais do processo de ensilagem (Ridwan et al., 2015). Sinais externos de fermentação são a produção de gases de silo, efluentes e o encolhimento concomitante da massa de silagem, especialmente observado em forragens de alta umidade (Pahlow et al., 2003).

Na fase estável poucas mudanças ocorrem, desde que o silo permaneça bem vedado, e apenas as enzimas tolerantes a ácidos continuam ativas causando uma hidrólise ácida lenta dos carboidratos estruturais e de armazenamento. Além disso, as proteases podem levar à conversão final de compostos N complexos em NH<sub>3</sub>. A população de BAL sofre uma redução devido a inibição do pH baixo e dos produtos de fermentação que as próprias BAL produziram (Pahlow et al., 2003).

A fase de abertura, também denominada fase de deterioração aeróbia das silagens, é caracterizada pela exposição de elevadas concentrações de O<sub>2</sub>, o que favorece o crescimento de microrganismos indesejáveis, em particular leveduras e fungos filamentosos (Pahlow et al., 2003). Estes microrganismos, ao se multiplicarem na

presença de ar, contribuem para o aquecimento e principais alterações químicas da silagem, indicadas por uma redução do ácido láctico, aumento do pH, e uma diminuição substancial no valor nutricional (Pahlow et al., 2003; Whitlock et al., 2000).

A temperatura, a concentração de carboidratos solúveis, e a concentração de ácidos orgânicos em interação com o pH são também importantes indicadores de deterioração da massa ensilada (Phillip & Fellner, 1992). Normalmente, a degradação aeróbia é mais intensa quanto melhor for a qualidade da silagem, em virtude dos maiores teores de carboidratos solúveis e ácido láctico residual (Jobim et al., 2007; Filya, 2004).

Silagens de alfafa demonstraram ser mais estáveis na exposição ao ar do que silagens de milho (O'Kiely & Muck, 1992) e silagens de leguminosas (trevo vermelho, trevo branco e alfafa) são tipicamente mais estáveis em comparação a silagens de gramíneas (Pahlow et al., 2002). Segundo Wilkinson & Davies (2013), as leguminosas podem conter um composto natural que inibe o crescimento de microrganismos deteriorantes durante a ensilagem, no entanto, são necessários mais estudos que contribuam positivamente para o descobrimento desses compostos e controle da deterioração aeróbia nas silagens de leguminosas.

### 3. OBJETIVO GERAL

Avaliar as características agronômicas dos consórcios entre milho e crotalárias em dois arranjos espaciais, e a qualidade das silagens mistas derivadas destes consórcios.

#### *Objetivos específicos*

Determinar as características agronômicas (morfologia, população (%) de plantas e produtividade) e valor nutricional dos consórcios entre milho e três espécies de crotalárias (*C. juncea*; *C. spectabilis*; *C. ochroleuca*) em dois arranjos espaciais;

Avaliar os produtos da fermentação, as populações microbianas e o valor nutricional das silagens obtidas pelo consórcio entre milho e três espécies de crotalárias (*C. juncea*; *C. spectabilis*; *C. ochroleuca*) em dois arranjos espaciais.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adesogan, A.T., Salawu, M.B., Deaville, E.R., 2002. The effect on voluntary feed intake, in vivo digestibility and nitrogen balance in sheep of feeding grass silage or pea-wheat intercrops differing in pea to wheat ratio and maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 96, 161–173. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00336-4](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00336-4)
- Alfenas, R.F., Bonaldo, S.M., Fernandes, R.A.S., Colares, M.R.N., 2018. First report of *Choanephora cucurbitarum* on *Crotalaria spectabilis*: a highly aggressive pathogen causing a flower and stem blight in Brazil. *Plant Dis.* 102, 3474–3477. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-17-1610-PDN>
- Allen, M.S., Coors, J.G., Roth, G.W., 2003. Corn Silage. *Silage Sci. Technol.* 12, 547–608.
- Amabile, R.F., Fancelli, A.L., Carvalho, A.M. de, 2000. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. *Pesq. Agropec. Bras.* 35, 47–54.
- Anselmo, J.L., Bossolani, J.W., Lazarini, E., Leal, A.J.F., Alvarez, R. de C.F., Arf, M.V., 2018. Maize productivity cultivated as first crop in succession to different cover crops. *Aust. J. Crop Sci.* 12, 967–974. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.06.PNE1063>
- Ascari, J.P., Araujo, D.V. de, Mendes, I.R.N., Foschiera, M.V., Prieto, R.S., Barboza, W.H.M., Krause, W., Matsumoto, L.S., 2018. Quality of soil in the function of biological fertilization and plant covering. *African J. Agric. Res.* 13, 733–741. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13091>
- Association of Official Analytical Chemists, 1990. *Official Methods of Analysis*. pp. 69–88.
- Baghdadi, A., Halim, R.A., Radziah, O., Martini, M.Y., Ebrahimi, M., 2016. Fermentation characteristics and nutritive value of corn silage intercropped with soybean under different crop combination ratios. *J. Anim. Plant Sci.* 26, 1710–1717.

- Barbosa, L.A., Rezende, A. V., Rabelo, C.H.S., Rabelo, F.H.S., Nogueira, D.A., 2011. Aerobic stability of corn and soybean silage mixed at different ratios. *ARS Vet.* 27, 255–262.
- Barreto, A.C., Fernandes, M.F., 2001. Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de tabuleiros costeiros. *Circ. Tec.* 19 - Embrapa 78, 512. <https://doi.org/10.1136/pmj.78.923.512>
- Belel, M.D., Halim, R.A., Rafii, M.Y., Saud, H.M., 2014. Intercropping of corn with some selected legumes for improved forage production: A review. *J. Agric. Sci.* 6, 48–62. <https://doi.org/10.5539/jas.v6n3p48>
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R.J., Holmes, B.J., Muck, R.E., 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci.* 101, 3952–3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- Brachtvogel, E.L., Rafael, F., Carlos, S., Cruz, S., 2012. População , arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. *Rev. Trópica* 6, 75–83.
- Bravo-Martins, C.E.C., Carneiro, H., Castro-gómez, R.J.H., César, H., Figueiredo, P., Schwan, R.F., 2006. Chemical and microbiological evaluation of ensiled sugar cane with different additives. *Brazilian J. Microbiol.* 37, 499–504.
- Candrian, U., Luthy, J., Schmid, P., Schlatter, C., Gallasz, E., 1984. Stability of Pyrrolizidine Alkaloids in hay and silage. *J. Agric. Food Chem.* 32, 2813–2823.
- Ceccon, G., Staut, L. a, Sagrilo, E., Machado, L.A.Z., Nunes, D.P., Alves, V.B., 2013. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in midwestern Brazil. *R. Bras. Ci. Solo* 37, 204–212. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000100021>
- Cheeke, P.R., 1988. Toxicity and metabolism of Pyrrolizidine Alkaloids. *J. Anim. Sci.* 66, 2343–2350.
- Cogan, N.G., Rath, H., Kommerein, N., Stumpp, S.N., Stiesch, M., 2016. Theoretical and experimental evidence for eliminating persister bacteria by manipulating killing timing. *FEMS Microbiol. Lett.* 363, 1–15.

<https://doi.org/10.1093/femsle/fnw264>

- Comino, L., Tabacco, E., Righi, F., Revello-Chion, A., Quarantelli, A., Borreani, G., 2014. Effects of an inoculant containing a *Lactobacillus buchneri* that produces ferulate-esterase on fermentation products, aerobic stability, and fibre digestibility of maize silage harvested at different stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 198, 94–106. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.10.001>
- Copani, G., Niderkorn, V., Anglard, F., Quereuil, A., Ginane, C., 2016. Silages containing bioactive forage legumes: a promising protein-rich feed source for growing lambs. *Grass Forage Sci.* 71, 622–631. <https://doi.org/10.1111/gfs.12225>
- da Silva, M.S.J., Jobim, C.C., Poppi, E.C., Tres, T.T., Osmari, M.P., 2015. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. *Rev. Bras. Zootec.* 44, 303–313. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902015000900001>
- Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Syahsar, B.A., Ramrodi, M., 2010. The role of intercropping maize (*Zea mays* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) on yield and soil chemical properties. *African J. Agric. Res.* 5, 631–636.
- de Assis, F.B., Basso, F.C., Lara, E.C., Raposo, E., Bertipaglia, L.M.A., De Oliveira Fernandes, L., Rabelo, C.H.S., Reis, R.A., 2014. Caracterização agrônômica e bromatológica de híbridos de milho para ensilagem. *Semin. Agrar.* 35, 2869–2882. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n6p2869>
- de Oliveira, J.S., Santos, E.M., dos Santos, A.P.M., 2016. Intake and digestibility of silages. *Adv. Silage Prod. Util.* 6, 101–121. <https://doi.org/10.5772/65280>
- de Oliveira, L.B., Pires, A.J.V., de Carvalho, G.G.P., Ribeiro, L.S.O., de Almeida, V.V., de Miranda Peixoto, C.A., 2010. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. *Rev. Bras. Zootec.* 39, 61–67. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100008>
- Edson, C., Takarwirwa, N.N., Kuziwa, N.L., Stella, N., Maasdorp, B., 2018. Effect of mixed maize-legume silages on milk quality and quantity from lactating smallholder dairy cows. *Trop. Anim. Health Prod.* 50, 1255–1260.

<https://doi.org/10.1007/s11250-018-1552-4>

Efsa, 2011. Scientific opinion on pyrrolizidine alkaloids in food and feed: EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA J.* 9, 1–134. <https://doi.org/10.2903/j.efsa>

Embrapa, 2006. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*, 2nd ed. Brasília, DF.

Ferreira, A.C. de B., Borin, A.L.D.C., Bogiani, J.C., Lamas, F.M., 2018. Suppressive effects on weeds and dry matter yields of cover crops. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 53, 566–574. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000500005>

Filya, I., 2004. Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 116, 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.06.003>

Flores-Sanchez, D., Pastor, A., Lantinga, E.A., Rossing, W.A., Kropff, M.J., 2013. Exploring maize-legume intercropping systems in Southwest Mexico. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 37, 739–761. <https://doi.org/10.1080/21683565.2013.763888>

Gaba, S., Bretagnolle, F., Rigaud, T., Philippot, L., 2014. Managing biotic interactions for ecological intensification of agroecosystems. *Front. Ecol. Evol.* 2, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2014.00029>

Gallo, A., Bertuzzi, T., Giuberti, G., Moschini, M., Bruschi, S., Cerioli, C., Masoero, F., 2016. New assessment based on the use of principal factor analysis to investigate corn silage quality from nutritional traits, fermentation end products and mycotoxins. *J. Sci. Food Agric.* 96, 437–448. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7109>

Gebrehananna, M.M., Gordon, R.J., Madani, A., VanderZaag, A.C., Wood, J.D., 2014. Silage effluent management: A review. *J. Environ. Manage.* 143, 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.04.012>

Gilbert, R.A., 2004. Best-bet legumes for smallholder maize-based cropping systems of Malawi. *GMCC Syst. Smallhold. Farmers* 6, 153–174. [https://doi.org/10.1007/1-4020-2051-1\\_6](https://doi.org/10.1007/1-4020-2051-1_6)

Gitti, D.D.E.C., Arf, O., Vilela, R.G., Portugal, J.R., Kaneko, F.H., Rodrigues, R.A.F.,

2012. Épocas de semeadura de crotalária em consórcio com milho. *Rev. Bras. Milho e Sorgo* 11, 156–168. <https://doi.org/101851219806477>
- Gusha, J., Ngongoni, N.T., Halimani, T.E., 2013. Nutritional composition and effective degradability of four forage trees grown for protein supplementation. *J. Anim. Feed Res.* 3, 170–175.
- Holden, L.A., 1999. Comparison of Methods of In Vitro Dry Matter Digestibility for Ten Feeds. *J. Dairy Sci.* 82, 1791–1794. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75409-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3)
- Htet, M.N.S., Soomro, R.N., Bo, H., 2017. Effects of Different Planting Pattern of Maize (*Zea mays* L.) and Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Intercropping in Resource Consumption on Fodder Yield, and Silage Quality. *Am. J. Plant Sci.* 8, 666–679. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.84046>
- Jahanzad, E., Sadeghpour, A., Hashemi, M., Keshavarz Afshar, R., Hosseini, M.B., Barker, A. V., 2015. Silage fermentation profile, chemical composition and economic evaluation of millet and soya bean grown in monocultures and as intercrops. *Grass Forage Sci.* 71, 584–594. <https://doi.org/10.1111/gfs.12216>
- Jobim, C.C., Lombardi, L., Assis, F., Macedo, F. De, 2008. Silagens de grãos de milho puro e com adição de grãos de soja, de girassol ou uréia. *Pesq. Agropec. Bras.* 43, 649–656.
- Jobim, C.C., Nussio, L.G., 2013. Princípios Básicos da Fermentação na Ensilagem, in: *FORAGEM CONSERVADA*. pp. 649–658.
- Jobim, C.C., Nussio, L.G., Reis, R.A., Schmidt, P., 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Rev. Bras. Zootec.* 36, 101–119. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013>
- Kappes, C., Arf, O., Arf, M.V., Gitti, D. de C., Alcalde, A.M., 2011. Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de crotalária. *Pesqui. Agropecu. Trop.* 41, 508–518. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i4.10768>
- Kappes, C., Zancanaro, L., 2015. Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias

- com a cultura do milho. *Rev. Bras. Milho e Sorgo* 14, 219–234. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n2p219-234>
- Khan, N.A., Yu, P., Ali, M., Cone, J.W., Hendriks, W.H., 2015. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *J. Sci. Food Agric.* 95, 238–252. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>
- Kung Junior, L., Shaver, R.D., Grant, R.J., Schimidt, R.J., 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J. Dairy Sci.* 101, 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Lange, A., Bologna, I.R., Faroni, C.E., Cesar, P., Trivelin, O., 2009. Aproveitamento pelo trigo do nitrogênio residual da crotalaria (*Crotalaria juncea*) e da uréia aplicado ao solo em cultivo precedente. *Ciência Rural* 39, 1715–1720.
- Leandro, H.M., Asmus, G.L., 2015. Rotação e sucessão de culturas para o manejo do nematoide reniforme em área de produção de soja. *Ciência Rural* 45, 1–6. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130526>
- Leonel, F.P., Pereira, J.C., Costa, M.G., de Marco Júnior, P., Lara, L.A., Queiroz, A.C., 2009. Productive performance and nutritional characteristics of signal grass intercropped with corn. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 177–189. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100022>
- Lepcha, I., Naumann, H.D., Fritschi, F.B., Kallenbach, R.L., 2019. Herbage Accumulation, Nutritive Value, and Regrowth Potential of Sunn Hemp at Different Harvest Regimens and Maturity. *Crop Sci.* 59, 413–421. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.09.0589>
- Macêdo, A.J. da S., Santos, E.M., Oliveira, J.S. de, Perazzo, A.F., 2017. Microbiology of silages : Literature Review. *Redvet* 18, 1–11.
- Man, J.C. de, Rogosa, M., Sharpe, M.E., 1960. A medium for the cultivation of lactobacilli. *J. Appl. Bact.* 23, 130–135.
- Mertens, D.R., 2002. Gravimetric Determination of Amylase-Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds with Refluxing in Beakers or Crucibles: Collaborative Study. *J.*

AOAC Int. 85, 1217–1240.

- Michel, P.H.F., Gonçalves, L.C., Rodrigues, J.A.S., Keller, K.M., Raposo, V.S., Lima, E.M., Santos, F.P.C., Jayme, D.G., 2017. Re-ensiling and inoculant application with *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium acidipropionici* on sorghum silages. *Grass Forage Sci.* 72, 432–440. <https://doi.org/10.1111/gfs.12253>
- Moraes, S.D. de, Jobim, C.C., Silva, M.S. da, Marquardt, F.I., 2013. Production and chemical composition of hybrid sorghum and corn for silage. *Rev. Bras. Saúde e Produção Anim.* 14, 624–634.
- Morris, J.B., Kays, S.E., 2005. Total dietary fiber variability in a cross section of *Crotalaria juncea* genetic resources. *Crop Sci.* 45, 1826–1829. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0630>
- Mosjidis, J.A., Burke, J.M., Hess, J.B., 2012. The facts about sunn hemp toxicity. *Crop Sci.* 52, 1469–1474. <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.11.0583>
- Neumann, M., Leão, G.F.M., Coelho, M.G., Figueira, D.N., Spada, C.A., Perussolo, L.F., 2017. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silage. *Arch. Zootec.* 66, 51–58. <https://doi.org/10.21071/az.v66i253.2125>
- O’Kiely, P., Muck, R.E., 1992. Aerobic deterioration of lucerne and maize silages—effects of yeasts. *J. Sci. Food Agric.* 59, 139–144.
- O’Kiely, P.O., Clancy, M., Doyle, E.M., 2001. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. *Int. Grassl. Congr.* 19, 794–795.
- Obeid, J.A., Gomide, J.A., Cruz, M.E., Zago, C.P., Andrade, M.A.S., 1992. Silagem consorciada de milho (*Zea mays*, L.) com leguminosas: produção e composição bromatológica. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 21, 33–38.
- Oliveira, P.P.A., Tullio, R.R., Berndt, A., Pedroso, A.F., Silva, S.L., Sakamoto, L.S., Rodriguez, P.H.M., Corte, R.R.S., 2018. The effect of grazing system intensification on the growth and meat quality of beef cattle in the Brazilian Atlantic Forest biome. *Meat Sci.* 139, 157–161.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.01.019>

- Oliveira, I.L. De, Lima, L.M., Casagrande, D.R., André, M., Lara, S., Bernardes, T.F., 2017. Nutritive value of corn silage from intensive dairy farms in Brazil. *Rev. Bras. Zootec.* 46, 494–501. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000600004>
- Pacheco, J. da S., da Silva-López, R.E., 2012. Study of the proteolytic activity of the tropical legume *Crotalaria spectabilis*. *J. Biosci.* 67, 495–509.
- Pacheco, L.P., Selestina, A., Côt, D., Miguel, S., 2015. Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. *Pesq. Agropec. Trop.* 45, 464–472. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4538107>
- Pahlow, G., Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H., Muck, R.E., Driehuis, F., Elferink, S.J.W.H.O., Spoelstra, S.F., 2003. Microbiology of ensiling. *Silage Sci. Technol.* 42, 31–93. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c2>
- Pahlow, G., Rammer, C., Slottner, D., Tuori, M., 2002. Ensiling of legumes. *Landbauforsch. Voelkenrode* 234, 27–31.
- Parentoni, S.N., Gama, E.E.G. e, Santos, M.X. dos, Pacheco, C.A.P., Meirelles, W.F., Correa, L.A., Guimaraes, P.E. de O., Casela, C.R., Ferreira, A. da S., Alves, V.M. de C., Fernandes, F.T., Ribeiro, P.H.E., 2004. Híbrido simples de Milho BRS 1010. *Comun. Técnico - Embrapa* 107, 1–6.
- Pariz, C.M., Costa, C., Crusciol, C.A.C., Meirelles, P.R.L., Castilhos, A.M., Andreotti, M., Costa, N.R., Martello, J.M., Souza, D.M., Protes, V.M., Longhini, V.Z., Franzluebbbers, A.J., 2017. Production, nutrient cycling and soil compaction to grazing of grass companion cropping with corn and soybean. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 108, 35–54. <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9821-y>
- Peng, Q.H., Khan, N.A., Xue, B., Yan, T.H., Wang, Z.S., 2018. Effect of different levels of protein concentrates supplementation on the growth performance, plasma amino acids profile and mTOR cascade genes expression in early-weaned yak calves. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 31, 218–224. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0999>

- Pereira, A.J., Guerra, J.G.M., Moreira, V.F., Teixeira, M.G., Urquiaga, S., Polidoro, J.C., Espindola, J.A.A., 2005. Desempenho agronômico de *Crotalaria juncea* em diferentes arranjos populacionais e épocas do ano. *Comun. Técnico - Embrapa* 82, 3–6.
- Perin, A., Santos, R.H.S., Urquiaga, S., Guerra, J.G.M., Cecon, P.R., 2004. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 39, 35–40. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000100005>
- Phelan, P., Moloney, A.P., McGeough, E.J., Humphreys, J., Bertilsson, J., O’Riordan, E.G., O’Kiely, P., 2015. Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. *CRC. Crit. Rev. Plant Sci.* 34, 281–326. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.898455>
- Phillip, L.E., Fellner, V., 1992. Effects of bacterial inoculation of high-moisture ear corn on its aerobic stability, digestion, and Utilization for growth by beef steers. *J. Anim. Sci.* 70, 3178–3187.
- Playne, M.J., McDonald, P., 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *J. Sci. Food Agric.* 17, 264–268.
- Pryce, J.D., 1969. A Modification of the Barker -Summerson Method for the Determination of Lactic Acid. *Analyst* 94, 1151–1152.
- Pursiainen, P., Tuori, M., 2008. Effect of ensiling field bean, field pea and common vetch in different proportions with whole-crop wheat using formic acid or an inoculant on fermentation characteristics. *Grass Forage Sci.* 63, 60–78.
- Rashid, A., Himayatullah, 2003. Effect of planting geometry and legumes intercropping system on the yield of sorghum. *Asian J. Plant Sci.* 2, 361–364.
- Riday, H., Albrecht, K.A., 2008. Intercropping tropical vine legumes and maize for silage in temperate climates. *J. Sustain. Agric.* 32, 425–438. <https://doi.org/10.1080/10440040802257280>
- Ridwan, R., Rusmana, I., Widyastuti, Y., Wiryawan, K.G., Prasetya, B., Sakamoto, M.,

- Ohkuma, M., 2015. Fermentation characteristics and microbial diversity of tropical grass-legumes silages. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 28, 511–518. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0622>
- Rubel, F., Brugger, K., Haslinger, K., Auer, I., 2017. The climate of the European Alps : Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800 – 2100. *Meteorol. Zeitschrift* 26, 115–125. <https://doi.org/10.1127/metz/2016/0816>
- Sanchez, D.C.C., Simplício, K.M. de M.G., Borges, L.A., Fagliari, J.J., Canola, J.C., Hatayde, M.R., 2013. Clinical and laboratory evaluation of sheep experimentally intoxicated with *Crotalaria spectabilis* (leg.papilionoidea) seeds. *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.* 11, 263–273. <https://doi.org/10.7213/academica.011.003.AO06>
- Sangakkara, U.R., Liedgens, M., Soldati, A., Stamp, P., 2004. Root and shoot growth of maize (*Zea mays*) as affected by incorporation of *Crotalaria juncea* and *Tithonia diversifolia* as green manures. *J. Agron. Crop Sci.* 190, 339–346. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2004.00111.x>
- Semple, E.C., 1928. Ancient Mediterranean Agriculture : Part II . Manuring and Seed Selection. *Agric. Hist. Soc.* 2, 129–156.
- Seran, T.H., Brintha, I., 2010. Review on maize based intercropping. *J. Agron.* 9, 135–145.
- Shaker-Koochi, S., Nasrollahzadeh, S., Raei, Y., 2014. Evaluation of chlorophyll value , protein content and yield of sorghum ( *Sorghum bicolor* L . ) / mungbean ( *Vigna radiata* L . ) intercropping. *Int. J. Biosci.* 4, 136–143. <https://doi.org/10.12692/ijb/4.8.136-143>
- Silva, A.G. da, Azeredo, G.A. de, Souza, V.C. de, Marini, F.S., Pereira, E.M., 2016. Influência da cor do tegumento e da temperatura na germinação e vigor de sementes de *Crotalaria ochroleuca* L . Influence of seed coat color and temperature on germination and vigor of seeds of. *Rev. Verde Agrocol. e Desenvol. Sustentável* 11, 49–54. <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i2.4180>
- Soleymani, A., Shahrajabian, M.H., 2012. Forage yield and quality in intercropping of

- forage corn with different cultivars of berseem clover in different levels of nitrogen fertilizer. *J. Food Agric. Environ.* 10, 602–604.
- Soratto, R.P., Crusciol, C.A.C., da Costa, C.H.M., Neto, J.F., Castro, G.S.A., 2012. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalaria e milheto, cultivados solteiros e consorciados. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 47, 1462–1470. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001000008>
- Subramaniam, S., Pandey, A.K., 2013. Molecular systematics of Indian *Crotalaria* (Fabaceae) based on analyses of nuclear ribosomal ITS DNA sequences. *Plant Syst. Evol.* 299, 1089–1106. <https://doi.org/10.1007/s00606-013-0781-2>
- Sucu, E., Kalkan, H., Canbolat, O., Filya, I., 2016. Effects of ensiling density on nutritive value of maize and sorghum silages. *Rev. Bras. Zootec.* 45, 596–603. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016001000003>
- Tavares, W.S., Cruz, I., Silva, R.B., Figueiredo, M.L.C., Ramalho, F.S., Serrão, J.E., Zanuncio, J.C., 2011. Soil organisms associated to the weed suppressant *Crotalaria juncea* (Fabaceae) and its importance as a refuge for natural enemies. *Planta Daninha* 29, 473–479. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000300001>
- Teodoro, R.B., Augusto, M., Quaresma, L., 2011. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. *R. Bras. Ci. Solo* 35, 635–643.
- Tilley, J.M.A., Terry, R.A., 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass Forage Sci.* 18, 104–111.
- Trevisan, E., Partelli, F.L., Oliveira, M.G. de, Pires, F.R., Braun, H., 2017. Growth of *Piper nigrum* L. and nutrients cycling by intercropping with leguminous species. *African J. Agric. Res.* 12, 58–62. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11151>
- Van Soest, P.J., 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2nd ed. Cornell University Press.
- Weinberg, Z.G., Muck, R.E., 1996. *New trends and opportunities in the development*

- and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiol. Rev.* 19, 53–68. [https://doi.org/10.1016/0168-6445\(96\)00025-3](https://doi.org/10.1016/0168-6445(96)00025-3)
- Whitlock, L.A., Wistuba, T., Siefers, M.K., Pope, R. V., Brent, B.E., Bolsen, K.K., 2000. Effect of level of surface-spoiled silage on the nutritive value of corn silage-based rations. *Kansas Agric. Exp. Stn. Res.* 0, 121–122. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.1785>
- Wilkinson, J.M., Davies, D.R., 2013. The aerobic stability of silage: Key findings and recent developments. *Grass Forage Sci.* 68, 1–19. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x>
- Wilkinson, J.M., Rinne, M., 2018. Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. *Grass Forage Sci.* 73, 40–52. <https://doi.org/10.1111/gfs.12327>
- Yang, J., Cao, Y., Cai, Y., Terada, F., 2010. Natural populations of lactic acid bacteria isolated from vegetable residues and silage fermentation. *J. Dairy Sci.* 93, 3136–3145. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2898>
- Zavala, D., Valencia, E., Randel, P.F., Ramos-santana, R., 2011. Producción de ensilaje de maíz blanco (*Zea mays* L.) de alto valor proteico con y sin mazorca asociado con dos leguminosas anuales , lablab (*Lablab purpureus* L.) y crotalaria (*Crotalaria juncea* L.). *J. Agric. Univ. P. R.* 95, 151–167.

## **CAPÍTULO 2**

## RESUMO

COSTA, C. M. **Aspectos agronômicos e qualidade de silagens mistas oriundas dos consórcios de milho e crotalárias.** 2019. 77p. Dissertação – Mestrado em Zootecnia – Faculdade de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS, 2019.

Objetivou-se avaliar as características agronômicas e valor nutricional do cultivo de milho solteiro (MIS) e dos consórcios milho + *C. juncea* (MCJ), milho + *C. spectabilis* (MCS), milho + *C. ochroleuca* (MCO) em dois arranjos espaciais (A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa em linhas alternadas). Bem como os produtos da fermentação, população microbiana e valor nutricional das silagens derivadas dos consórcios. As avaliações foram divididas em dois ensaios: Ensaio 1 – avaliação da produtividade, composição morfológica e valor nutricional dos consórcios. Ensaio 2 – avaliação dos produtos da fermentação, populações microbianas, estabilidade aeróbia e valor nutricional das silagens mistas oriundas dos consórcios. A menor produção total de milho foi encontrada para MCJ (8.280 kg/ha) devido a maior proporção de leguminosa obtida neste consórcio (39,8%). Maiores rendimentos de matéria seca (13.094 kg/ha) e proporções de colmo (275,6 g/kg) foram encontrados no arranjo A2 para MIS. A menor proporção de folhas de milho foi encontrada no arranjo A2 (167,4 g/kg). A maior proporção de folha de leguminosa foi encontrada no consórcio MCS (369,6 g/kg). Os maiores níveis de proteína bruta (95,1 g/kg) e fibra em detergente ácido (340,6 g/kg) foram descritos no consórcio MCJ, no entanto não refletiram diretamente nos coeficientes de digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (754,4 g/kg). A inclusão de leguminosa até os níveis analisados não prejudicou a produção de ácidos. Maiores níveis de N-NH<sub>3</sub> (159,0 g/kg) foram encontrados nas silagens MCJ. Os maiores níveis de proteína bruta foram descritos nas silagens MCS (97,5 g/kg). Os valores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido foram superiores para todos os tratamentos com leguminosa, no entanto, não houve interferência nos teores de digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca. Os tempos médios de quebra da estabilidade variaram de 32 a 40 horas para temperatura, e 40 a 48 horas para pH. Conclui-se que o uso de *C. juncea* semeada na entrelinha do milho poderá maximizar a produtividade por área, sem reduzir a qualidade fermentativa das silagens.

**Palavras-Chave:** *Crotalaria juncea*; *Crotalaria ochroleuca*; *Crotalaria spectabilis*; estabilidade aeróbia; fermentação.

## ABSTRACT

**COSTA, C. M. Agronomic aspects and quality of mixed silages from maize and crotalaria intercropping.** 2019. 77p.

This study aimed to evaluate the agronomic characteristics and nutritional value of single maize (SM), maize + *C. juncea* (MCJ), maize + *C. spectabilis* (MCS), maize + *C. ochroleuca* (MCO) in two spatial arrangements (A1 = 45 cm between rows, with maize and legume on the same line; A2 = 45 cm between rows, with maize and legume in alternating line). The end products of the fermentation, microbial population and nutritional value of the silages derived from the intercrops were evaluated too. The experiment was divided into two tests: Test 1 - evaluation of productivity, morphological composition and nutritional value of intercropping. Test 2 - evaluation of fermentation products, microbial populations, aerobic stability and nutritional value of mixed silages from intercropping. The lowest total maize production was found for MCJ (8,280 kg/ha) due to the higher proportion of legume obtained in this intercropping (39.8%). Higher yields of dry matter (13,094 kg/ha) and stem ratios (275.6 g/kg) were found in the A2 test for SM. The lowest proportion of maize leaves was found in the A2 arrangement (167.4 g/kg). The highest proportion of legume leaf was found in the MCS intercropping (369.6 g/kg). The highest levels of crude protein (95.1 g/kg) and acid detergent fiber (340.6 g/kg) were described in the MCJ intercropping, however these results did not reflect directly in the dry matter digestibility (754.4 g/kg). The inclusion of legume up to the analyzed levels did not affect the production of acids. Higher N-NH<sub>3</sub> levels (159.0 g/kg) were found in MCJ silages. The highest crude protein levels were described in the MCS silages (97.5 g/kg). The values of neutral detergent fiber and acid detergent fiber were higher for all legume treatments, however, there was no interference in the in vitro dry matter digestibility. The mean stability break times ranged from 32 to 40 hours for temperature, and 40 to 48 hours for pH. It is concluded that the use of *C. juncea* sown in the maize line could maximize productivity per area, without reducing the fermentation quality of the silage.

**Key words:** *Crotalaria juncea*; *Crotalaria ochroleuca*; *Crotalaria spectabilis*; aerobic stability; fermentation.

## Introdução

O consórcio é a prática de cultivo de duas ou mais culturas no mesmo espaço e ao mesmo tempo. Notavelmente, há uma nova ênfase que direciona a produção em consórcio para alimentação de ruminantes, principalmente devido a crescente pressão econômica, climática e ambiental (Copani et al., 2016). Essa combinação envolve principalmente o uso do milho com leguminosas (Belel et al., 2014).

Segundo Soleymani & Shahrajabian (2012), o consórcio de espécies de plantas com diferentes padrões de raízes e captação de água e nutrientes, como o caso do consórcio entre milho e leguminosas, pode aumentar substancialmente a qualidade e quantidade de forragem e reduzir a necessidade de suplementação proteica. Além de fazer uso mais eficiente dos nutrientes disponíveis e maior fixação biológica de nitrogênio, fósforo e potássio no solo quando comparado ao monocultivo do milho (Flores-Sanchez et al., 2013; Dahmardeh et al., 2010; Seran & Brintha, 2010).

O milho é uma cultura forrageira de alta produção de MS/ha, alta concentração de energia, facilidade de ensilagem e boa uniformização (Allen et al., 2003), no entanto, possui menor teor de proteína em relação as leguminosas (Htet et al., 2017). Devido a isso, o milho pode ser uma boa alternativa para se ensilar juntamente com leguminosas ricas em proteína (Riday & Albrecht, 2008). Segundo Baghdadi et al. (2016), a inclusão de leguminosas em consórcio para produção de silagens podem acrescentar até 37,7% de PB, quando comparado as silagens de milho exclusiva.

Dentre as diversas leguminosas utilizadas em consórcio com o milho, as espécies de crotalária vem sendo estudadas principalmente com o intuito de melhorar as propriedades físicas do solo (Perin et al., 2004; Sangakkara et al., 2004), reciclagem dos nutrientes, controle de nematoides e plantas daninhas (Soratto et al., 2012; Tavares et

al., 2011), além de contribuir com o aumento da polinização (Subramaniam & Pandey, 2013).

As espécies de crotalárias mais utilizadas são a *C. juncea*, *C. spectabilis* e *C. ochroleuca*, que se destacam por apresentar vantagens agronômicas (Anselmo et al., 2018; Ascari et al., 2018; Ferreira et al., 2018). No entanto, poucos são os trabalhos que utilizaram a crotalária para ensilagem (Zavala et al., 2011; Obeid et al., 1992), deixando de lado uma avaliação mais criteriosa da qualidade fermentativa, além do teste com diferentes arranjos espaciais (Brachtvogel et al., 2012; Pereira et al., 2005).

O objetivo deste estudo foi testar o consórcio de milho com três espécies de leguminosas (*C. juncea*, *C. spectabilis* ou *C. ochroleuca*) em dois arranjos espaciais, e avaliar as características agronômicas e a qualidade das silagens mistas derivadas destes consórcios.

## Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na Área Experimental da Embrapa Agropecuária Oeste e as análises químico-bromatológicas, no Laboratório de Forragem e Resíduos Agropecuários da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, ambas localizadas em Dourados, MS (latitude 22°13'18 54"S, longitude 54°48'23 09"). O solo do Campo Experimental foi classificado como Latossolo vermelho escuro distroférico, textura muito argilosa (Embrapa, 2006). O clima da região é o Cwa (mesotérmico úmido, com verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (Rubel et al., 2017).

O experimento foi composto em dois ensaios: 1. Avaliações agronômicas de produtividade, composição morfológica e valor nutricional dos consórcios entre milho (híbrido) e três espécies de crotalária (*C. juncea*; *C. spectabilis*; *C. ochroleuca*) em dois arranjos espaciais; 2. Avaliação do perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e valor nutricional das silagens mistas derivadas das formas de consórcios estabelecidas.

### **Ensaio 1. Produtividade, composição morfológica e valor nutricional dos consórcios entre milho e crotalárias em dois arranjos espaciais**

O ensaio foi implantado em delineamento experimental em blocos casualizado em arranjo fatorial 4x2 (quatro tratamentos e dois arranjos espaciais) com quatro repetições cada. Os tratamentos foram: milho BRS 1010 (MIS) exclusivo, milho + *Crotalária juncea* (MCJ); milho + *Crotalária spectabilis* (MCS) e milho + *Crotalária ochroleuca* (MCO). Os arranjos espaciais utilizados foram: A1= 45 cm entre linhas, com milho e crotalária na mesma linha, A2= 45 cm entre linhas, com milho e crotalária em linhas alternadas (Figura 1).



**Figura 1.** Croqui dos arranjos espaciais, A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa em linhas alternadas

Na adubação de semeadura foram utilizados 200 kg/ha da fórmula 04-20-20 (N-P-K). Também foi efetuada adubação de cobertura 20 dias após a emergência das plantas,

com 75 kg/ha de ureia protegida e 60 kg/ha de cloreto de potássio. A semeadura simultânea das culturas foi realizada com plantadeira SHM 1517, com 45 cm entrelinhas. Determinou-se um estande de milho de 60.000 plantas por hectare do milho. Para as *C. juncea*; *C. spectabilis*; *C. ochroleuca*, foram utilizadas as quantidades de 25 kg/ha, 8 kg/ha e 15 kg/ha de sementes, esperando uma população de 222.222 plantas/ha, 333.333 plantas/ha e 444.444 plantas/ha, respectivamente (Barreto & Fernandes, 2001). As parcelas experimentais foram constituídas por 14 linhas de 8 metros de comprimento, excluindo-se um metro em cada extremidade para consideração da área útil.

O corte das culturas foi realizado manualmente a uma altura de 15 cm do solo, quando o milho atingiu o estágio fenológico pastoso-farináceo (100 dias após o plantio). Neste momento, a *C. juncea* e *C. ochroleuca* apresentavam inflorescência e/ou vagem e a *C. spectabilis* não havia iniciado o seu estágio reprodutivo. Foi determinada a produção de forragem por hectare através do corte e pesagem das plantas. Foram coletadas aleatoriamente 9 (nove) plantas de cada espécie, por parcela, para avaliação das frações morfológicas dos constituintes do milho e das espécies de crotalárias. Para isso, as plantas de milho foram separadas e pesadas em: planta inteira, colmo, lâmina foliar + bainha, panícula e espiga. As leguminosas foram avaliadas quanto a: planta inteira, caule, lâmina foliar + pecíolo e inflorescência e/ou vagens, quando existia. A partir destas informações foram estimadas a produção de matéria seca e o percentual de cada fração morfológica das espécies cultivadas.

Uma amostra de aproximadamente 300g foi coletada de cada um dos tratamentos para determinar a composição química da forragem. Primeiramente estas amostras foram pré-secas em estufa de circulação forçada a 55°C por 72 horas e posteriormente

trituras em moinho do tipo Willey com peneira de malha de 1,0 mm. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) de acordo com AOAC (1990). A digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (DIVMS) foi determinada de acordo com metodologia descrita por Tilley & Terry (1963), modificada por Holden (1999). As avaliações das proporções de fibra (FDN, FDA, hemicelulose, celulose e lignina) seguiram os protocolos sugeridos por Mertens (2002), com o uso de amilase termoestável para FDN.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, considerando como efeito fixo consórcios, arranjos espaciais e a interação entre consórcios e arranjos. As médias foram comparadas pelo teste de Snott-Knott, ao nível de 5% de significância. As análises dos dados foram realizadas utilizando o programa computacional estatístico RStudio (R, 2009).

## **Ensaio 2. Perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e valor nutricional de silagens mistas de milho com crotalárias**

O ensaio foi implantado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições cada. A obtenção da massa de forragem a ser ensilada foi proveniente dos canteiros experimentais implantados no ensaio 1. Para isso, efetuou-se a colheita manual, em toda a extensão, da linha central de cada um dos 8 tratamentos avaliados, adotando-se a colheita de duas linhas quando o cultivo foi em linhas alternadas (uma linha de milho e outra de crotalária). O corte foi efetuado a 15 cm da superfície do solo. Após a colheita, a massa de forragem foi pesada separadamente para cada espécie, de modo a obter o percentual de cada uma na massa ensilada. Posteriormente as proporções de cada espécie foram homogeneizadas antes da moagem.

Os tratamentos foram triturados com o auxílio de máquina ensiladora estacionária, para obtenção de tamanho médio de partícula entre 1 e 2 cm. Amostras foram coletadas e congeladas (-4 °C) para posterior processamento e análises químico-bromatológicas, conforme descrito no Ensaio 1.

Para obtenção do extrato aquoso, 25 gramas de amostra foram diluídas em 225 ml de água destilada e homogeneizada manualmente durante 20 minutos. Desse extrato foi determinado o pH, utilizando potenciômetro digital (mPA210 MS Tecnopon), e o poder tampão de acordo com Playne & McDonald (1966). Uma porção deste extrato foi filtrada em filtro de papel e centrifugada por 15 min a  $10,000 \times g$  e o sobrenadante foi congelado a -20 °C para posterior análise de ácidos graxos voláteis. Os ácidos graxos voláteis (AGV) foram determinados em cromatógrafo gasoso com detector de massa (GCMS QP 2010 plus, Shimadzu, Kyoto, Japan) usando coluna capilar (Stabilwax, Restek, Bellefonte, USA, 60 m, 0.25 mm Ø, 0.25 µm crossbond carbowax polyethylene glycol). A concentração do ácido lático foi determinada pelo método colorimétrico proposto por Pryce (1969).

A massa de forragem foi compactada manualmente em mini-silos experimentais fabricados a partir de canos de policloreto de vinila (PVC) com 15 cm de diâmetro e altura de 35 cm, de modo a obter densidade média de compactação de 820 kg de MN/m<sup>3</sup>. No fundo de cada mini-silo foi adicionado 0,3 kg de areia seca para drenagem do efluente e, sobre ela, uma tela fina de plástico e um pano de algodão para evitar o contato da forragem com a areia. Os mini-silos foram vedados com lona plástica dupla face (preto e branco) e fita adesiva, pesados e armazenados em laboratório à temperatura ambiente.

Após 150 dias de armazenamento, os mini-silos foram novamente pesados para mensuração das perdas de MS, perdas por gases e produção de efluentes, segundo metodologia descrita por Jobim et al. (2007). Procedeu-se com a abertura, descarte da parte deteriorada e amostragem de cada silo.

Para analisar a estabilidade aeróbia das silagens, uma amostra de aproximadamente 4 kg de cada tratamento foi exposta ao ar em temperatura ambiente. Os parâmetros utilizados para mensurar o rompimento da estabilidade aeróbia foram: o tempo necessário (horas) para a temperatura da silagem superar em 2°C a temperatura ambiente (O'Kiely et al., 2001) e/ou elevar o valor do pH da silagem em 0,5 (Jobim et al., 2007). A temperatura e o pH foram mensurados a cada 8 horas até o rompimento da estabilidade.

Para as análises microbiológicas amostras de 25 g de cada mini silo foram colocadas em erlenmeyers contendo 225 mL de água peptonada esterilizada (0,1% de peptona) e agitada durante 10 minutos. A partir do extrato obtido, foram preparadas diluições decimais para avaliação das populações de microrganismos. O plaqueamento foi realizado em superfície e o número de bactérias mesofílicas foi determinado em placa contendo Agar Nutriente (Kasvi) acrescido de 0,4% de nistatina e incubado a 35°C, por 24 horas. As bactérias ácido lácticas foram numeradas em placas contendo o meio de cultivo agar MRS (Micro Med, Isofar), segundo Man et al. (1960), também acrescido de 0,4% de nistatina e incubadas em jarras de anaerobiose a 35°C, por 24 horas. O meio de cultura DG18 (Dichloran Glycerol, Acumedia Neogen) foi utilizado para a contagem de fungos filamentosos e meio YEPD (Yeast Extract Peptone Dextrose Agar, Sigma-Aldrich) para contagem de leveduras, ambos acrescidos de 1 g/L de Cloranfenicol. As placas foram incubadas a 28°C por 5 a 7 dias para contagem de

fungos filamentosos e 48 horas para contagem de leveduras (Bravo-Martins et al., 2006).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, considerando como efeito fixo consórcios, arranjos espaciais e a interação entre consórcios e arranjos. As médias foram comparadas pelo teste de Snott-Knott, ao nível de 5% de significância. As análises dos dados foram realizadas utilizando o programa computacional estatístico RStudio (R, 2009).

## Resultados

### **Ensaio 1) Produtividade, composição morfológica e valor nutricional dos consórcios milho com crotalária em dois arranjos espaciais**

Não foram encontradas diferenças para produção total de matéria seca (PTMS). A menor produção total de milho (PTM) foi encontrada no consórcio MCJ (8.280 kg/ha). Para os parâmetros PTM e produção total de proteína bruta (PTPB) a produção no arranjo espacial A2 apresentou valores superiores de 13.094 e 1.102 kg/ha, respectivamente (Tabela 1).

A relação folha:colmo de milho não diferiu entre espécies, mas apresentou valores superiores para o arranjo espacial A1. O parâmetro folha:colmo de leguminosa diferiu entre espécies, apresentando valores superiores para o consórcio MCS (Tabela 1).

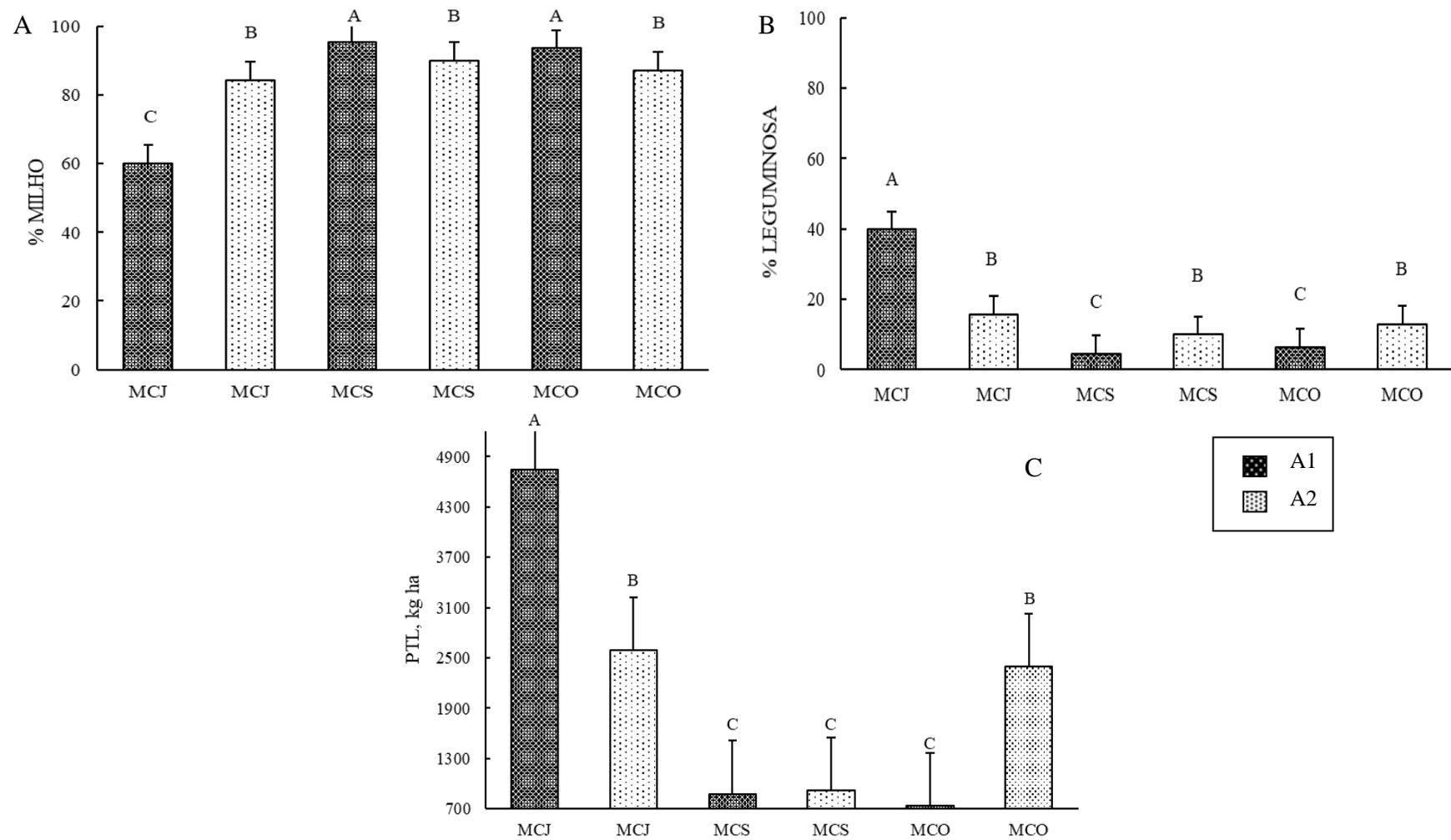
A fração de folha de milho foi 13,1 e 5,7 g/kg superior nos consórcios MCJ e MCS, respectivamente, e diferiu entre arranjos espaciais, apresentando os maiores valores para o arranjo espacial A1, 48,8 g/kg superiores em relação ao arranjo A2. A fração de colmo de milho foi 46,4 g/kg superior no arranjo espacial A2, em relação ao arranjo A1. As frações de folha de leguminosa diferiram entre os consórcios e os maiores valores foram relatados no MCS, sendo 251,8 e 176,5 g/kg superior em relação aos consórcios MCJ e MCO, respectivamente. Já as frações de colmo foram superiores no consórcio MCJ, sendo 173,8 e 121,4 g/kg superior em relação aos consórcios MCS e MCO, respectivamente. Foram encontrados inflorescências e/ou vagem nos consórcios MCJ e MCO (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características produtivas e morfológicas do milho consorciado com espécies de crotalária em dois arranjos espaciais

Parâmetros	Espécie				A1	A2	EPM	P-valor		
	MIS	MCJ	MCS	MCO				Esp	AE	Esp X AE
PTMS, kg/ha	13375	11947	11171	14539	11752	13764	2999.7	0.22	0.08	0.47
PTM, kg/ha	13375 <sup>a</sup>	8280 <sup>b</sup>	11881 <sup>a</sup>	12976 <sup>a</sup>	10162 <sup>B</sup>	13094 <sup>A</sup>	1551.2	0.00	0.00	0.48
PTPB, kg/ha	962	1062	897	1077	897 <sup>B</sup>	1102 <sup>A</sup>	94.3	0.36	0.02	0.86
F/C, milho	0.82	0.83	0.75	0.75	0.9 <sup>A</sup>	0.6 <sup>B</sup>	0.1	0.14	0.00	0.51
F/C, leg	0.00 <sup>c</sup>	0.10 <sup>b</sup>	0.60 <sup>a</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.3	0.3	0.1	0.00	0.94	0.50
Folha, g/kg milho	188.8 <sup>b</sup>	201.9 <sup>a</sup>	194.5 <sup>a</sup>	182.1 <sup>b</sup>	216.2 <sup>A</sup>	167.4 <sup>B</sup>	14.9	0.01	0.00	0.21
Colmo, g/kg milho	234.3	251.4	268.1	256.1	229.2 <sup>B</sup>	275.6 <sup>A</sup>	29.5	0.11	0.00	0.39
Panícula, g/kg milho	14.8	14.2	16.3	15.4	15.8	14.6	2.1	0.19	0.12	0.35
Espiga, g/kg milho	562.1	532.5	521.1	545.5	538.7	542.1	33.5	0.07	0.81	0.32
Folha, g/kg leg	0.0 <sup>d</sup>	117.8 <sup>c</sup>	369.6 <sup>a</sup>	193.1 <sup>b</sup>	175.3	165.0	64.8	0.00	0.70	0.50
Colmo, g/kg leg	0.0 <sup>d</sup>	804.1 <sup>a</sup>	630.3 <sup>b</sup>	682.7 <sup>b</sup>	547.1	511.6	66.4	0.00	0.10	0.71
Inflorescência, g/kg leg	0.0 <sup>b</sup>	77.9 <sup>a</sup>	0.0 <sup>b</sup>	118.9 <sup>a</sup>	27.6	70.9	57.4	0.00	0.09	0.25

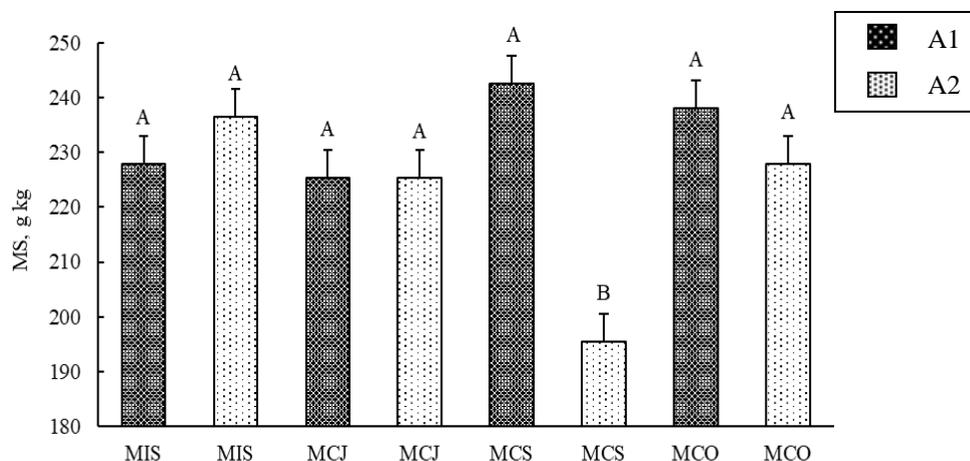
MIS= milho; MCJ = milho + *C. juncea*; MCS= milho + *C. spectabilis*; MCO= milho + *C. ochroleuca*; A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2= 45 cm entre linhas com milho e leguminosa em linhas alternadas; PTMS= produção total de matéria seca; PTM= produção total de milho; PTPB= produção total de proteína bruta; F/C= relação folha:colmo; Médias representadas pela letra maiúscula representam a diferença entre os arranjos espaciais (AE) e letras minúsculas a diferença entre espécies (Esp). Todas as médias, seguidas de letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Snott Knott a 5% de probabilidade; EPM= erro padrão da média.

A proporção de milho na matéria total foi 35,5 e 33,5% superior nos consórcios MCS e MCO, respectivamente, quando comparado a MCJ (Figura 2A). A proporção de leguminosa no consórcio MCJ foi superior 35,3 e 33,5% em relação aos consórcios MCS e MCO (Figura 2B). Ambas as proporções foram superiores no arranjo A1. A PTL foi superior em MCJ no arranjo A1 quando comparado aos demais consórcios e intermediária em MCJ e MCO no arranjo A2, sendo inferior para MCO no arranjo A1 e MCS em ambos os arranjos espaciais. (Figura 2C).



**Figura 2.** Proporção de milho na matéria total (A); proporção de leguminosa na matéria total (B) e produção total de leguminosa (kg/ha, C). MCJ = milho + *C. juncea*; MCS= milho + *C. spectabilis*; MCO= milho + *C. ochroleuca*; A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2= 45 cm entre linhas com milho e leguminosa em linhas alternadas. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa para interação de acordo com o teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ ).

Os níveis de MS foram menores 47 g/kg para o consórcio MCS no arranjo A2 em comparação ao MCS no arranjo A1 (Figura 3).



**Figura 3.** Níveis de matéria seca (MS) do milho consorciado com espécies de crotalária em dois arranjos espaciais. MIS = milho solteiro; MCJ = milho + *C. juncea*; MCS = milho + *C. spectabilis*; MCO = milho + *C. ochroleuca*; A1 = 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2 = 45 cm entre linhas com milho e leguminosa em linhas alternadas. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa para interação de acordo com o teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ ).

Os níveis de PB, FDA e CEL diferiram entre os consórcios e apresentaram os maiores valores para o consórcio MCJ. O parâmetro de DIVMS foi superior para MIS.

Os demais parâmetros bromatológicos e arranjos não diferiram entre si (Tabela 2).

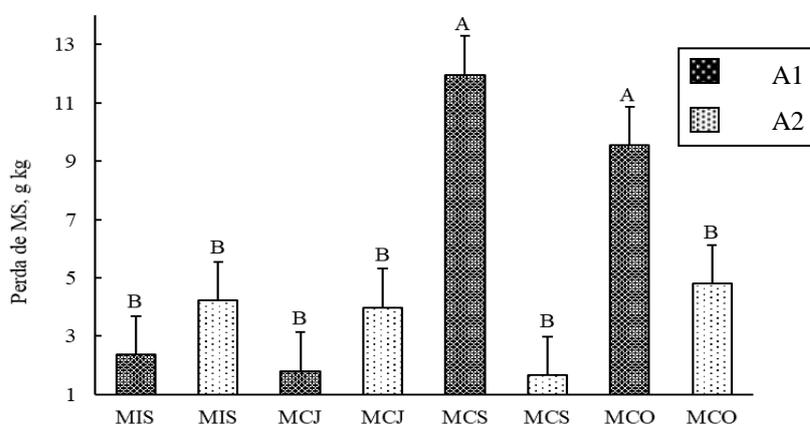
**Tabela 2.** Características bromatológicas do milho consorciado com espécies de crotalária em dois arranjos espaciais

Parâmetros	Espécie				A1	A2	EPM	P-valor		
	MIS	MCJ	MCS	MCO				Esp	AE	Esp X AE
MM, g/kg	58.4	56.4	63.5	61.5	58.6	61.2	7.3	0.23	0.32	0.06
PB, g/kg	75.8 <sup>b</sup>	95.1 <sup>a</sup>	75.0 <sup>b</sup>	77.4 <sup>b</sup>	81.5	80.1	13.3	0.02	0.77	0.73
FDN, g/kg	506.0	574.9	546.4	546.4	546.1	540.7	47.1	0.06	0.74	0.96
FDA, g/kg	251.6 <sup>b</sup>	340.6 <sup>a</sup>	294.8 <sup>b</sup>	267.6 <sup>b</sup>	284.9	292.5	56.2	0.01	0.75	0.71
HEM, g/kg	254.4	234.2	251.6	278.8	261.3	248.2	29.9	0.09	0.27	0.09
CEL, g/kg	207.4 <sup>b</sup>	279.2 <sup>a</sup>	234.9 <sup>b</sup>	218.5 <sup>b</sup>	231.2	238.7	20.0	0.00	0.70	0.81
LIG, g/kg	31.3	44.2	40.8	36.1	38.3	38.0	5.0	0.12	0.95	0.29
DIVMS, g/kg	806.6 <sup>a</sup>	754.4 <sup>b</sup>	779.0 <sup>b</sup>	766.9 <sup>b</sup>	778.7	774.8	37.2	0.02	0.79	0.37

MIS= milho; MCJ = milho + *C. juncea*; MCS= milho + *C. spectabilis*; MCO= milho + *C. ochroleuca*; A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2= 45 cm entre linhas com milho e leguminosa em linhas alternadas; MM= matéria mineral; PB= proteína bruta; FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detergente ácido; HEM= hemicelulose; LIG = lignina; DIVMS= digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca; Médias representadas pela letra maiúscula representam a diferença entre os arranjos espaciais (AE) e letras minúsculas a diferença entre espécies (Esp). Todas as médias, seguidas de letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Snott Knott a 5% de probabilidade; EPM= erro padrão da média.

## Ensaio 2) Perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e valor nutricional de silagens mistas de milho com crotalárias

As perdas de MS foram maiores 10,3 e 7,9 g/kg para MCS e MCO no arranjo A1, respectivamente, em comparação com MCS no arranjo A2, onde as menores perdas foram encontradas (Figura 4).



**Figura 4.** Perdas de MS de silagens mistas de milho com crotalárias em dois arranjos espaciais. MIS= milho; MCJ = milho + *C. juncea*; MCS= milho + *C. spectabilis*; MCO= milho + *C. ochroleuca*; A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2= 45 cm entre linhas com milho e leguminosa em linhas alternadas; Médias com letras diferentes indicam diferença significativa para interação de acordo com o teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ ).

As PG foram maiores 8,3 e 7,7 g/kg em MIS e MCS, respectivamente, quando comparado aos demais consórcios (Tabela 3). O maior nível de MS e o menor de FDN foi encontrado nas silagens MIS. Para os demais parâmetros bromatológicos não houve diferenças significativas (Tabela 3).

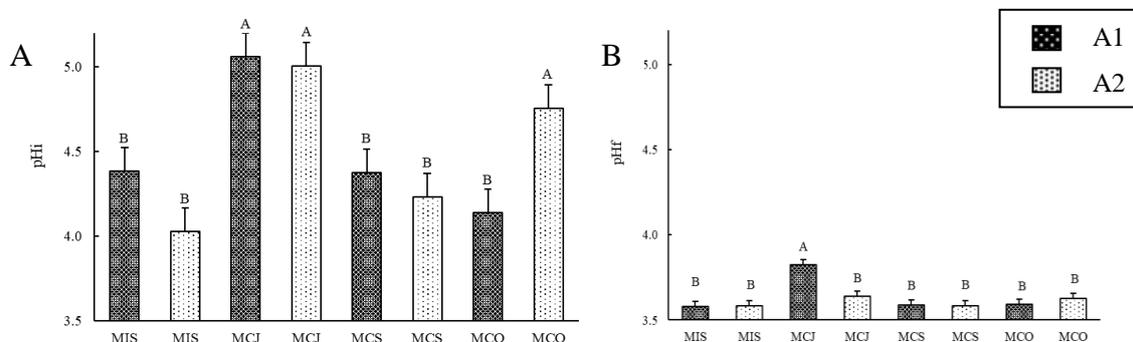
Maiores concentrações de ácido lático foram encontrados para as silagens MCJ e MIS. As concentrações de ácido propiônico se diferiram somente entre arranjos espaciais, apresentando os maiores valores para o arranjo espacial A1. Maior concentração de ácido butírico foi encontrado para o consórcio MCJ. As concentrações de N-NH<sub>3</sub> foram superiores no consórcio MCJ, quando comparado aos demais consórcios (Tabela 3).

**Tabela 3.** Perdas fermentativas, composição química, populações microbianas e perfil fermentativo de silagens de milho consorciadas com espécies de crotalária em dois arranjos espaciais

Parâmetros	Espécie				A1	A2	EPM	P-valor		
	MIS	MCJ	MCS	MCO				Esp	AE	Esp X AE
CT, meq HCl/100g MS	6.7	6.5	7.0	6.7	6.4	7.1	2.2	0.98	0.36	0.06
PG, g/kg	19.9 <sup>a</sup>	11.6 <sup>b</sup>	19.3 <sup>a</sup>	11.6 <sup>b</sup>	15.1	16.2	10.1	0.04	0.79	0.50
PE, kg/t de MV	40.7	41.0	39.9	51.9	39.9	46.8	20.3	0.38	0.39	0.73
MS, g/kg	245.2 <sup>a</sup>	233.8 <sup>b</sup>	227.4 <sup>b</sup>	230.1 <sup>b</sup>	234.9	233.4	10.5	0.02	0.69	0.57
MM, g/kg	52.1	53.1	51.4	50.8	50.8	52.9	3.6	0.68	0.13	0.45
FDN, g/kg	436.0 <sup>b</sup>	504.1 <sup>a</sup>	507.4 <sup>a</sup>	487.9 <sup>a</sup>	490.2	477.5	17.3	0.05	0.31	0.39
HEM, g/kg	205.5	207.7	185.7	204.1	201.5	200.1	20.7	0.27	0.85	1.00
LIG, g/kg	21.5	38.7	32.0	28.5	33.3	27.1	3.5	0.06	0.06	0.26
DIVMS, g/kg	820.6	742.1	800.4	798.0	794.3	786.2	59.3	0.18	0.68	0.75
BAL, Log UFC/g de silagem	1.7	2.4	1.8	1.6	1.6	2.1	1.2	0.57	0.09	0.28
BM, Log UFC/g de silagem	6.3	5.5	6.6	7.6	6.1	6.6	1.7	0.56	0.84	0.45
LEV, Log UFC/g de silagem	3.3	1.7	3.0	2.2	2.4	2.7	0.6	0.09	0.42	0.12
FF, Log UFC/g de silagem	2.7	2.9	2.5	2.6	2.5	2.8	0.6	0.77	0.52	0.38
Ácido láctico, g/kg	39.2 <sup>a</sup>	42.6 <sup>a</sup>	27.3 <sup>b</sup>	23.8 <sup>b</sup>	34.0	32.5	7.7	0.00	0.65	0.07
Ácido acético, g/kg	7.1	5.3	6.1	5.8	6.1	6.0	2.6	0.28	0.90	0.84
Ácido propionico, g/kg	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1 <sup>A</sup>	0.0 <sup>B</sup>	0.1	0.40	0.02	0.40
Ácido butirico, g/kg	0.3 <sup>b</sup>	1.2 <sup>a</sup>	0.1 <sup>b</sup>	0.3 <sup>b</sup>	0.5	0.4	0.6	0.01	0.57	0.75
Acido isobutirico, g/kg	0.0	0.5	0.0	0.0	0.2	0.0	0.4	0.12	0.13	0.10
Ácido valérico, g/kg	0.4	0.6	0.0	0.6	0.5	0.3	1.0	0.71	0.53	0.74
Ácido isovalérico, g/kg	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.44	0.34	0.43
N-NH <sub>3</sub> , g/kg NT	120.7 <sup>b</sup>	159.0 <sup>a</sup>	131.7 <sup>b</sup>	138.7 <sup>b</sup>	142.0	133.0	2.8	0.03	0.42	0.61

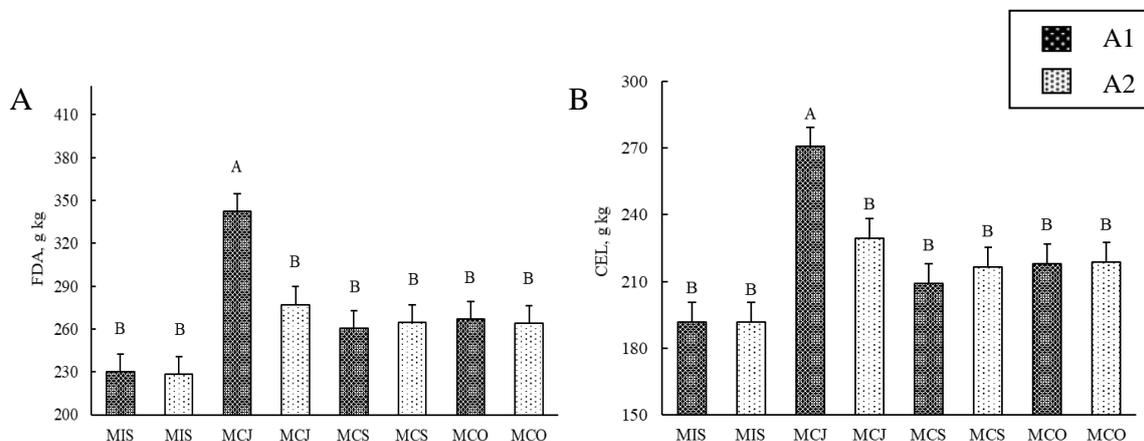
MIS= milho; MCJ = milho + *C. juncea*; MCS= milho + *C. spectabilis*; MCO= milho + *C. ochroleuca*; A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2= 45 cm entre linhas com milho e leguminosa em linhas alternadas; CT= capacidade tamponante; PG= perdas por gases; PE= perdas por efluente; MS= matéria seca; MM= matéria mineral; HEM = hemicelulose; CEL= celulose; LIG= lignina; DIVMS= digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca; BAL= bactérias ácido lácticas; BM= bactérias mesofílicas; LEV= leveduras; FF= fungos filamentosos Médias representadas pela letra maiúscula representam a diferença entre os arranjos espaciais (AE) e letras minúsculas a diferença entre espécies (Esp). Todas as médias, seguidas de letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Snott Knott a 5% de probabilidade; EPM= erro padrão da média.

Maior pH inicial foi encontrado para silagens MCJ, em ambos os arranjos espaciais, e MCO no arranjo espacial A2. O pH final foi superior para silagens MCJ quando plantados no arranjo espacial A1 (Figura 5).



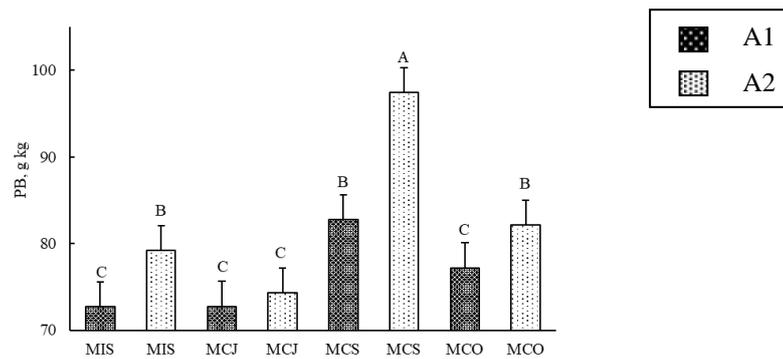
**Figura 5.** Potencial hidrogeniônico (pH) inicial (A) e final (B) de silagens mistas de milho com crotalárias em dois arranjos espaciais. MIS= milho; MCJ = milho + *C. juncea*; MCS= milho + *C. spectabilis*; MCO= milho + *C. ochroleuca*; A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2= 45 cm entre linhas com milho e leguminosa em linhas alternadas; Médias com letras diferentes indicam diferença significativa para interação de acordo com o teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ ).

Maiores níveis de FDA e CEL foram encontrados para as silagens MCJ no arranjo A1, 113,9 e 79,0 g/kg, respectivamente, em comparação com as silagens MIS no arranjo A2, onde os menores níveis foram encontrados (Figura 6).



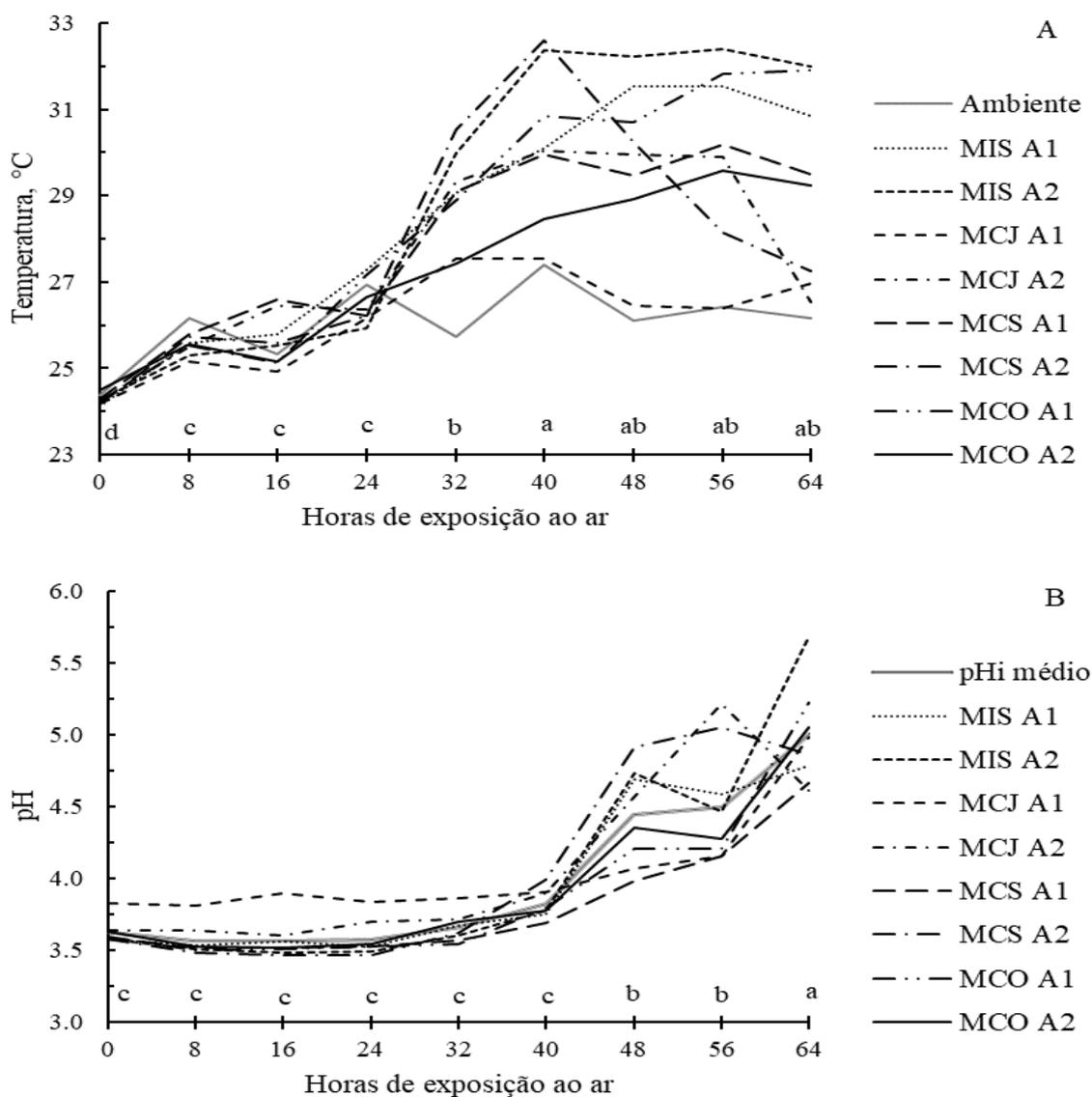
**Figura 6.** Fibra em detergente neutro (FDA, A) e celulose (CEL, B) de silagens mistas de milho com crotalárias em dois arranjos espaciais. MIS= milho; MCJ = milho + *C. juncea*; MCS= milho + *C. spectabilis*; MCO= milho + *C. ochroleuca*; A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2= 45 cm entre linhas com milho e leguminosa em linhas alternadas. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa para interação de acordo com o teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ ).

Os maiores níveis de PB foram encontrados na silagem MCS quando distribuídos no arranjo espacial A2 (Figura 7).



**Figura 7.** Proteína bruta (PB) de silagens mistas de milho com crotalárias em dois arranjos espaciais. MIS= milho; MCJ = milho + *C. juncea*; MCS= milho + *C. spectabilis*; MCO= milho + *C. ochroleuca*; A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2= 45 cm entre linhas com milho e leguminosa em linhas alternadas. Médias com letras diferentes indicam diferença significativa para interação de acordo com o teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ ).

As diferentes formas de consórcio para produção de silagens não alteraram a estabilidade aeróbia (Figura 8). Os tempos médios (horas) para quebra da estabilidade por temperatura foi de 32 a 40 horas de exposição ao ar (Figura 8A). Para o parâmetro pH, o tempo médio (horas) para quebra da estabilidade aeróbia foi de 40 a 48 horas de exposição ao ar (Figura 8B).



**Figura 8.** Alterações na temperatura (A) e pH (B) das silagens oriundas dos consórcios de milho (MIS), milho + *C. juncea* (MCJ), milho + *C. spectabilis* (MCS), milho + *C. ochroleuca* (COM). A1= 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa na mesma linha; A2= 45 cm entre linhas com milho e leguminosa em linhas alternadas; Temperatura: efeito de espécie;  $P = <0,01$ ; efeito do arranjo espacial;  $P = 0,39$ ; efeito de interação entre espécie e arranjo espacial,  $P = 0,01$ ; efeito de hora,  $P = <0,01$ ; efeito de interação entre espécie e hora,  $P = 0,27$ ; efeito de interação entre arranjo espacial e hora,  $P = 0,81$ ; efeito de interação entre espécie, arranjo espacial e hora,  $P = 0,89$ . pH: efeito de espécie,  $P = 0,66$ ; efeito do arranjo espacial;  $P = 0,06$ ; efeito de interação entre espécie e arranjo espacial,  $P = 0,53$ ; efeito de hora,  $P = <0,01$ ; efeito de interação entre espécie e hora,  $P = 0,99$ ; efeito de interação entre arranjo espacial e hora,  $P = 0,42$ ; efeito de interação entre espécie, arranjo espacial e hora,  $P = 0,97$ . Letras diferentes diferem ( $P \leq 0,05$ ) pelo t-teste para horas de exposição ao ar.

## Discussão

### *Produtividade, composição morfológica e valor nutricional dos consórcios*

A menor produção total de milho encontrada para o MCJ se deve a maior proporção de leguminosa obtida neste consórcio. Segundo Lepcha et al. (2019) a *C. juncea* possui uma taxa de crescimento mais acelerada quando comparada as demais, fazendo com que a competição com a cultura principal seja maior (Kappes & Zancanaro, 2015).

O efeito da competitividade entre as espécies ficou evidente quando a semeadura da leguminosa foi realizada na entrelinha da cultura do milho (arranjo espacial A2). Neste arranjo, ambas as culturas tiveram um espaçamento maior entre plantas, o que proporcionou menor competição entre as culturas consorciadas, aumentando as produções de matéria seca da espécie principal (Ceccon et al., 2013).

Ao comparar os diferentes arranjos observa-se a menor proporção de folhas para as plantas de milho no arranjo espacial A2. Segundo Leonel et al. (2009), quando as plantas crescem com sombreamento há maior disputa por radiação e alocação de fotoassimilados e seus derivados para a produção de colmos em detrimento do direcionamento desses compostos para produção de folhas. Explicando assim, a maior proporção de colmo neste arranjo como estratégia de competição da cultura do milho.

A maior proporção de folha de leguminosa encontrada no consórcio MCS se deve ao fato da *C. spectabilis* compensar o menor número de folhas por meio da maximização do tamanho das folhas (Pacheco et al., 2015). No entanto, a maior proporção de folha da *C. spectabilis* não colaborou para aumentar os níveis de PB no consórcio MCS, pois a participação desta leguminosa na proporção final da massa de forragem foi de apenas 4,5%.

Segundo Lepcha et al. (2019) a folha das leguminosas normalmente apresentam os maiores níveis de PB, mas independente disso o teor proteico das leguminosas são

superiores aos das gramíneas. Por isso, a maior participação das leguminosas na massa de forragem do consórcio MCJ resultaram nos maiores níveis de PB. Zavala et al. (2011) encontraram incremento de 15,7% nos teores de PB no consórcio entre milho e *C. juncea* e Baghdadi et al. (2016) de 37,7% ao consorciarem milho com soja.

Em contrapartida, a elevada produção de colmo, que é característica da estrutura de crescimento da *C. juncea* (Morris & Kays, 2005), proporcionou maior teor de FDA na mistura ensilada deste consórcio. O aumento nos teores de FDA da massa de forragem também foi descrito por Zavala et al. (2011) ao consorciarem o milho com *C. juncea*. Os autores encontraram valores de 389,0 g/kg na massa de forragem, o que corresponde a um aumento de 23,6% em relação ao milho exclusivo. Esse aumento é explicado pela maior concentração de fibra nos colmos das leguminosas (Moraes et al., 2013), sendo essa concentração intensificada em estágios fenológicos mais avançados (florescimento). No caso deste trabalho o florescimento e/ou a produção de vagens encontrada para o consórcio MCJ indica que a *C. juncea* atingiu o estágio final do desenvolvimento fenológico (Pacheco et al., 2015; Amabile et al., 2000).

Segundo Van Soest (1994) dietas com teores de FDA acima de 300 g/kg podem interferir no consumo dos animais, em função da diminuição digestibilidade. Os maiores teores de FDA refletiram diretamente nos coeficientes de DIVMS dos consórcios com inclusão de leguminosas, apresentando os menores valores.

A variedade de milho utilizada neste trabalho foi a BRS 1010 que é um híbrido de porte baixo, com alta produção de grãos e ciclo precoce (Parentoni et al., 2004). Neste caso, o uso de variedades de milho de porte mais elevado (crescimento mais acelerado) poderia competir de maneira mais intensa com a *C. juncea* retardando seu crescimento e impedindo que ela atingisse a maturação no momento da colheita da silagem. Isso poderia

melhorar os teores de fibra e aumentar a participação das folhas das leguminosas na massa de forragem.

*Perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e valor nutricional de silagens mistas*

Todas as silagens apresentaram teores de MS que variaram de 227,4 a 245,2 g/kg, valores menores do que os encontrados por Riday & Albrecht (2008) ao trabalharem com silagem consorciada de milho com leguminosas. Segundo Jobim & Nussio (2013) valores de MS abaixo de 288 g/kg podem comprometer a qualidade das silagens e aumentar as perdas fermentativas, principalmente as perdas por efluente. Apesar disso, as perdas por efluentes apresentadas neste trabalho ficaram abaixo 100 kg/t de MN, o que pode ser considerado dentro da normalidade segundo Gebrehanna et al. (2014).

As perdas por gases foram de 11,6 a 19,9 g/kg, menores do que as descritas por de Oliveira et al. (2010) avaliando silagens de milho, sorgo forrageiro e girassol. Segundo os autores a produção de gás depende do tipo de fermentação que ocorre na massa ensilada, sendo a fermentação alcoólica a responsável por altas produções de CO<sub>2</sub> (Borreani et al., 2018). Independente disso, as perdas por gases foram baixas podendo ser consideradas satisfatórias de acordo com Michel et al (2017).

As maiores produções de ácido láctico para MCJ não implicaram em menores valores de pH, provavelmente em decorrência da maior participação de leguminosa na massa ensilada. Resultados semelhantes foram descritos por Jahanzad et al. (2015) ao analisarem silagens com diferentes proporções de milho e soja. Os autores observaram que o pH aumentou de 3,69 para 4,51 com a inclusão progressiva de leguminosa na mistura ensilada e que o ácido láctico variou de 4,17 a 6,91 g/kg. Os valores de ácido láctico estão abaixo dos descritos no referido trabalho e recomendados por Kung Junior et al. (2018).

A maior produção de ácido láctico no consórcio MCJ não foi modificada em função das populações de bactérias ácido lácticas. Esse resultado pode ser considerado comum pois o número de microrganismos não define o potencial das cepas em produzir ácido láctico, além de existir diversos tipos de microrganismos heterofermentativos que sintetizam vários compostos além do ácido láctico (Yang et al., 2010).

As produções de ácido acético foram semelhantes em todos os tratamentos testados. De acordo com Comino et al. (2014) o ácido acético é um dos principais responsáveis por inibir o crescimento de fungos filamentosos e leveduras, reduzindo a produção de álcool durante a fermentação e aumentando a estabilidade aeróbia no pós abertura. Em função disso, as populações de fungos filamentosos e leveduras também não sofreram modificações nos diversos tratamentos testados. Os valores podem ser considerados irrelevantes para configurar qualquer depreciação na qualidade das silagens (Cogan et al., 2016).

É provável que os níveis de ácido acético foram suficientes para controlar as populações de fungos e leveduras e desta forma obter os mesmos períodos de estabilidade aeróbia para todos os consórcios. O aumento ou a diminuição da estabilidade aeróbia depende de fatores ligados à planta, ao tipo de fermentação e as condições ambientais. Silagens com elevados níveis de carboidratos solúvel e ácido láctico residual tendem a ter baixa estabilidade aeróbia (Jobim & Nussio, 2013). No entanto, a presença de saponinas e outras substâncias comuns em leguminosas (Weinberg & Muck, 1996) podem inibir o crescimento fúngico e aumentar a estabilidade das silagens (Pursiainen & Tuori, 2008).

Foram observadas diferenças entre as formas com que a estabilidade aeróbia pode ser mensurada (temperatura e pH). Os tempos médios para quebra da estabilidade por temperatura (em 2°C acima da temperatura do ar) foi de 32 a 40 horas. Já para o aumento

de pH (0,5 em relação ao inicial) foi de 40 a 48 horas. Esses valores estão acima dos relatados por Jobim et al. (2008) que avaliaram a estabilidade aeróbia de silagem de milho com soja, e apresentaram os primeiros sinais de instabilidade aeróbia após 20 horas. No entanto, é válido ressaltar que a estabilidade no presente estudo não foi realizada em ambiente controlado (temperatura constante), e que as temperaturas médias do ar foram de 26,2 °C, o que pode ter contribuído para o crescimento microbiano.

Segundo Kung Junior et al. (2018), silagens de leguminosas são geralmente mais úmidas e apresentam maiores teores de N-NH<sub>3</sub>, ácido butírico e pH quando comparado a silagens de milho, resultando em maior degradação proteica pelos *Clostrídios*. Segundo os autores a maior concentração de ácido butírico e N-NH<sub>3</sub> na silagem é um indicativo de queda na qualidade o que pode refletir diretamente no consumo da silagem pelos animais. No entanto, os valores ácido butírico descritos no presente trabalho estão abaixo dos considerados prejudiciais (Kung Junior et al., 2018; Macêdo et al., 2017; Filya, 2004).

Os dados de N-NH<sub>3</sub> podem ser considerados elevados em relação aos preconizados pela literatura, principalmente para os tratamentos que obtiveram as maiores inclusões de leguminosa, sendo um indicativo de degradação da proteína da silagem (Kung Junior et al., 2018; Baghdadi et al., 2016). Desta forma, é possível que a superioridade nos teores de proteína obtidos para MCJ antes da ensilagem tenha sido perdida em função da ação de microrganismos proteolíticos, resultando em silagens com menores teores de PB. Assim, uma atenção maior deve ser dada na proteólise das silagens que apresentam maiores proporções de leguminosa.

Os valores de FDN e FDA foram superiores, principalmente nos tratamentos em que a leguminosa entrou em maior proporção. Esse resultado já era esperado, pois a combinação com leguminosas resultou em aumento nos teores de fibra no material antes da

ensilagem. No entanto, o que chama a atenção nesse resultado é a não interferência dos valores de maiores de fibra na DIVMS das silagens. Ao avaliar as frações da fibra percebe-se que a celulose foi a única responsável pela variação dos resultados, ou seja, a hemicelulose e a lignina pouco interferiram nos resultados de digestibilidade e como a celulose é uma fração da fibra passível de degradação e apresenta digestão parcial (Neumann et al., 2017), o maior teor não implicou em queda da digestibilidade.

### **Conclusão**

O uso da *C. juncea* semeada a 45 cm entre linhas, com milho e leguminosa em linhas alternadas, é o mais indicado para maximizar a produtividade por área sem resultar em redução da qualidade fermentativa das silagens produzidas.

A superioridade nos níveis de proteína bruta obtidos para consórcios com inclusão de *C. juncea* não refletiu em maiores níveis de proteína bruta dessas silagens. São necessários mais estudos que avaliem a ação dos microrganismos proteolíticos e sua atuação na degradação proteica das silagens mistas de milho com leguminosas.

### Referências Bibliográficas

- Adesogan, A.T., Salawu, M.B., Deaville, E.R., 2002. The effect on voluntary feed intake, in vivo digestibility and nitrogen balance in sheep of feeding grass silage or pea-wheat intercrops differing in pea to wheat ratio and maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 96, 161–173. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00336-4](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00336-4)
- Alfenas, R.F., Bonaldo, S.M., Fernandes, R.A.S., Colares, M.R.N., 2018. First report of *Choanephora cucurbitarum* on *Crotalaria spectabilis*: a highly aggressive pathogen causing a flower and stem blight in Brazil. *Plant Dis.* 102, 3474–3477. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-17-1610-PDN>
- Allen, M.S., Coors, J.G., Roth, G.W., 2003. Corn Silage. *Silage Sci. Technol.* 12, 547–608.
- Amabile, R.F., Fancelli, A.L., Carvalho, A.M. de, 2000. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. *Pesq. Agropec. Bras.* 35, 47–54.
- Anselmo, J.L., Bossolani, J.W., Lazarini, E., Leal, A.J.F., Alvarez, R. de C.F., Arf, M.V., 2018. Maize productivity cultivated as first crop in succession to different cover crops. *Aust. J. Crop Sci.* 12, 967–974. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.06.PNE1063>
- Ascari, J.P., Araujo, D.V. de, Mendes, I.R.N., Foschiera, M.V., Prieto, R.S., Barboza, W.H.M., Krause, W., Matsumoto, L.S., 2018. Quality of soil in the function of biological fertilization and plant covering. *African J. Agric. Res.* 13, 733–741. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13091>
- Association of Official Analytical Chemists, 1990. *Official Methods of Analysis*. pp. 69–88.
- Baghdadi, A., Halim, R.A., Radziah, O., Martini, M.Y., Ebrahimi, M., 2016. Fermentation characteristics and nutritive value of corn silage intercropped with soybean under different crop combination ratios. *J. Anim. Plant Sci.* 26, 1710–1717.

- Barbosa, L.A., Rezende, A. V., Rabelo, C.H.S., Rabelo, F.H.S., Nogueira, D.A., 2011. Aerobic stability of corn and soybean silage mixed at different ratios. *ARS Vet.* 27, 255–262.
- Barreto, A.C., Fernandes, M.F., 2001. Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de tabuleiros costeiros. *Circ. Tec.* 19 - Embrapa 78, 512. <https://doi.org/10.1136/pmj.78.923.512>
- Belel, M.D., Halim, R.A., Rafii, M.Y., Saud, H.M., 2014. Intercropping of corn with some selected legumes for improved forage production: A review. *J. Agric. Sci.* 6, 48–62. <https://doi.org/10.5539/jas.v6n3p48>
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R.J., Holmes, B.J., Muck, R.E., 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci.* 101, 3952–3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- Brachtvogel, E.L., Rafael, F., Carlos, S., Cruz, S., 2012. População , arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. *Rev. Trópica* 6, 75–83.
- Bravo-Martins, C.E.C., Carneiro, H., Castro-gómez, R.J.H., César, H., Figueiredo, P., Schwan, R.F., 2006. Chemical and microbiological evaluation of ensiled sugar cane with different additives. *Brazilian J. Microbiol.* 37, 499–504.
- Candrian, U., Luthy, J., Schmid, P., Schlatter, C., Gallasz, E., 1984. Stability of Pyrrolizidine Alkaloids in hay and silage. *J. Agric. Food Chem.* 32, 2813–2823.
- Ceccon, G., Staut, L. a, Sagrilo, E., Machado, L.A.Z., Nunes, D.P., Alves, V.B., 2013. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in midwestern Brazil. *R. Bras. Ci. Solo* 37, 204–212. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000100021>
- Cheeke, P.R., 1988. Toxicity and metabolism of Pyrrolizidine Alkaloids. *J. Anim. Sci.* 66, 2343–2350.
- Cogan, N.G., Rath, H., Kommerein, N., Stumpp, S.N., Stiesch, M., 2016. Theoretical and experimental evidence for eliminating persister bacteria by manipulating

killing timing. *FEMS Microbiol. Lett.* 363, 1–15.  
<https://doi.org/10.1093/femsle/fnw264>

- Comino, L., Tabacco, E., Righi, F., Revello-Chion, A., Quarantelli, A., Borreani, G., 2014. Effects of an inoculant containing a *Lactobacillus buchneri* that produces ferulate-esterase on fermentation products, aerobic stability, and fibre digestibility of maize silage harvested at different stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 198, 94–106. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.10.001>
- Copani, G., Niderkorn, V., Anglard, F., Quereuil, A., Ginane, C., 2016. Silages containing bioactive forage legumes: a promising protein-rich feed source for growing lambs. *Grass Forage Sci.* 71, 622–631. <https://doi.org/10.1111/gfs.12225>
- da Silva, M.S.J., Jobim, C.C., Poppi, E.C., Tres, T.T., Osmari, M.P., 2015. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. *Rev. Bras. Zootec.* 44, 303–313. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902015000900001>
- Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Syahsar, B.A., Ramrodi, M., 2010. The role of intercropping maize (*Zea mays* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) on yield and soil chemical properties. *African J. Agric. Res.* 5, 631–636.
- de Assis, F.B., Basso, F.C., Lara, E.C., Raposo, E., Bertipaglia, L.M.A., De Oliveira Fernandes, L., Rabelo, C.H.S., Reis, R.A., 2014. Caracterização agronômica e bromatológica de híbridos de milho para ensilagem. *Semin. Agrar.* 35, 2869–2882. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n6p2869>
- de Oliveira, J.S., Santos, E.M., dos Santos, A.P.M., 2016. Intake and digestibility of silages. *Adv. Silage Prod. Util.* 6, 101–121. <https://doi.org/10.5772/65280>
- de Oliveira, L.B., Pires, A.J.V., de Carvalho, G.G.P., Ribeiro, L.S.O., de Almeida, V.V., de Miranda Peixoto, C.A., 2010. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. *Rev. Bras. Zootec.* 39, 61–67. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100008>
- Edson, C., Takarwirwa, N.N., Kuziwa, N.L., Stella, N., Maasdorp, B., 2018. Effect of

- mixed maize-legume silages on milk quality and quantity from lactating smallholder dairy cows. *Trop. Anim. Health Prod.* 50, 1255–1260. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1552-4>
- Efsa, 2011. Scientific opinion on pyrrolizidine alkaloids in food and feed: EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA J.* 9, 1–134. <https://doi.org/10.2903/j.efsa>
- Embrapa, 2006. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*, 2nd ed. Brasília, DF.
- Ferreira, A.C. de B., Borin, A.L.D.C., Bogiani, J.C., Lamas, F.M., 2018. Suppressive effects on weeds and dry matter yields of cover crops. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 53, 566–574. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000500005>
- Filya, I., 2004. Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 116, 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.06.003>
- Flores-Sanchez, D., Pastor, A., Lantinga, E.A., Rossing, W.A., Kropff, M.J., 2013. Exploring maize-legume intercropping systems in Southwest Mexico. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 37, 739–761. <https://doi.org/10.1080/21683565.2013.763888>
- Gaba, S., Bretagnolle, F., Rigaud, T., Philippot, L., 2014. Managing biotic interactions for ecological intensification of agroecosystems. *Front. Ecol. Evol.* 2, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2014.00029>
- Gallo, A., Bertuzzi, T., Giuberti, G., Moschini, M., Bruschi, S., Cerioli, C., Masoero, F., 2016. New assessment based on the use of principal factor analysis to investigate corn silage quality from nutritional traits, fermentation end products and mycotoxins. *J. Sci. Food Agric.* 96, 437–448. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7109>
- Gebrehananna, M.M., Gordon, R.J., Madani, A., VanderZaag, A.C., Wood, J.D., 2014. Silage effluent management: A review. *J. Environ. Manage.* 143, 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.04.012>
- Gilbert, R.A., 2004. Best-bet legumes for smallholder maize-based cropping systems of

- Malawi. GMCC Syst. Smallhold. Farmers 6, 153–174. [https://doi.org/10.1007/1-4020-2051-1\\_6](https://doi.org/10.1007/1-4020-2051-1_6)
- Gitti, D.D.E.C., Arf, O., Vilela, R.G., Portugal, J.R., Kaneko, F.H., Rodrigues, R.A.F., 2012. Épocas de semeadura de crotalária em consórcio com milho. Rev. Bras. Milho e Sorgo 11, 156–168. <https://doi.org/10.18512/19806477>
- Gusha, J., Ngongoni, N.T., Halimani, T.E., 2013. Nutritional composition and effective degradability of four forage trees grown for protein supplementation. J. Anim. Feed Res. 3, 170–175.
- Holden, L.A., 1999. Comparison of Methods of In Vitro Dry Matter Digestibility for Ten Feeds. J. Dairy Sci. 82, 1791–1794. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75409-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3)
- Htet, M.N.S., Soomro, R.N., Bo, H., 2017. Effects of Different Planting Pattern of Maize (*Zea mays* L.) and Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Intercropping in Resource Consumption on Fodder Yield, and Silage Quality. Am. J. Plant Sci. 8, 666–679. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.84046>
- Jahanzad, E., Sadeghpour, A., Hashemi, M., Keshavarz Afshar, R., Hosseini, M.B., Barker, A. V., 2015. Silage fermentation profile, chemical composition and economic evaluation of millet and soya bean grown in monocultures and as intercrops. Grass Forage Sci. 71, 584–594. <https://doi.org/10.1111/gfs.12216>
- Jobim, C.C., Lombardi, L., Assis, F., Macedo, F. De, 2008. Silagens de grãos de milho puro e com adição de grãos de soja, de girassol ou uréia. Pesq. Agropec. Bras. 43, 649–656.
- Jobim, C.C., Nussio, L.G., 2013. Princípios Básicos da Fermentação na Ensilagem, in: Forragem Conservada. pp. 649–658.
- Jobim, C.C., Nussio, L.G., Reis, R.A., Schmidt, P., 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. Rev. Bras. Zootec. 36, 101–119. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013>

- Kappes, C., Arf, O., Arf, M.V., Gitti, D. de C., Alcalde, A.M., 2011. Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de crotalária. *Pesqui. Agropecu. Trop.* 41, 508–518. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i4.10768>
- Kappes, C., Zancanaro, L., 2015. Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. *Rev. Bras. Milho e Sorgo* 14, 219–234. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n2p219-234>
- Khan, N.A., Yu, P., Ali, M., Cone, J.W., Hendriks, W.H., 2015. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *J. Sci. Food Agric.* 95, 238–252. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>
- Kung Junior, L., Shaver, R.D., Grant, R.J., Schimidt, R.J., 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J. Dairy Sci.* 101, 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Lange, A., Bologna, I.R., Faroni, C.E., Cesar, P., Trivelin, O., 2009. Aproveitamento pelo trigo do nitrogênio residual da crotalária (*Crotalaria juncea*) e da uréia aplicado ao solo em cultivo precedente. *Ciência Rural* 39, 1715–1720.
- Leandro, H.M., Asmus, G.L., 2015. Rotação e sucessão de culturas para o manejo do nematoide reniforme em área de produção de soja. *Ciência Rural* 45, 1–6. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130526>
- Leonel, F.P., Pereira, J.C., Costa, M.G., de Marco Júnior, P., Lara, L.A., Queiroz, A.C., 2009. Productive performance and nutritional characteristics of signal grass intercropped with corn. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 177–189. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100022>
- Lepcha, I., Naumann, H.D., Fritschi, F.B., Kallenbach, R.L., 2019. Herbage Accumulation, Nutritive Value, and Regrowth Potential of Sunn Hemp at Different Harvest Regimens and Maturity. *Crop Sci.* 59, 413–421. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.09.0589>
- Macêdo, A.J. da S., Santos, E.M., Oliveira, J.S. de, Perazzo, A.F., 2017. Microbiology of silages : Literature Review. *Redvet* 18, 1–11.

- Man, J.C. de, Rogosa, M., Sharpe, M.E., 1960. A medium for the cultivation of lactobacilli. *J. Appl. Bact.* 23, 130–135.
- Mertens, D.R., 2002. Gravimetric Determination of Amylase-Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds with Refluxing in Beakers or Crucibles: Collaborative Study. *J. AOAC Int.* 85, 1217–1240.
- Michel, P.H.F., Gonçalves, L.C., Rodrigues, J.A.S., Keller, K.M., Raposo, V.S., Lima, E.M., Santos, F.P.C., Jayme, D.G., 2017. Re-ensiling and inoculant application with *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium acidipropionici* on sorghum silages. *Grass Forage Sci.* 72, 432–440. <https://doi.org/10.1111/gfs.12253>
- Moraes, S.D. de, Jobim, C.C., Silva, M.S. da, Marquardt, F.I., 2013. Production and chemical composition of hybrid sorghum and corn for silage. *Rev. Bras. Saúde e Produção Anim.* 14, 624–634.
- Morris, J.B., Kays, S.E., 2005. Total dietary fiber variability in a cross section of *Crotalaria juncea* genetic resources. *Crop Sci.* 45, 1826–1829. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0630>
- Mosjidis, J.A., Burke, J.M., Hess, J.B., 2012. The facts about sunn hemp toxicity. *Crop Sci.* 52, 1469–1474. <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.11.0583>
- Neumann, M., Leão, G.F.M., Coelho, M.G., Figueira, D.N., Spada, C.A., Perussolo, L.F., 2017. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silage. *Arch. Zootec.* 66, 51–58. <https://doi.org/10.21071/az.v66i253.2125>
- O’Kiely, P., Muck, R.E., 1992. Aerobic deterioration of lucerne and maize silages-effects of yeasts. *J. Sci. Food Agric.* 59, 139–144.
- O’Kiely, P.O., Clancy, M., Doyle, E.M., 2001. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. *Int. Grassl. Congr.* 19, 794–795.
- Obeid, J.A., Gomide, J.A., Cruz, M.E., Zago, C.P., Andrade, M.A.S., 1992. Silagem consorciada de milho (*Zea mays*, L.) com leguminosas: produção e composição

- bromatológica. Rev. Soc. Bras. Zoot. 21, 33–38.
- Oliveira, P.P.A., Tullio, R.R., Berndt, A., Pedroso, A.F., Silva, S.L., Sakamoto, L.S., Rodriguez, P.H.M., Corte, R.R.S., 2018. The effect of grazing system intensification on the growth and meat quality of beef cattle in the Brazilian Atlantic Forest biome. Meat Sci. 139, 157–161. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.01.019>
- Oliveira, I.L. De, Lima, L.M., Casagrande, D.R., André, M., Lara, S., Bernardes, T.F., 2017. Nutritive value of corn silage from intensive dairy farms in Brazil. Rev. Bras. Zootec. 46, 494–501. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000600004>
- Pacheco, J. da S., da Silva-López, R.E., 2012. Study of the proteolytic activity of the tropical legume *Crotalaria spectabilis*. J. Biosci. 67, 495–509.
- Pacheco, L.P., Selestina, A., Côrt, D., Miguel, S., 2015. Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. Pesq. Agropec. Trop. 45, 464–472. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4538107>
- Pahlow, G., Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H., Muck, R.E., Driehuis, F., Elferink, S.J.W.H.O., Spoelstra, S.F., 2003. Microbiology of ensiling. Silage Sci. Technol. 42, 31–93. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c2>
- Pahlow, G., Rammer, C., Slottner, D., Tuori, M., 2002. Ensiling of legumes. Landbauforsch. Voelkenrode 234, 27–31.
- Parentoni, S.N., Gama, E.E.G. e, Santos, M.X. dos, Pacheco, C.A.P., Meirelles, W.F., Correa, L.A., Guimaraes, P.E. de O., Casela, C.R., Ferreira, A. da S., Alves, V.M. de C., Fernandes, F.T., Ribeiro, P.H.E., 2004. Híbrido simples de Milho BRS 1010. Comun. Técnico - Embrapa 107, 1–6.
- Pariz, C.M., Costa, C., Crusciol, C.A.C., Meirelles, P.R.L., Castilhos, A.M., Andreotti, M., Costa, N.R., Martello, J.M., Souza, D.M., Protes, V.M., Longhini, V.Z., Franzluebbbers, A.J., 2017. Production, nutrient cycling and soil compaction to grazing of grass companion cropping with corn and soybean. Nutr. Cycl. Agroecosystems 108, 35–54. <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9821-y>

- Peng, Q.H., Khan, N.A., Xue, B., Yan, T.H., Wang, Z.S., 2018. Effect of different levels of protein concentrates supplementation on the growth performance, plasma amino acids profile and mTOR cascade genes expression in early-weaned yak calves. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 31, 218–224. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0999>
- Pereira, A.J., Guerra, J.G.M., Moreira, V.F., Teixeira, M.G., Urquiaga, S., Polidoro, J.C., Espindola, J.A.A., 2005. Desempenho agronômico de *Crotalaria juncea* em diferentes arranjos populacionais e épocas do ano. *Comun. Técnico - Embrapa* 82, 3–6.
- Perin, A., Santos, R.H.S., Urquiaga, S., Guerra, J.G.M., Cecon, P.R., 2004. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 39, 35–40. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000100005>
- Phelan, P., Moloney, A.P., McGeough, E.J., Humphreys, J., Bertilsson, J., O’Riordan, E.G., O’Kiely, P., 2015. Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. *CRC. Crit. Rev. Plant Sci.* 34, 281–326. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.898455>
- Phillip, L.E., Fellner, V., 1992. Effects of bacterial inoculation of high-moisture ear corn on its aerobic stability, digestion, and Utilization for growth by beef steers. *J. Anim. Sci.* 70, 3178–3187.
- Playne, M.J., McDonald, P., 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *J. Sci. Food Agric.* 17, 264–268.
- Pryce, J.D., 1969. A Modification of the Barker -Summerson Method for the Determination of Lactic Acid. *Analyst* 94, 1151–1152.
- Pursiainen, P., Tuori, M., 2008. Effect of ensiling field bean, field pea and common vetch in different proportions with whole-crop wheat using formic acid or an inoculant on fermentation characteristics. *Grass Forage Sci.* 63, 60–78.
- Rashid, A., Himayatullah, 2003. Effect of planting geometry and legumes intercropping

- system on the yield of sorghum. *Asian J. Plant Sci.* 2, 361–364.
- Riday, H., Albrecht, K.A., 2008. Intercropping tropical vine legumes and maize for silage in temperate climates. *J. Sustain. Agric.* 32, 425–438. <https://doi.org/10.1080/10440040802257280>
- Ridwan, R., Rusmana, I., Widyastuti, Y., Wiryawan, K.G., Prasetya, B., Sakamoto, M., Ohkuma, M., 2015. Fermentation characteristics and microbial diversity of tropical grass-legumes silages. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 28, 511–518. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0622>
- Rubel, F., Brugger, K., Haslinger, K., Auer, I., 2017. The climate of the European Alps : Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800 – 2100. *Meteorol. Zeitschrift* 26, 115–125. <https://doi.org/10.1127/metz/2016/0816>
- Sanchez, D.C.C., Simplício, K.M. de M.G., Borges, L.A., Fagliari, J.J., Canola, J.C., Hatayde, M.R., 2013. Clinical and laboratory evaluation of sheep experimentally intoxicated with *Crotalaria spectabilis* (leg.papilionoidea) seeds. *Rev. Acad. Ciênc. Agrár. Ambient.* 11, 263–273. <https://doi.org/10.7213/academica.011.003.AO06>
- Sangakkara, U.R., Liedgens, M., Soldati, A., Stamp, P., 2004. Root and shoot growth of maize (*Zea mays*) as affected by incorporation of *Crotalaria juncea* and *Tithonia diversifolia* as green manures. *J. Agron. Crop Sci.* 190, 339–346. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2004.00111.x>
- Semple, E.C., 1928. Ancient Mediterranean Agriculture : Part II . Manuring and Seed Selection. *Agric. Hist. Soc.* 2, 129–156.
- Seran, T.H., Brintha, I., 2010. Review on maize based intercropping. *J. Agron.* 9, 135–145.
- Shaker-Koohi, S., Nasrollahzadeh, S., Raei, Y., 2014. Evaluation of chlorophyll value , protein content and yield of sorghum ( *Sorghum bicolor* L . ) / mungbean ( *Vigna radiate* L . ) intercropping. *Int. J. Biosci.* 4, 136–143. <https://doi.org/10.12692/ijb/4.8.136-143>

- Silva, A.G. da, Azeredo, G.A. de, Souza, V.C. de, Marini, F.S., Pereira, E.M., 2016. Influência da cor do tegumento e da temperatura na germinação e vigor de sementes de *Crotalaria ochroleuca* L. Influence of seed coat color and temperature on germination and vigor of seeds of. *Rev. Verde Agroecol. e Desenvol. Sustentável* 11, 49–54. <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i2.4180>
- Soleymani, A., Shahrajabian, M.H., 2012. Forage yield and quality in intercropping of forage corn with different cultivars of berseem clover in different levels of nitrogen fertilizer. *J. Food Agric. Environ.* 10, 602–604.
- Soratto, R.P., Crusciol, C.A.C., da Costa, C.H.M., Neto, J.F., Castro, G.S.A., 2012. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milho, cultivados solteiros e consorciados. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 47, 1462–1470. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001000008>
- Subramaniam, S., Pandey, A.K., 2013. Molecular systematics of Indian *Crotalaria* (Fabaceae) based on analyses of nuclear ribosomal ITS DNA sequences. *Plant Syst. Evol.* 299, 1089–1106. <https://doi.org/10.1007/s00606-013-0781-2>
- Sucu, E., Kalkan, H., Canbolat, O., Filya, I., 2016. Effects of ensiling density on nutritive value of maize and sorghum silages. *Rev. Bras. Zootec.* 45, 596–603. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016001000003>
- Tavares, W.S., Cruz, I., Silva, R.B., Figueiredo, M.L.C., Ramalho, F.S., Serrão, J.E., Zanuncio, J.C., 2011. Soil organisms associated to the weed suppressant *Crotalaria juncea* (Fabaceae) and its importance as a refuge for natural enemies. *Planta Daninha* 29, 473–479. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000300001>
- Teodoro, R.B., Augusto, M., Quaresma, L., 2011. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. *R. Bras. Ci. Solo* 35, 635–643.
- Tilley, J.M.A., Terry, R.A., 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass Forage Sci.* 18, 104–111.

- Trevisan, E., Partelli, F.L., Oliveira, M.G. de, Pires, F.R., Braun, H., 2017. Growth of *Piper nigrum* L. and nutrients cycling by intercropping with leguminous species. *African J. Agric. Res.* 12, 58–62. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11151>
- Van Soest, P.J., 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2nd ed. Cornell University Press.
- Weinberg, Z.G., Muck, R.E., 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiol. Rev.* 19, 53–68. [https://doi.org/10.1016/0168-6445\(96\)00025-3](https://doi.org/10.1016/0168-6445(96)00025-3)
- Whitlock, L.A., Wistuba, T., Siefers, M.K., Pope, R. V., Brent, B.E., Bolsen, K.K., 2000. Effect of level of surface-spoiled silage on the nutritive value of corn silage-based rations. *Kansas Agric. Exp. Stn. Res.* 0, 121–122. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.1785>
- Wilkinson, J.M., Davies, D.R., 2013. The aerobic stability of silage: Key findings and recent developments. *Grass Forage Sci.* 68, 1–19. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x>
- Wilkinson, J.M., Rinne, M., 2018. Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. *Grass Forage Sci.* 73, 40–52. <https://doi.org/10.1111/gfs.12327>
- Yang, J., Cao, Y., Cai, Y., Terada, F., 2010. Natural populations of lactic acid bacteria isolated from vegetable residues and silage fermentation. *J. Dairy Sci.* 93, 3136–3145. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2898>
- Zavala, D., Valencia, E., Randel, P.F., Ramos-santana, R., 2011. Producción de ensilaje de maíz blanco (*Zea mays* L.) de alto valor proteico con y sin mazorca asociado con dos leguminosas anuales , lablab (*Lablab purpureus* L.) y crotalaria (*Crotalaria juncea* L.). *J. Agric. Univ. P. R.* 95, 151–167.